

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

CONSORZIO:



SOCI:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



MANDANTI:



PROGETTO ESECUTIVO

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

LINEE PRIMARIE

GENERALI

Linea primaria 150kV CP Flumeri – SSE Hirpinia

Relazione di calcolo impianti di messa a terra sostegni

APPALTATORE	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE	PROGETTISTA
Consorzio HIRPINIA AV Il Direttore Tecnico Ing. Vincenzo Moriello 10/06/2020	Il Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche Ing. G. Cassani	 Ing. R. Zanon

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

IF28	01	E	ZZ	CL	LP0200	001	B	-
------	----	---	----	----	--------	-----	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione per consegna	B. Borghi	21/02/2020	L. Ongaro	21/02/2020	T. Finocchietti	21/02/2020	Ing. R. Zanon
B	Emissione per istruttoria	B. Borghi	10/06/2020	L. Ongaro	10/06/2020	T. Finocchietti	10/06/2020	
								10/06/2020

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo impianti di messa a terra sostegni	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LP0200 001	REV. B	FOGLIO 2 di 35

Indice

1	INTRODUZIONE	4
2	DENOMINAZIONI ED ABBREVIAZIONI UTILIZZATE.....	4
3	LEGGI, NORME E SPECIFICHE DI RIFERIMENTO	5
4	ELABORATI DI PROGETTO DI RIFERIMENTO.....	5
5	SOFTWARE DI CALCOLO.....	5
6	DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	6
7	CARATTERISTICHE DELLA LINEA.....	7
	7.1 TRATTO IN CONDUTTORE AEREO	7
	7.1.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE.....	7
	7.1.2 CARATTERISTICHE DELLA FUNE DI GUARDIA	8
8	CARATTERISTICHE DEI SOSTEGNI	8
	8.1 IMPIANTO DI MESSA A TERRA SOSTEGNI.....	9
9	DATI DI INGRESSO.....	11
	9.1 DATI ELETTRICI COMUNI AI SOSTEGNI.....	11
	9.2 DATI MEZZO DISPERDENTE	13
	9.3 LIMITI AMMESSI DALLE NORME	13
	9.4 DATI GEOMETRICI DISPERSORI PER I SOSTEGNI MONOSTELO.....	13
	9.5 DATI GEOMETRICI DISPERSORI SOSTEGNI A TRALICCIO	16
10	RISULTATI DI CALCOLO SOSTEGNI MONOSTELO	18
	10.1 DIMENSIONAMENTO TERMICO DEL DISPERSORE	18
	10.2 RESISTENZA DI TERRA	19
	10.3 TENSIONI DI CONTATTO E DI PASSO	20
11	RISULTATI DI CALCOLO SOSTEGNI A TRALICCIO	26
	11.1 DIMENSIONAMENTO TERMICO DEL DISPERSORE	26
	11.2 RESISTENZA DI TERRA	26
	11.3 TENSIONI DI CONTATTO E DI PASSO	27
12	CONCLUSIONI – RISULTATI DELLE VERIFICHE.....	33
APPENDICE 1 - REQUISITI DELL'IMPIANTO CON RIFERIMENTO ALLE SOLLECITAZIONI		

APPALTATORE: Consorzio Soci   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																	
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti   	<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>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RG</td> <td>MD0000 001</td> <td>A</td> <td>3 di 35</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RG	MD0000 001	A	3 di 35
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF1N	01 E ZZ	RG	MD0000 001	A	3 di 35													

MECCANICHE, ALLA CORROSIONE ED ALLE SOLLECITAZIONI TERMICHE 34

**APPENDICE 2 - REQUISITI DELL'IMPIANTO CON RIFERIMENTO ALLE TENSIONI DI
CONTATTO E DI PASSO..... 35**

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo impianti di messa a terra sostegni	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LP0200 001	REV. B	FOGLIO 4 di 35

1 INTRODUZIONE

Nella presente relazione vengono descritte le soluzioni tecniche adottate per la messa a terra dei sostegni del nuovo elettrodotto AT a 150kV che collegherà la CP di e-distribuzione di Flumeri con la nuova sottostazione elettrica Hirpinia, nell'ambito degli interventi per la realizzazione della nuova linea ferroviaria Apice-Hirpinia.

Per ulteriori dettagli sulle caratteristiche dei sistemi adottati, si rimanda agli elaborati grafici relativi.

La presente relazione riporta i criteri di calcolo della distribuzione dei potenziali nel terreno, i risultati trovati, il confronto coi limiti di legge.

2 DENOMINAZIONI ED ABBREVIAZIONI UTILIZZATE

Vengono introdotte le seguenti abbreviazioni (in ordine alfabetico):

- ac o ca Corrente alternata
- AT Alta Tensione (nella fattispecie 150kV)
- CEI Comitato Elettrotecnico Italiano
- CSA Capitolato Speciale di Appalto
- DL Direzione dei Lavori, generale o specifica
- DpA Distanza di Prima Approssimazione
- FS Ferrovie dello Stato
- IMQ Istituto Italiano per il Marchio di Qualità
- LP Linea Primaria (a 150kV)
- RFI Rete Ferroviaria Italiana
- RTN Rete di Trasmissione Nazionale
- SA Servizi Ausiliari
- SSE Sottostazione Elettrica
- STF Specifica Tecnica di Fornitura
- UNEL Unificazione Elettrotecnica Italiana
- UNI Ente Nazionale Italiano di Unificazione

Gli acronimi più specifici per gli aspetti qui considerati sono invece i seguenti:

- RE resistenza di terra del dispersore
- UE tensione totale di terra
- UTP massima tensione di contatto effettiva ammessa dalla norma
- USP massima tensione di passo effettiva ammessa dalla norma
- VL tensione limite di contatto in BT
- IE corrente di guasto dispersa a terra
- tf tempo di intervento delle protezioni
- Idn corrente differenziale nominale
- ρ resistività del mezzo disperdente

Eventuali altri acronimi potranno essere introdotti solo dopo che siano stati definiti, tra parentesi, accanto alla definizione estesa del proprio significato.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo impianti di messa a terra sostegni	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LP0200 001	REV. B	FOGLIO 5 di 35

3 LEGGI, NORME E SPECIFICHE DI RIFERIMENTO

Nello sviluppo del progetto esecutivo delle opere impiantistiche descritte nel presente documento sono stati considerati i seguenti riferimenti:

- Norma CEI 99-2 (CEI EN 61936-1:2011) Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a. – Parte 1: Prescrizioni comuni
- Norma CEI 99-3 (CEI EN 50522:2011) Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV
- Guida CEI 11-37: Guida per l'esecuzione degli impianti di terra nei sistemi utilizzatori di energia alimentati a tensione maggiore di 1 kV
- Norma CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua
- Norma CEI EN50122-1: "Applicazioni ferroviarie – Installazioni fisse; Parte 1a: Provvedimenti concernenti la sicurezza elettrica e la messa a terra"
- Norma CEI 0-16: "Condizioni tecniche per la connessione alle reti di distribuzione dell'energia elettrica a tensione nominale superiore ad 1 kV"
- Documento TERNA: "Qualità del servizio di trasmissione valori minimi e massimi convenzionali della corrente di cortocircuito e della potenza di cortocircuito della rete rilevante con tensione 380-220-150-132 kV"

Si applicano inoltre le seguenti Informazioni, Specifiche e Norme Tecniche di RFI per la definizione dei materiali:

- Istruzione tecnica RFI - LP021 – ed. 11/2004 "Strutture di sostegno in acciaio zincato di amarro capolinea e sospensione per SSE alla tensione nominale di 132-150 kV - Volume Primo: Criteri generali di progettazione
- Informazione Tecnica FS - TE56 Ed. 1991: "Caratteristiche meccaniche del trefolo di guardia in acciaio zincato del diametro di 10,5 mm per linee AT alla tensione nominale di 66 – 132 – 150 kV".
- STF FS - TE163 - ed. 1999: "Trefolo di guardia in acciaio a zincatura ordinaria e maggiorata e relativi dispositivi di attacco al palo e di messa a terra per linee primarie a tensione nominale 66, 132, 150 kV".
- Istruzione Tecnica RFI - LP018 - ed.11/2001: "Elettrodotti A.T. 132-150kV equipaggiati con sostegni a traliccio di tipo piramidale ad aste sciolte e bullonate in acciaio zincato".
- Istruzione Tecnica FS - LP/TE165 - ed.11/1999: Elettrodotti A.T. 132-150kV equipaggiati con sostegni monostelo in lamiera pressopiegata a sezione poligonale".

4 ELABORATI DI PROGETTO DI RIFERIMENTO

- IF28.0.1.E.ZZ.RO.LP.00.0.0.001 – Linea primaria 150 kV CP Flumeri - SSE Hirpinia - Relazione generale di sintesi degli interventi.
- IF28.0.1.E.ZZ.RO.LP.02.0.0.001 – Linea primaria 150 kV CP Flumeri - SSE Hirpinia - Relazione elementi tecnici di impianto.

5 SOFTWARE DI CALCOLO

La verifica dell'impianto di terra disperdente, nei confronti della sicurezza delle persone, è stata condotta utilizzando il software GSA ® (Grounding System Analysis), versione 9.5.1, facente parte della suite di calcolo XGSLab.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo impianti di messa a terra sostegni	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LP0200 001	REV. B	FOGLIO 6 di 35

6 DESCRIZIONE DELL'OPERA

La nuova SSE "Hirpinia" sarà alimentata da un nuovo elettrodotto a 150kV (Linea Primaria – LP), a tipologia mista aereo-cavo, a singola terna proveniente dalla Cabina Primaria in AT di Flumeri, quest'ultima gestita dalla società e-distribuzione.

Nel progetto definitivo la linea in questione era stata concepita come Doppia Terna interamente aerea su standard del gestore della RTN, TERNA, in quanto una delle due linee doveva servire al gestore stesso per futuri potenziamenti nell'area. Dopo l'approvazione sono subentrate tuttavia le seguenti varianti che hanno portato ad una ridefinizione della soluzione, in particolare:

- TERNA ha rinunciato alla proprietà e gestione dell'elettrodotto e della porzione della nuova sottostazione "Hirpinia", per cui la necessità di una doppia terna sulla stessa palificazione è venuta meno, configurandosi quindi la linea come singola terna di proprietà dell'utente;
- l'Istituto Nazionale di Geologia e Vulcanologia (INGV) ha richiesto che il tratto di elettrodotto compreso nella propria area fosse realizzato in cavo AT;
- in fase di progettazione esecutiva si è realizzato che conveniva optare per un tratto in cavo AT anche all'uscita dalla CP Flumeri.

Quindi, il progetto esecutivo ha sviluppato la soluzione di una singola terna con estensione di circa 4500m, che verrà equipaggiata con sostegni di tipo poligonale a basso impatto ambientale e con conduttore da 22.8mm (fig.1). Nel tratto iniziale della LP in uscita dalla CP Flumeri ed in un tratto intermedio della stessa, in corrispondenza all'attraversamento dell'area di proprietà dell'Istituto Nazionale di Geologia e Vulcanologia (INGV), viene tuttavia operata una transizione da linea aerea a linea in cavo AT.



Figura 1 – Indicazione del tracciato della LP CP Flumeri – SSE Hirpinia

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo impianti di messa a terra sostegni	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LP0200 001	REV. B	FOGLIO 7 di 35

7 CARATTERISTICHE DELLA LINEA

7.1 TRATTO IN CONDUTTORE AEREO

L'elettrodotto attraversa un territorio a prevalente destinazione colonica-agricola del suolo, scarsamente urbanizzato e con ampie zone protette dal punto di vista archeologico. Pertanto, il percorso della linea tiene conto dei vincoli esistenti.

Partendo dalla Cabina Primaria di Flumeri, detto tracciato costeggia la zona industriale ASI, poi attraversa il fiume Ufita per posizionarsi in aree prive di nuclei abitativi, transitando per un'area di proprietà di INGV. Si dirige quindi verso la SSE "Hirpinia", sovrappassando l'Autostrada A16 Napoli – Canosa (vedi fig. 1).

L'elettrodotto descritto in precedenza è classificato in Zona "A" (per i sovraccarichi) e presenta le seguenti principali caratteristiche elettriche:

CARATTERISTICA	VALORE
Tipo elettrodotto	Singola terna
Tensione Nominale	150kV
Tensione massima del sistema	170kV
Numero di conduttori	3
Numero di funi di guardia	1
Disposizione dei conduttori	A triangolo
Frequenza	50Hz
Corrente / Potenza trasmissibile	455A / 118MVA

Tabella 1. Caratteristiche elettriche della linea aerea.

7.1.1 Caratteristiche geometriche

I sostegni utilizzati e le rispettive altezze fuori terra e del conduttore più basso sono di seguito elencati:

PICCHETTO	TIPO DI PALO	ALTEZZA PALO F.T. (m)	ALTEZZA COND. PIÙ BASSO (m)	CAMPATA (m)	
PG	PG12	15.2	11.7		111.18
1	PA30-3	20.5	12	294.1	246.75
2	PA30+0	23.5	15		
3	PA30+9	32.5	24	219.32	325.02
4	PN15+6	29.5	23		
5	PN15+12	35.5	27	248.2	350.6
6	PA60+12	35.85	27		
7	PN15+0	23.5	15	247.16	203.45
8	PA60+0	23.85	15		
9	PG18	21.2	17.7	381.44 (*)	166.92
10	PG15	18.2	14.7		
11	PA30+6	29.5	21	233.45	257.28
12	PN15+6	29.5	23		
13	PA60+6	29.85	21	186.86	221.11
14	PN8+6	29.5	21		
15	PN2+6	29	21	237.31	267.23
16	PA60+12	35.85	27		
17	PG18	15.2	14.7	195.3 (*)	
CP FLUMERI	-	-	-		

Tabella 2. Definizione dei sostegni. (*) In cavo AT

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo impianti di messa a terra sostegni	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LP0200 001	REV. B	FOGLIO 8 di 35

7.1.2 Caratteristiche della fune di guardia

Come trefolo di guardia viene impiegato il conduttore normalmente utilizzato per gli elettrodotti RFI, conforme alla STF FS - TE163 e alla Informazione Tecnica FS - TE56. Le caratteristiche principali sono le seguenti:

CARATTERISTICA	VALORE
Materiale	Acciaio Zincato
Zincatura	Ordinaria CAT. / PROG. 785/736
Diametro	10.5 mm
Formazione (n. fili x d mm)	19x2.10
Resistenza elettrica teorica a 20°C	2.416 Ω/km
Sezione teorica totale St	65.81 mm ²

Tabella 3. Caratteristiche del trefolo di guardia.

8 CARATTERISTICHE DEI SOSTEGNI

Si utilizzano sostegni monostelo in lamiera pressopiegata a sezione poligonale, a basso impatto ambientale, conformi all'Istruzione Tecnica FS - LP/TE165 ed alla STF FS – LP/TE 166.

Detti sostegni sono di forma conica, sezione poligonale di 16 lati e sono costituiti da tronchi in lamiera di acciaio (tipo S355, ex Fe 510 UNI-EN 10025) giuntati con il metodo "slip-on-joint". I tronchi sono in lamiera piegata a freddo e saldata nel senso longitudinale, con prodotto finale zincato a caldo; la giunzione consiste in una adeguata sovrapposizione del tronco superiore su inferiore in modo da ottenere un incastro perfetto.

Sono costituiti da tre o quattro tronchi da unire sul luogo di installazione, con compenetrazione facilitata tramite ganasce già saldate in fabbrica sui vari tronchi.

Per i sostegni utilizzati nel caso specifico, l'interfaccia con la fondazione è realizzata mediante infissione diretta della parte terminale del palo nel tronco di calcestruzzo armato.

Per la realizzazione del passaggio da elettrodotto aereo a cavo interrato viene utilizzato invece un sostegno con mensole porta terminali, derivato dal palo gatto comunemente utilizzato come capolinea in stazione. I terminali cavo sono inseriti su una mensola alloggiata sulla struttura del sostegno, come mostrato nello schematico sotto riportato, di carattere puramente indicativo e non esaustivo.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo impianti di messa a terra sostegni	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LP0200 001	REV. B	FOGLIO 9 di 35

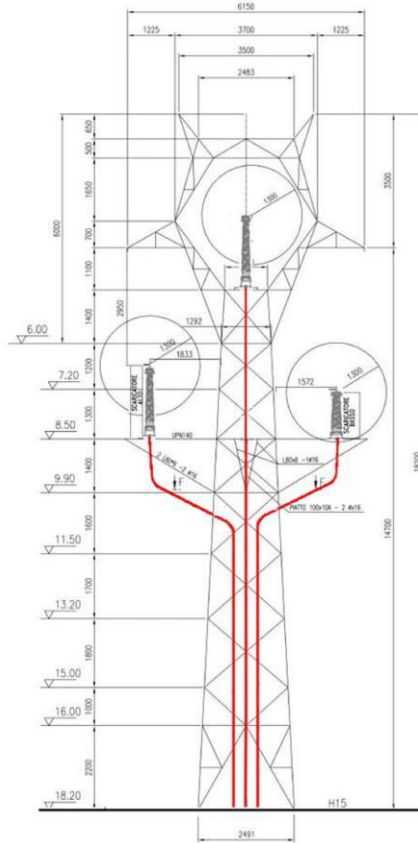


Figura 2 – Sostegno con mensole portaterminali, di transizione cavo-aereo

Trattandosi in entrambi i casi di sostegni di tipo “Non Isolato”, si sono pertanto effettuate le seguenti scelte progettuali / verifiche.

- Sezione di contatto dispersore - terreno > 0,5 m²
- Profondità di interramento > 0,5 m (comunque maggiore dello spessore di terreno che può congelare)
- Dimensionamento termico
- Rispetto sezioni e spessori minimi
- Rispetto limiti tensioni di contatto e passo

8.1 IMPIANTO DI MESSA A TERRA SOSTEGNI

Gli impianti di messa a terra dei sostegni assolvono alla funzione di ridurre le tensioni di passo e contatto a valori non pericolosi, a determinare resistenze di terra sei sostegni stese atte a mantenere in limiti accettabili le sollecitazioni sugli isolamenti in caso di fulminazione del sostegno e consentire il corretto funzionamento delle protezioni.

Le messe a terra devono quindi risultare efficienti sia per correnti di dispersione a frequenza industriale, sia nel caso di scariche atmosferiche.

I sostegni sono muniti di corda di guardia e tutti verranno collegati a terra.

Le messe a terra di ciascun sostegno sono conformi alla Unificazione RFI, in particolare l'impianto di messa a terra dei nuovi sostegni, compatibilmente con le condizioni dei piani di posa, sarà eseguito in assoluta conformità a

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo impianti di messa a terra sostegni	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LP0200 001	REV. B	FOGLIO 10 di 35

quanto previsto nella Istruzione Tecnica LP/TE165 per i sostegni monostelo e nella Istruzione Tecnica LP018 per i sostegni a traliccio.

Come dimostrato dai risultati di calcolo, per i sostegni monostelo, dotati di fondazione continua, sarà necessario il ricorso a:

- tre anelli di terra costituiti da funi accoppiate in acciaio zincato $\varnothing=10.5$ mm di raggio rispettivamente 3, 5 e 7 m dall'asse del palo, a profondità rispettivamente di 1, 2 e 2 m, collegati fra loro in quattro punti e collegati al sostegno tramite morsetti di accoppiamento cat./prog. 774/276 e piattina in Acciaio Zincato 4x40mm. Le funi di collegamento verranno prolungate di 3 m oltre l'anello più esterno, a profondità di 2m, e terminate con 4 dispersori verticali in acciaio zincato profilato a T 50x5 mm UNI 5785.

Per i sostegni a traliccio, dotati di fondazione continua, risulta necessario invece un impianto di messa a terra così costituito

- 2 anelli in piattina in Acciaio Zincato 4x40mm, il primo ad una distanza di almeno 1 m dai montanti ed interrato ad 80 cm dal piano campagna, mentre il secondo è posto a 2 m attorno al primo, ad una profondità di 2.3 m dal p.c.. Prolungamento della piattina per ulteriori 2.8 m in corrispondenza alla mezzeria dei 4 lati dell'anello, con terminazione su 4 dispersori verticali in acciaio zincato profilato a T 50x5 mm UNI 5785.

In entrambi i casi, il collegamento al sostegno avverrà tramite piattina forata ad una estremità con un due fori $\varnothing = 13.5$ mm interasse 5 cm, per il collegamento al palo e al sostegno (su dadi saldati a filo interno, colà già predisposti) con 2 bulloni $\varnothing = 12$ mm.

Per i dettagli costruttivi si rimanda all'elaborato grafico

- IF28.0.1.E.ZZ.DX.LP.02.0.0.004.B - Linea primaria 150 kV CP Flumeri - SSE Hirpinia - Messe a terra dei sostegni

Le caratteristiche degli impianti di messa a terra dei sostegni descritte derivano dalla considerazione di un'alta resistività del terreno, avendone stimato un valore medio per il sito pari a

$\rho = 300 \Omega\text{m}$

in base alle caratteristiche del terreno stesso, il quale presenta tipicamente argilla mescolata a sabbia.

Prima dell'esecuzione, l'Impresa potrà procedere con la misura puntuale della resistività del terreno attorno a ciascun sostegno, in modo da valutare se sia necessario il ricorso ai sistemi di messa a terra individuati o se non si possa invece optare per sistemi meno complessi adatti per terreni a bassa resistività.

La soluzione andrà comunque verificata con il calcolo con la metodologia qui adottata.

Data poi la natura del terreno lungo il tracciato, non si prevede la necessità di procedere all'asfaltatura della zona adiacente il sostegno.

In ogni caso dovranno essere tenute presenti le seguenti linee guida:

- superficie minima dell'impianto di terra a contatto col terreno: $S = 0.5 \text{ m}^2$
- collegamento di tutti i pali della linea con trefolo di guardia;
- giunzioni tra piattine con saldatura o 2 bulloni $\varnothing = 12 \times 30$ mm con interasse 50 mm.

Ad opera realizzata, verrà effettuata la misura della resistenza di terra di ciascun sostegno, per verificare se sono necessarie e per quali sostegni delle prese di terra supplementari.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo impianti di messa a terra sostegni	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LP0200 001	REV. B	FOGLIO 11 di 35

9 DATI DI INGRESSO

9.1 DATI ELETTRICI COMUNI AI SOSTEGNI

Queste le principali caratteristiche dell'elettrodotto con riferimento ai sostegni in oggetto:

- Singola fune di guardia con le caratteristiche di cui al punto 7.1.2
- Tensione nominale: 150 kV
- Corrente di guasto monofase terra: **9.28 kA** (valore dedotto da documento TERNA sui valori delle correnti di corto circuito nei nodi della rete)



VALORI DELLE CORRENTI E DELLE POTENZE DI CORTO CIRCUITO NEGLI IMPIANTI DELLA RETE A 380 - 220 - 150 - 132 kV AGGIORNAMENTO APRILE 2019										
Area	Stazione	Codice univoco utente			Tensione kV	Titolare	Icc trifase massima	Icc monofase massima	Pcc massima trifase convenzionale	Pcc minima trifase convenzionale
		Sezione	Nodo				kA	kA	MVA	MVA
NAPOLI	FLUMERI	FLUNDI1501	SUBNET	1	150	ENEL DISTRIB	10,739	9,278	2790	1412

La corrente indicata non rappresenta tuttavia il reale valore disperso nel caso di guasto a terra; un dimensionamento del dispersore basato su questo valore sarebbe esageratamente conservativo e, nel caso di terreni a resistività elevata, difficilmente realizzabile.

Per una determinazione più puntuale della reale corrente dispersa a terra "Ie" per ciascun sostegno si è fatto quindi ricorso ad un calcolo effettuato mediante il modulo di calcolo NETS, facente parte della suite XGSLab.

Il modulo NETS è basato sulle leggi di Kirchhoff per sistemi multiconduttore e multi fase, nonché su un approccio alle fasi che prescinde pertanto dalla necessità di scomporre il sistema alle sequenze (d, i, 0) pur non perdendone in precisione.

Oltre ai sopraccitati valori, quali caratteristiche geometriche ed elettriche dei conduttori, resistività del suolo, sono stati assunti i seguenti dati di riferimento:

- Resistenza di terra dei dispersori: ipotizzata pari a 10 Ω per tutti i sostegni (valore prossimo ai valori di resistenza di terra calcolati per entrambe le tipologie di dispersori analizzate)
- Lunghezza media delle campate: 250 m

La linea LP CP Flumeri – SSE Hirpinia, può essere quindi rappresentata come segue con il suddetto software:

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo impianti di messa a terra sostegni	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LP0200 001	REV. B	FOGLIO 12 di 35

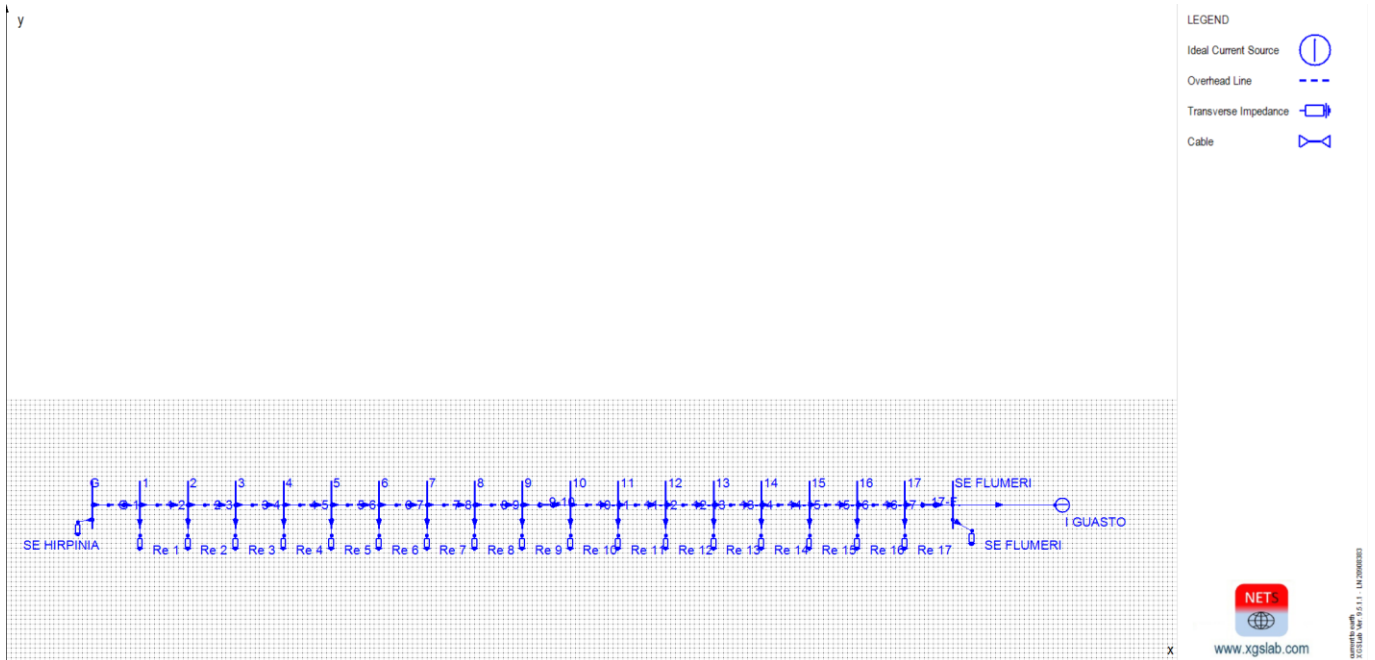


Figura 3.1 Schema equivalente della linea LP CP Flumeri – SSE Hirpinia

Simulando un guasto per ciascun sostegno, si è arrivati a determinare che il valore massimo di corrente dispersa si verifica in corrispondenza ad un guasto in corrispondenza del sostegno n. 6. E' quindi possibile calcolare come la corrente di guasto si ripartisca tra la fune di guardia e la messa a terra del sostegno, come evidenziato nella figura seguente.

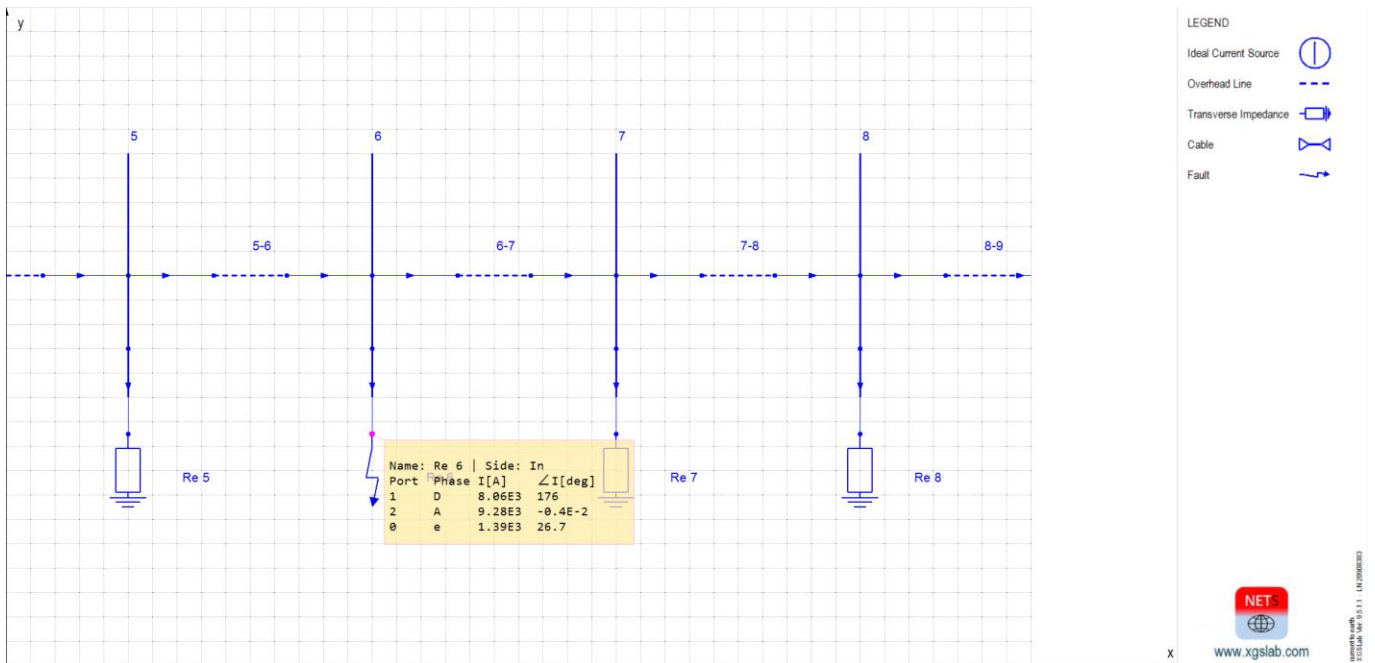


Figura 3.2 : Distribuzione della corrente di guasto: “D” indica la fune di guardia, “A” la fase guasta, “e” il dispersore del sostegno n. 6

Dal calcolo si evince che la corrente dispersa dal sostegno in esame è:

- **$I_e = 1390 \text{ A}$**

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo impianti di messa a terra sostegni	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LP0200 001	REV. B	FOGLIO 13 di 35

Essendo questa la massima corrente dispersa a terra individuata per la linea, tale valore è stato assunto nel dimensionamento del dispersore di entrambe le tipologie di sostegni.

Il tempo di intervento delle protezioni (tempo di eliminazione del guasto) è assunto pari a:

- **tf = 0.500 s**

Ai fini del dimensionamento termico cautelativamente e per ragioni di uniformità si assume:

- **I = 10 kA**
- **tf = 0.500 s**

Questo deriva dalle seguenti considerazioni: considerato il valore della corrente di cortocircuito trifase massima deducibile dai dati di TERNA, ovvero:

$$I_f = I_k'' = 10.74 \text{ kA}$$

si calcola in modo approssimato la corrente di guasto fase fase terra con la:

$$I_{k2}'' = \sqrt{3} / 2 I_k'' = 9.3 \text{ kA}$$

Il tempo di intervento delle protezioni per cortocircuito trifase e fase fase terra si assume pari a:

$$t_{k2}'' = t_k'' = 0.500 \text{ s}$$

9.2 DATI MEZZO DISPERDENTE

Data la tipologia di terreno presente nell'area circostante, composto da argilla e da sabbia, si assume un valore di resistività del terreno ρ_E pari a **300 Ω m**.

9.3 LIMITI AMMESSI DALLE NORME

Con riferimento al tempo di intervento delle protezioni ($t_f = 0.500 \text{ s}$), in accordo con le norme CEI 99-3, i limiti per le tensioni di contatto e di passo sono rispettivamente (v. Appendice 2):

- **U_{tp} = 220 V**
- **U_{sp} = 3 * U_{tp} = 660 V** (limite non considerato dalla norma CEI 99-3 ma introdotto per opportunità)

Considerando la resistività del suolo indicata in 8.1 e la resistenza di contatto aggiuntiva delle calzature ($R_{sh} = 2.000 \Omega$), i limiti per le tensioni di contatto e di passo indisturbate (misurate con voltmetro con impedenza interna infinita) sono rispettivamente:

- **U_{stp} = 513.8 V**
- **U_{ssp} = 4024 V** (limite non considerato dalla norma CEI 99-3 ma introdotto per opportunità)

9.4 DATI GEOMETRICI DISPERSORI PER I SOSTEGNI MONOSTELO

Per i sostegni poligonali monostelo presenti lungo la linea, la geometria del dispersore di fatto (ovvero dei ferri d'armatura delle fondazioni del sostegno) è indicata in Figura 4.1.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo impianti di messa a terra sostegni	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LP0200 001	REV. B	FOGLIO 14 di 35

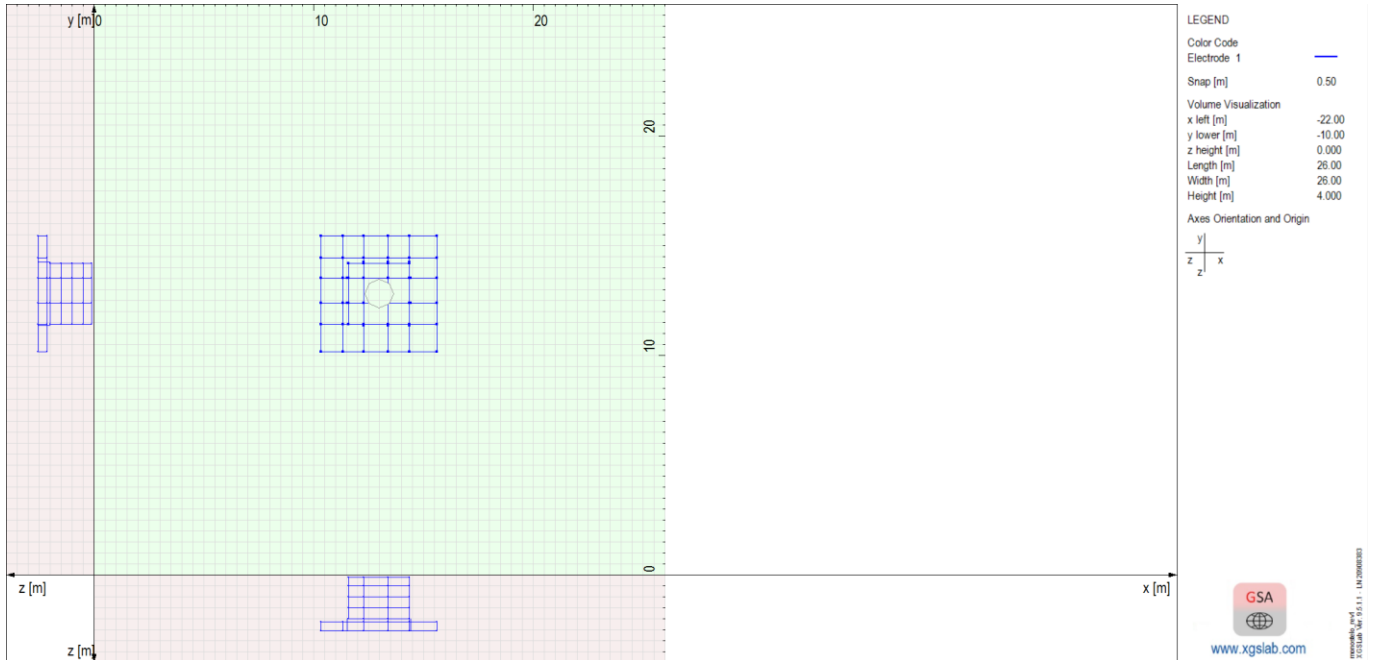


Figura 4.1 Geometria del dispersore di fatto sostegno monostelo

La geometria di riferimento del dispersore intenzionale è rappresentata invece da:

- un anello di raggio 3 m ($L_{tot}=18.85m$), posto attorno alla fondazione del monostelo, interrato a una profondità di 1 m costituito da una corda in acciaio zincato di diametro 10.5 mm;
- un anello di raggio 5 m ($L_{tot}=31.4m$), posto attorno alla fondazione del sostegno e collegato all'anello interno, interrato a una profondità di 2 m, costituito da una corda in acciaio zincato di diametro 10.5 mm;
- un anello di raggio 7 m ($L_{tot}=44.0m$), posto attorno alla fondazione del sostegno e collegato agli anelli interni, interrato a una profondità di 2 m, costituito da una corda in acciaio zincato di diametro 10.5 mm;
- quattro raggi equidistanti, di lunghezza 3 m, che si dipartono dall'anello più esterno, interrati a una profondità di 2 m costituiti da corda in acciaio zincato di diametro 10.5 mm;
- quattro picchetti di lunghezza 1.5 m, installati alle estremità dei raggi sopra descritti.

La geometria del dispersore di fatto + intenzionale è indicata in Figura 4.2.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo impianti di messa a terra sostegni	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LP0200 001	REV. B	FOGLIO 15 di 35

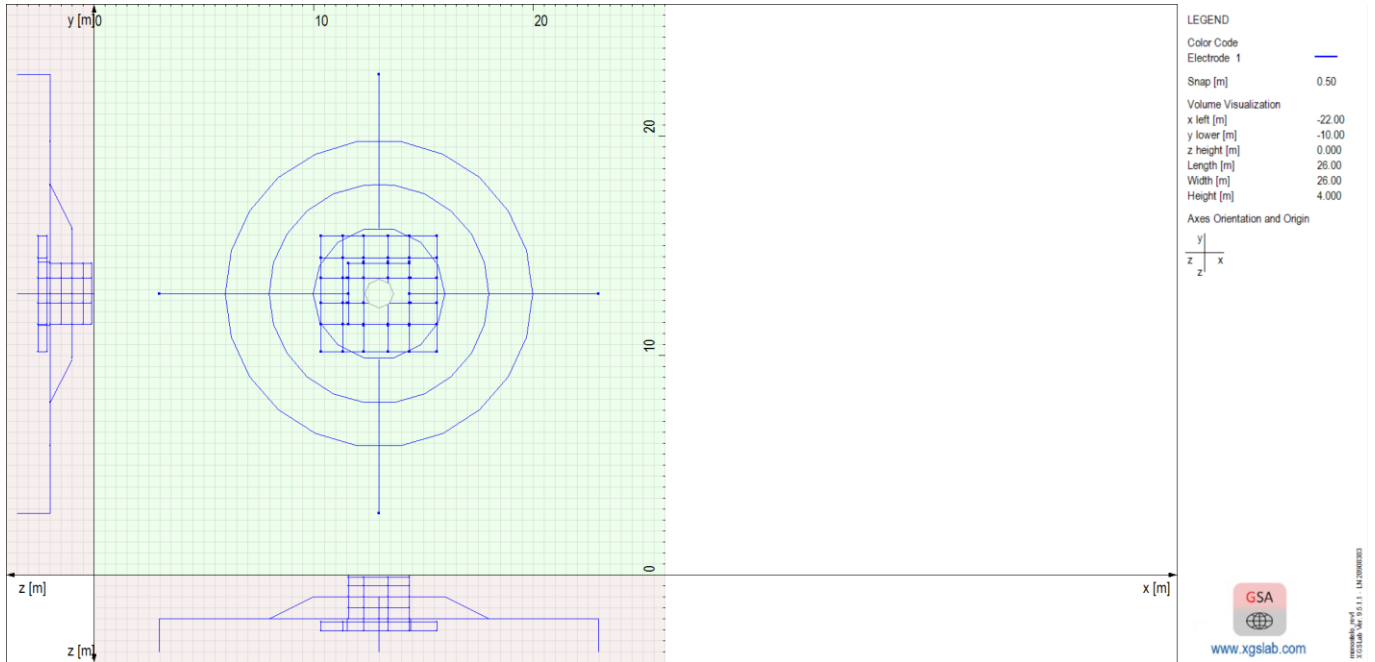


Figura 4.2 Geometria del dispersore di fatto + intenzionale sostegno monostelo

La superficie del dispersore intenzionale è ampiamente superiore al valore minimo richiesto $0,5 \text{ m}^2$ (utilizzando la prevista fune in acciaio zincato di diametro 10.5mm sono sufficienti 15 m per raggiungere $0,5 \text{ m}^2$).

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo impianti di messa a terra sostegni	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LP0200 001	REV. B	FOGLIO 16 di 35

9.5 DATI GEOMETRICI DISPERSORI SOSTEGNI A TRALICCIO

Per i due sostegni a traliccio presenti ai due picchetti La geometria del dispersore di fatto (ovvero dei ferri d'armatura delle fondazioni del sostegno) è indicata in Figura 5.1.

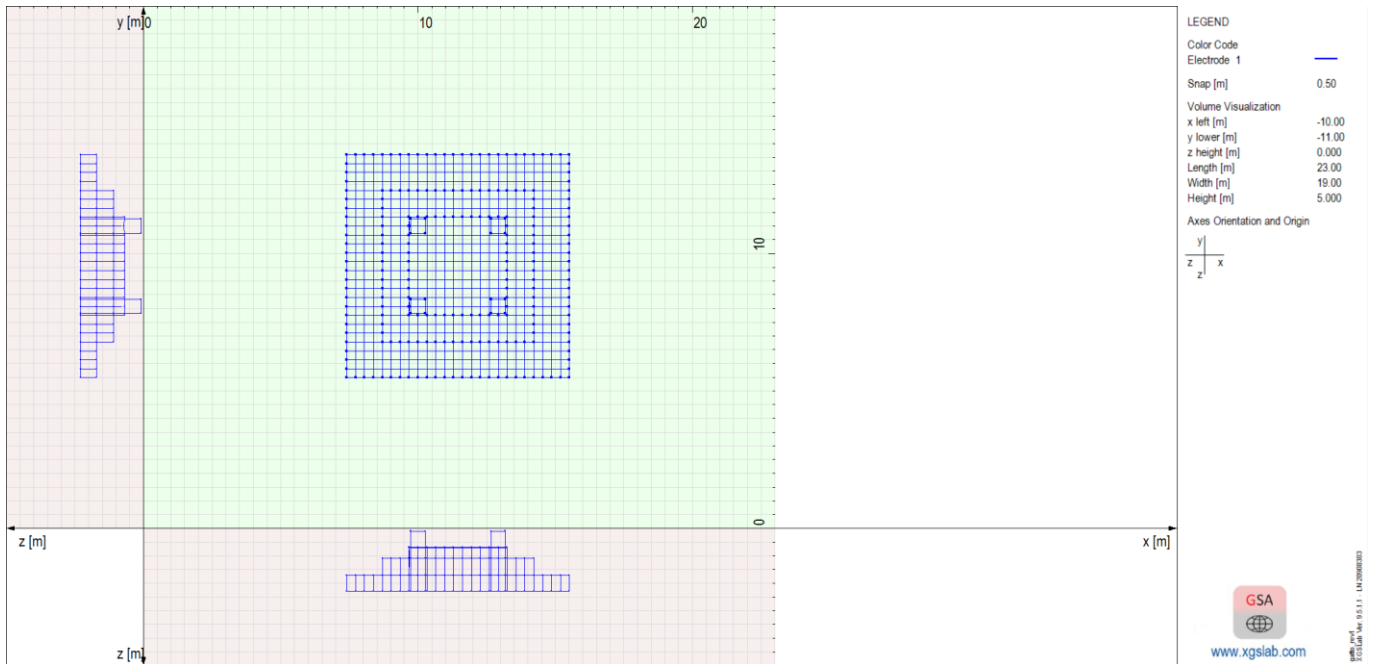


Figura 5.1 Geometria del dispersore di fatto sostegno a traliccio

La geometria di riferimento del dispersore intenzionale è rappresentata da:

- un dispersore quadrangolare ad anello collegato con due montanti lunghi ciascuno 2,5 m su due lati opposti del traliccio, interrato a una profondità di 0,8 m e costituito da piattina in acciaio 40x4 mm;
- un dispersore ad anello quadrangolare posto 2 m più esterno rispetto all'anello precedente, interrato a una profondità di 2,3 m, connesso all'anello interno e costituito da piattina in acciaio 40x4 mm;
- quattro raggi equidistanti, di lunghezza 2,8 m, che si dipartono dalla mezzeria di ogni lato dell'anello quadrangolare esterno costituiti da piattina in acciaio 40x4 mm;
- quattro picchetti di lunghezza 1,5 m, installati alle estremità dei raggi sopra descritti.

La geometria del dispersore di fatto + intenzionale è indicata in Figura 5.2.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo impianti di messa a terra sostegni	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LP0200 001	REV. B	FOGLIO 17 di 35

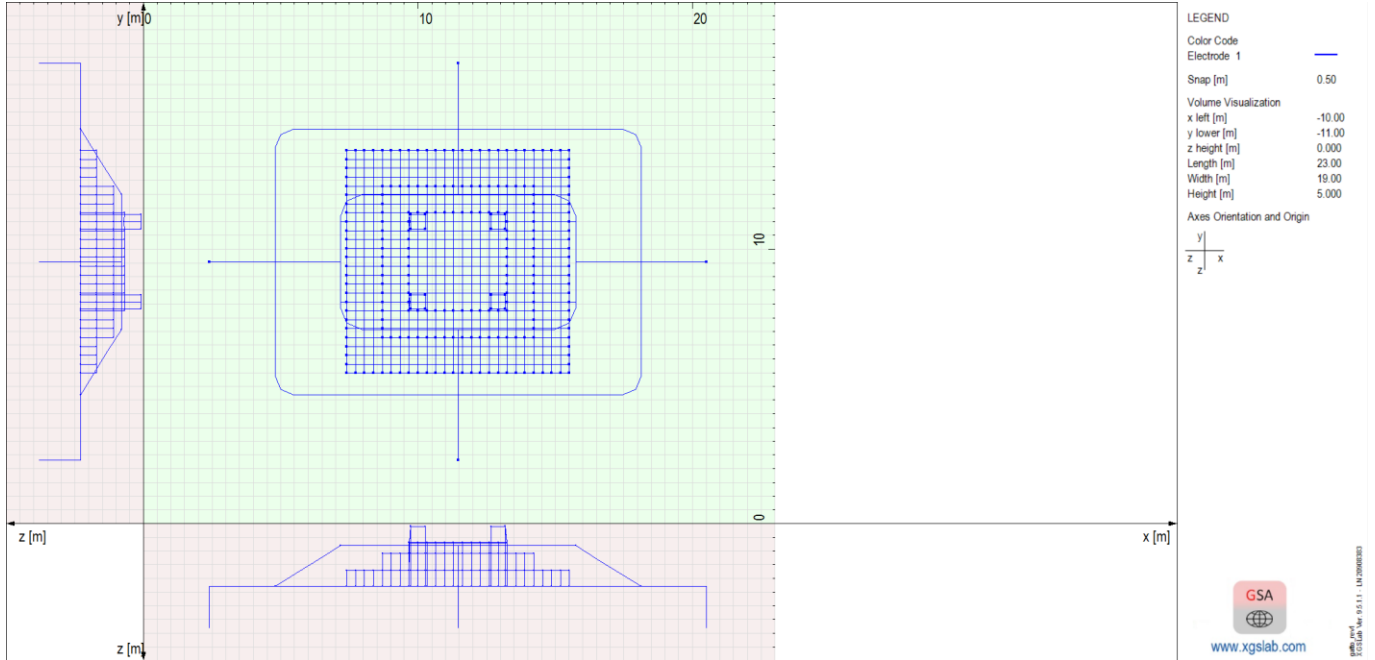


Figura 5.2 Geometria del dispersore di fatto + intenzionale sostegno a traliccio

La superficie del dispersore intenzionale è ampiamente superiore al valore minimo richiesto $0,5 \text{ m}^2$ (utilizzando la prevista piattina zincata $4 \times 40 \text{ mm}$ sono sufficienti $5,7 \text{ m}$ per raggiungere $0,5 \text{ m}^2$).

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo impianti di messa a terra sostegni	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LP0200 001	REV. B	FOGLIO 18 di 35

10 RISULTATI DI CALCOLO SOSTEGNI MONOSTELO

10.1 DIMENSIONAMENTO TERMICO DEL DISPERSORE

La norma CEI EN 50341-1 allegato G.2 fornisce una tabella con le dimensioni minime che devono avere i dispersori.

Sono considerati idonei ad esempio:

- acciaio zincato: piattina con sezione almeno 90 mm² e spessore almeno 3 mm oppure tondino pieno con diametro almeno 10 mm
- rame: piattina con sezione almeno 50 mm² e spessore almeno 2 mm oppure cavo cordato con sezione almeno 25 mm² e singola corda con diametro almeno 1,8 mm

La sezione trasversale del dispersore non deve essere comunque inferiore a quella ricavata con la seguente formula:

$$A = \frac{I}{K} \sqrt{\frac{t_f}{\ln \frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta}}}$$

con:

- A: sezione minima (mm²)
- I: valore efficace della corrente nel conduttore (A)
- K: costante del materiale (Tab. G.2 - 78 per acciaio, 226 per rame)
- t_f: tempo di intervento delle protezioni per guasto monofase a terra (s)
- β: reciproco coefficiente di temperatura della resistenza del materiale (Tab. G.2 - 202 per acciaio, 234,5 per rame)
- θ_i: temperatura iniziale (°C) (normalmente si considera 20 °C)
- θ_f: temperatura finale (°C) (normalmente per conduttori interrati direttamente si considera 300 °C)

Sostituendo i valori numerici, per acciaio e rame si ottiene:

$$\text{Acciaio } \frac{I}{A} = \frac{78}{\sqrt{\frac{0,50}{\ln \frac{300+202}{20+202}}}} = 99,64 \text{ A/mm}^2$$

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo impianti di messa a terra sostegni	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LP0200 001	REV. B	FOGLIO 19 di 35

$$\text{Rame } \frac{I}{A} = \frac{226}{\sqrt{\frac{0,50}{\ln \frac{300+234,5}{20+234,5}}}}} = 275,3 \text{ A/mm}^2$$

Considerando il valore di riferimento cautelativo della corrente di dimensionamento precedentemente assunto ($I = 10\text{kA}$) e considerando la conformazione dei dispersori secondo Standard RFI che prevedono sempre due o più connessioni a sostegni poligonali o tralicci, la sezione minima necessaria vale:

$$\text{Acciaio: } A = 10.000 / 2 / 119,1 = 50,2 \text{ mm}^2$$

$$\text{Rame: } A = 10.000 / 2 / 329,1 = 18,2 \text{ mm}^2$$

La sezione derivante dal dimensionamento termico è pertanto inferiore alla sezione minima richiesta dalla norma CEI EN 50341-1 allegato G.2.

La sezione della piattina prevista dall'unificazione RFI risulta pari a 160 mm^2 (40x4) e quindi è adeguata. Analogamente dicasi per la fune in acciaio zincato di diametro pari a 10.5mm (Steorica= 65.81 mm^2).

10.2 RESISTENZA DI TERRA

La resistenza di terra del dispersore complessivo (di fatto + intenzionale) calcolata con GSA risulta:

- **Re = 8,69 Ω**

La resistenza è calcolata considerando la fune di guardia scollegata dal sostegno.

Si è scelto adottare come obiettivo una resistenza inferiore a 10Ω , al fine di contenere l'estensione del dispersore intenzionale.

La distribuzione della densità di corrente dispersa è indicata in Figura 6.1.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo impianti di messa a terra sostegni	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LP0200 001	REV. B	FOGLIO 20 di 35

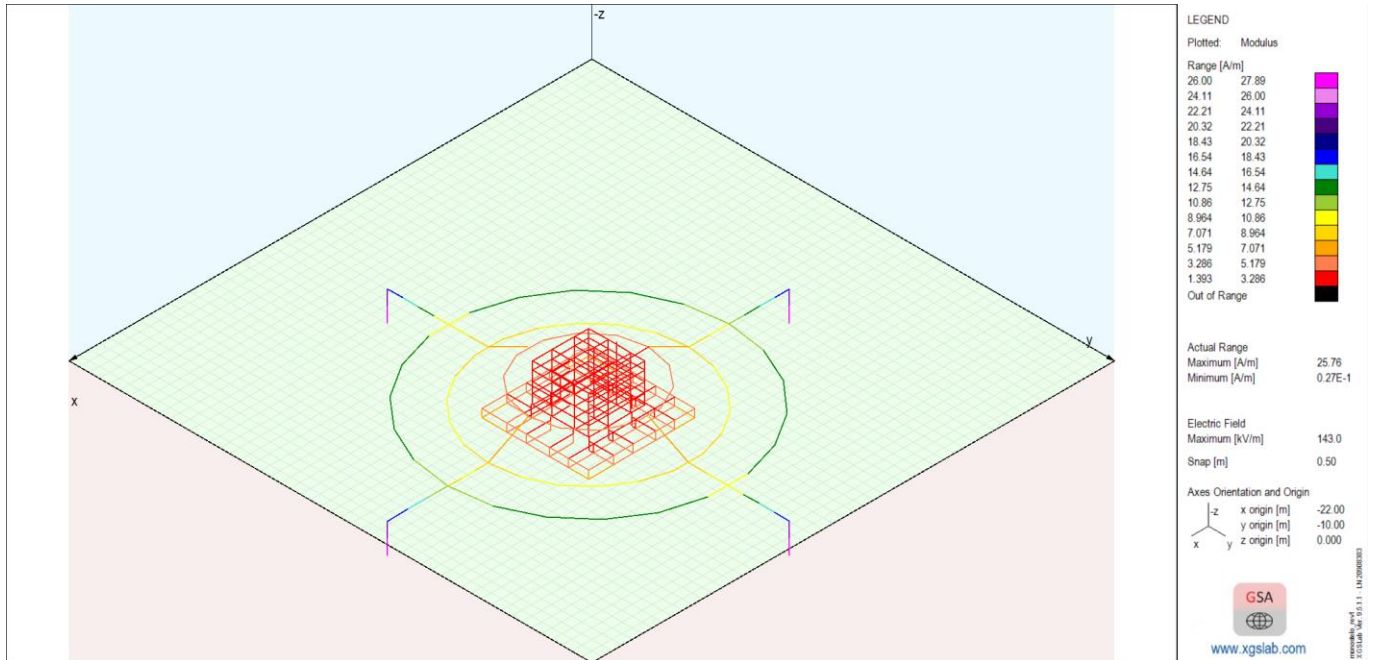


Figura 6.1 Distribuzione della densità di corrente dispersa

La Figura 5.1 conferma che le parti più efficaci del dispersore sono quelle periferiche.

La tensione totale di terra risulta:

- **$V_e = R_e I_e = 12080 \text{ V}$**

La tensione totale di terra è ampiamente superiore a 2 Utp.

Il dispersore non è isolato e pertanto la norma richiede la verifica delle tensioni di contatto.

10.3 TENSIONI DI CONTATTO E DI PASSO

La Figura 6.2 indica la distribuzione dei potenziali superficiali di terra ϕ in corrispondenza del dispersore di linea.

La Figura 6.3 rappresenta la stessa distribuzione di Figura 6.2 nella forma di curve di livello equipotenziali.

La griglia di calcolo adottata è di 0,5 x 0,5 m.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LP0200 001	REV. B	FOGLIO 21 di 35
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo impianti di messa a terra sostegni						

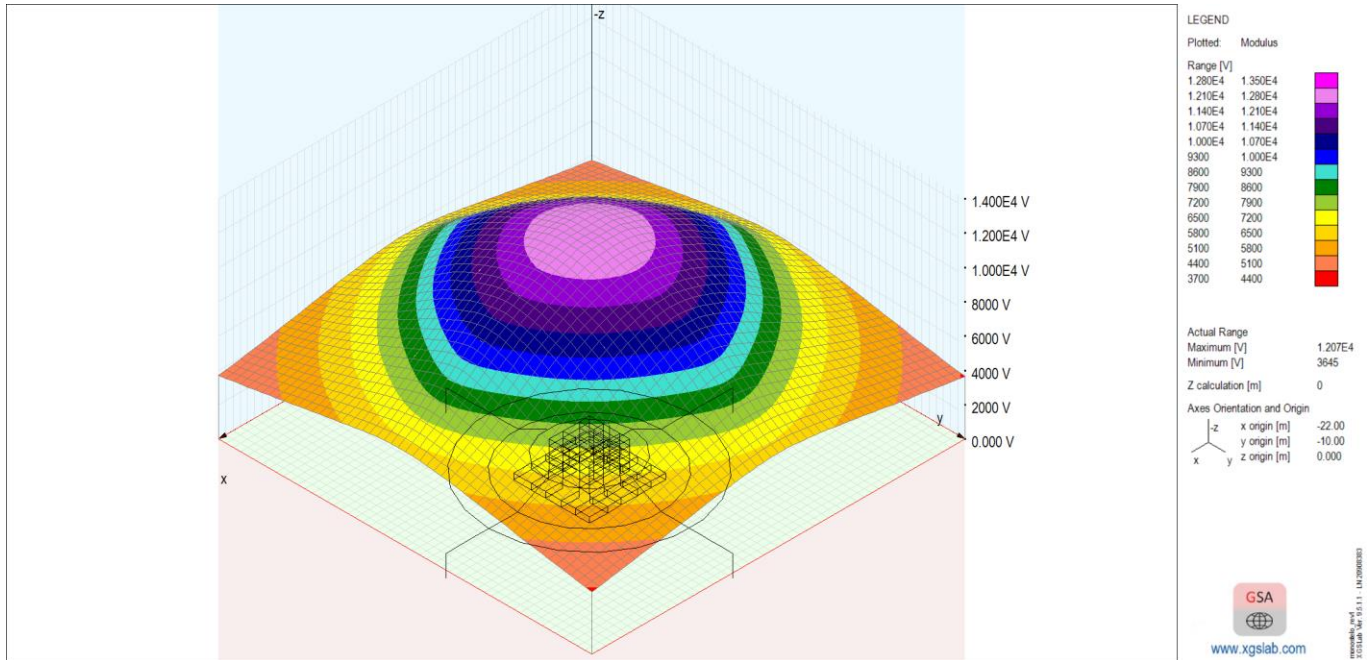


Figura 6.2: Distribuzione dei potenziali superficiali di terra (rappresentazione 3D)

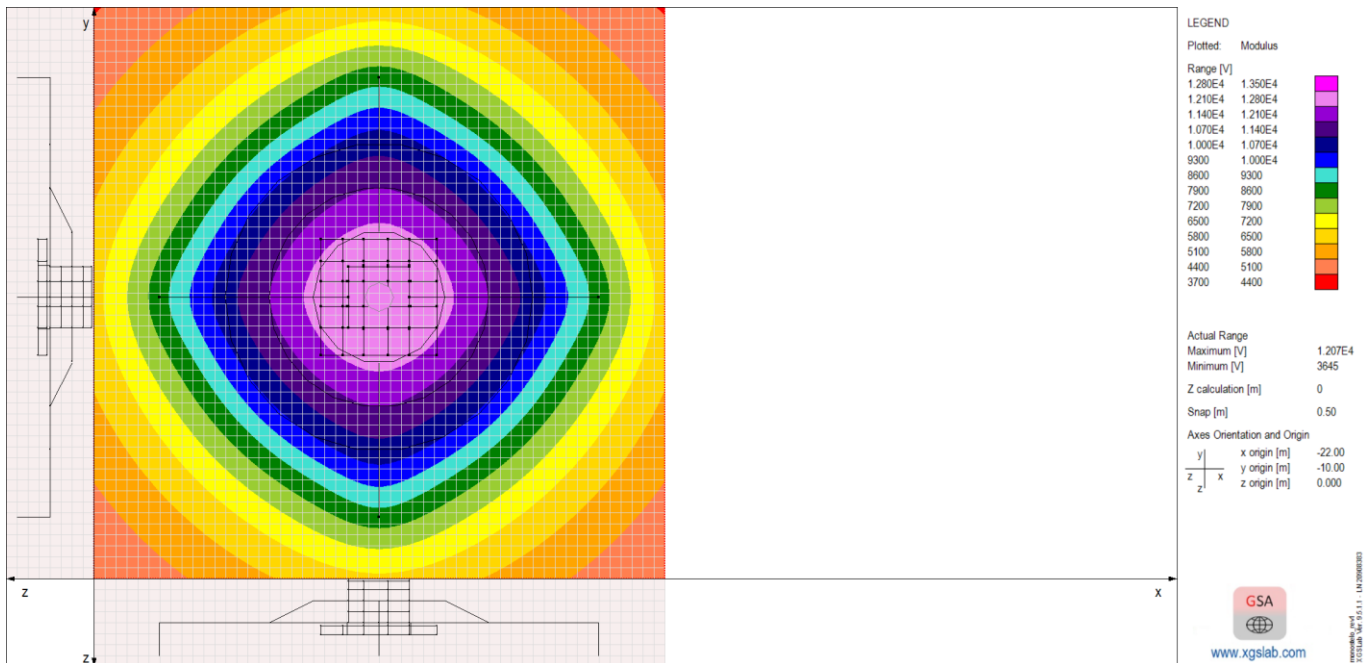


Figura 6.3: Distribuzione dei potenziali superficiali di terra (curve di livello equipotenziali)

La Figura 6.4 indica le aree dove le tensioni di contatto e di passo sono inferiori o superiori ai limiti ammessi.

La Figura 6.4 rappresenta un confronto tra le tensioni di contatto calcolate a partire dalla distribuzione ϕ (Figura 5.2) e dal valore U_e , e le massime tensioni di contatto ammesse dalle norme. Le tensioni di contatto U_t sono

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LP0200 001	REV. B	FOGLIO 22 di 35
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo impianti di messa a terra sostegni						

ottenute da U_{st} calcolate in assenza del corpo umano, tenendo conto delle resistività superficiale del suolo. Il confronto tra tensioni di contatto e relativi limiti è stato effettuato in corrispondenza della stessa griglia di calcolo di ϕ .

La stessa Figura 6.4 rappresenta anche un confronto tra le tensioni di passo calcolate a partire dalla distribuzione ϕ (Figura 6.2) e le massime tensioni di passo ammesse dalle norme. Le tensioni di passo U_s sono ottenute da U_{ss} calcolate in assenza del corpo umano, tenendo conto delle resistività superficiale del suolo. Il confronto tra tensioni di contatto e relativi limiti è stato effettuato in corrispondenza della stessa griglia di calcolo di ϕ .

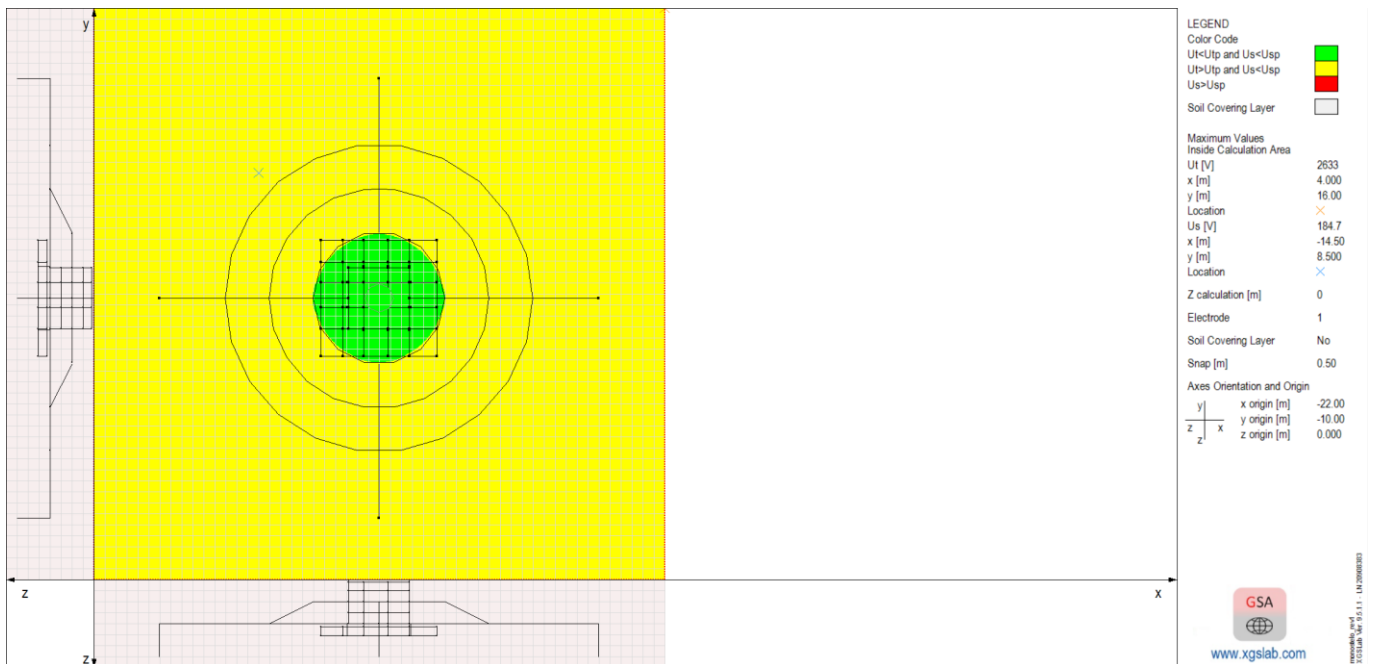


Figura 6.4: Aree dove le tensioni di contatto e di passo sono entro i limiti ammessi

Dai calcoli svolti si possono trarre le seguenti conclusioni.

- Le tensioni di contatto verso il sostegno non sono pericolose.**
- Le tensioni di passo non sono pericolose in nessun punto.**

Le Figure successive (rappresentazioni 2D) forniscono maggiori dettagli dal punto di vista quantitativo. Considerata la simmetria quadrantale, i calcoli sono stati condotti su un solo quadrante. Le direttrici di calcolo hanno lunghezza 200 m e pertanto si prolungano oltre le planimetrie. Il passo di calcolo adottato è di 0,5 m.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LP0200 001	REV. B	FOGLIO 23 di 35
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo impianti di messa a terra sostegni						

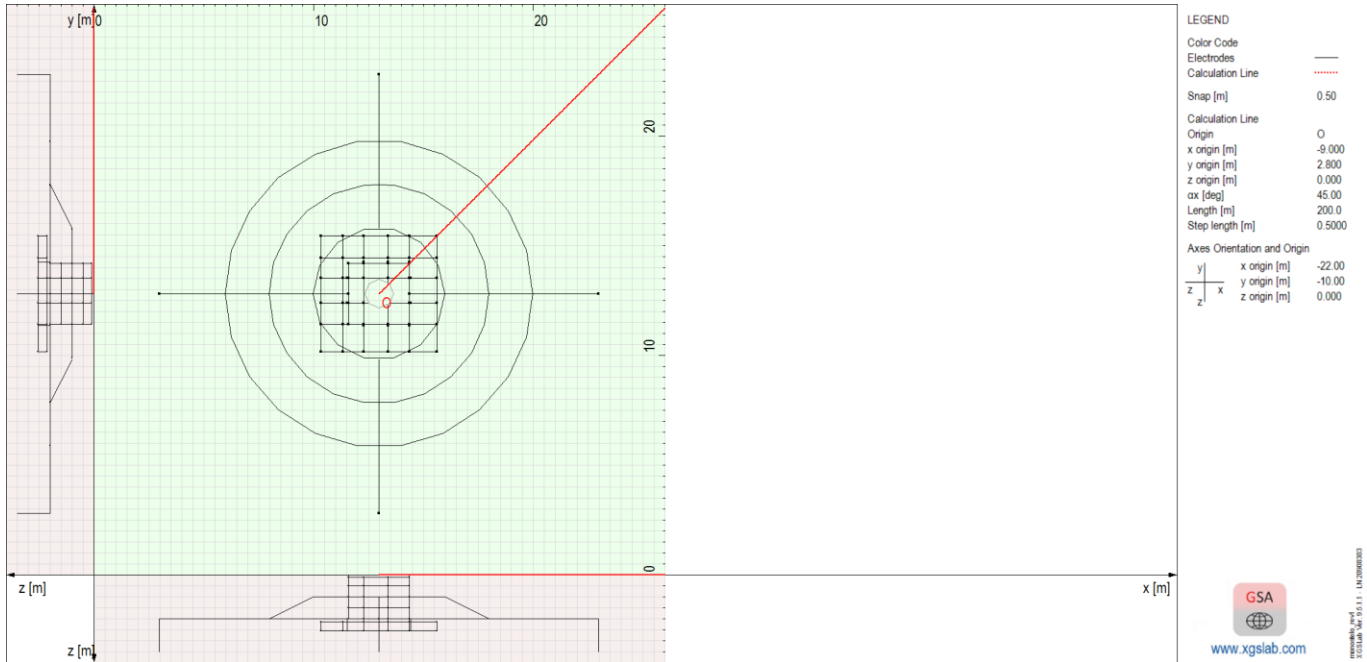


Figura 6.5a: Direttrice di calcolo

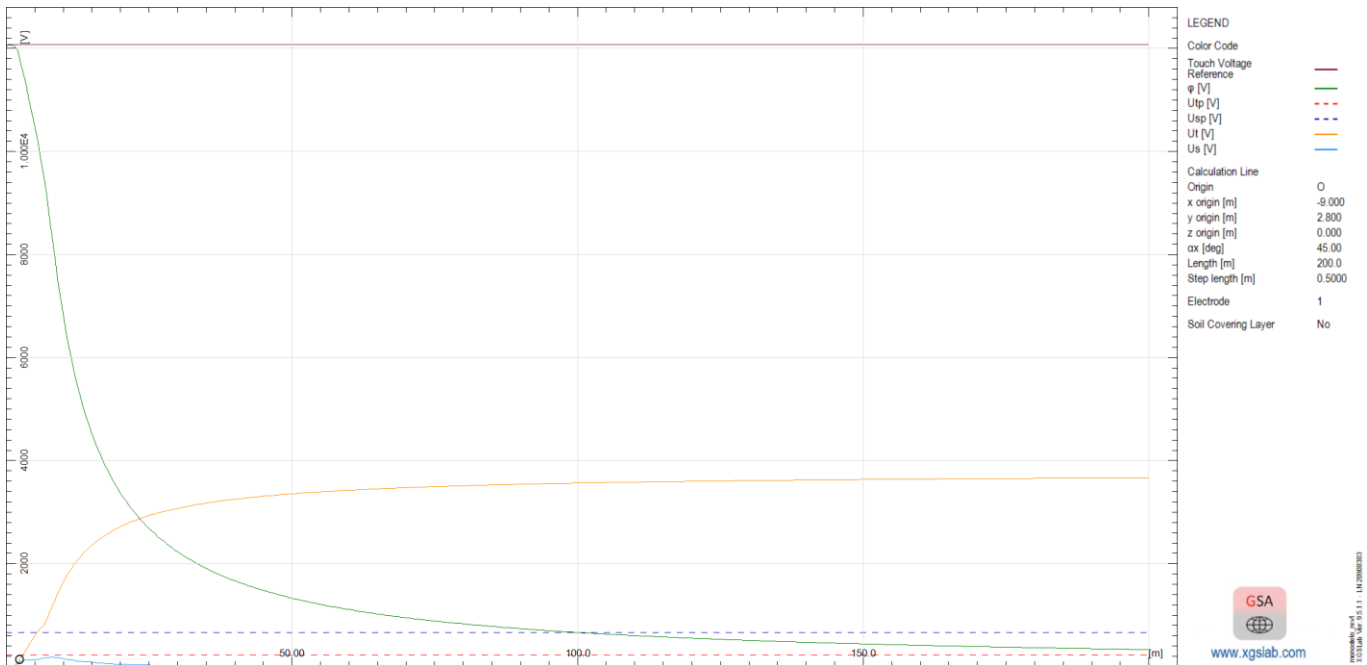


Figura 6.5b: Distribuzione potenziali lungo la direttrice di calcolo

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LP0200 001	REV. B	FOGLIO 24 di 35
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo impianti di messa a terra sostegni						

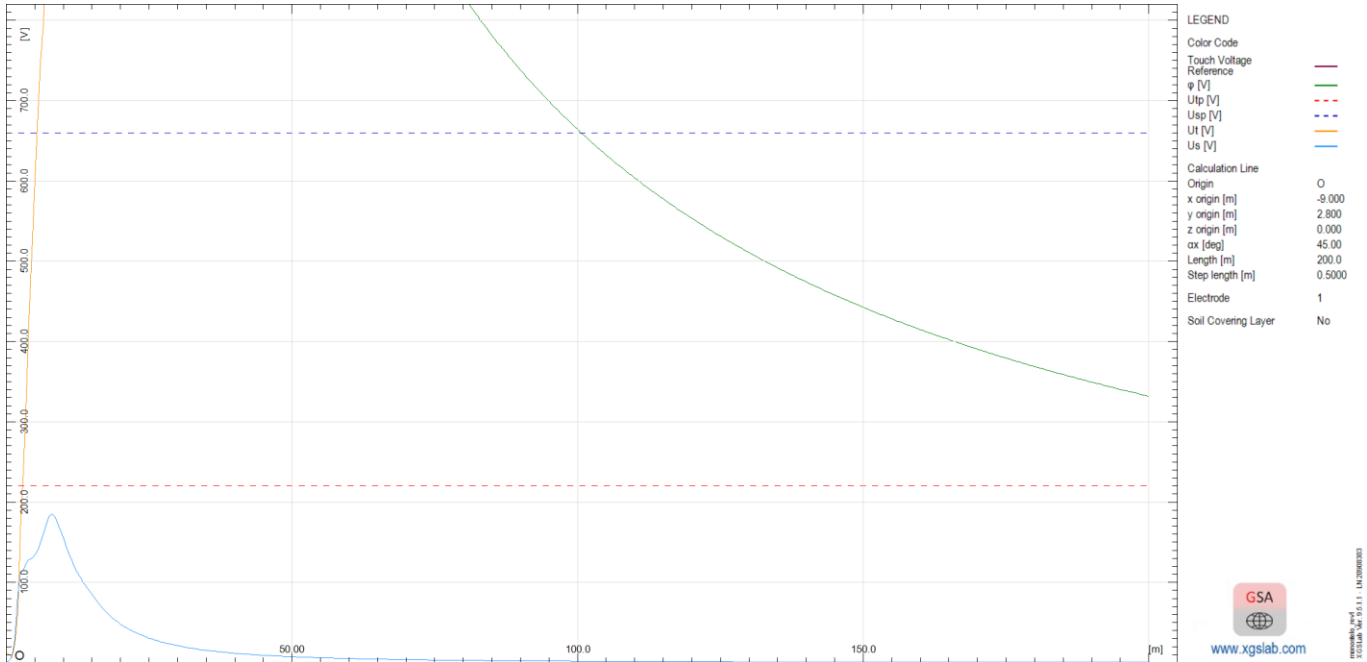


Figura 6.5c: Distribuzione potenziali lungo la direttrice di calcolo - Dettaglio

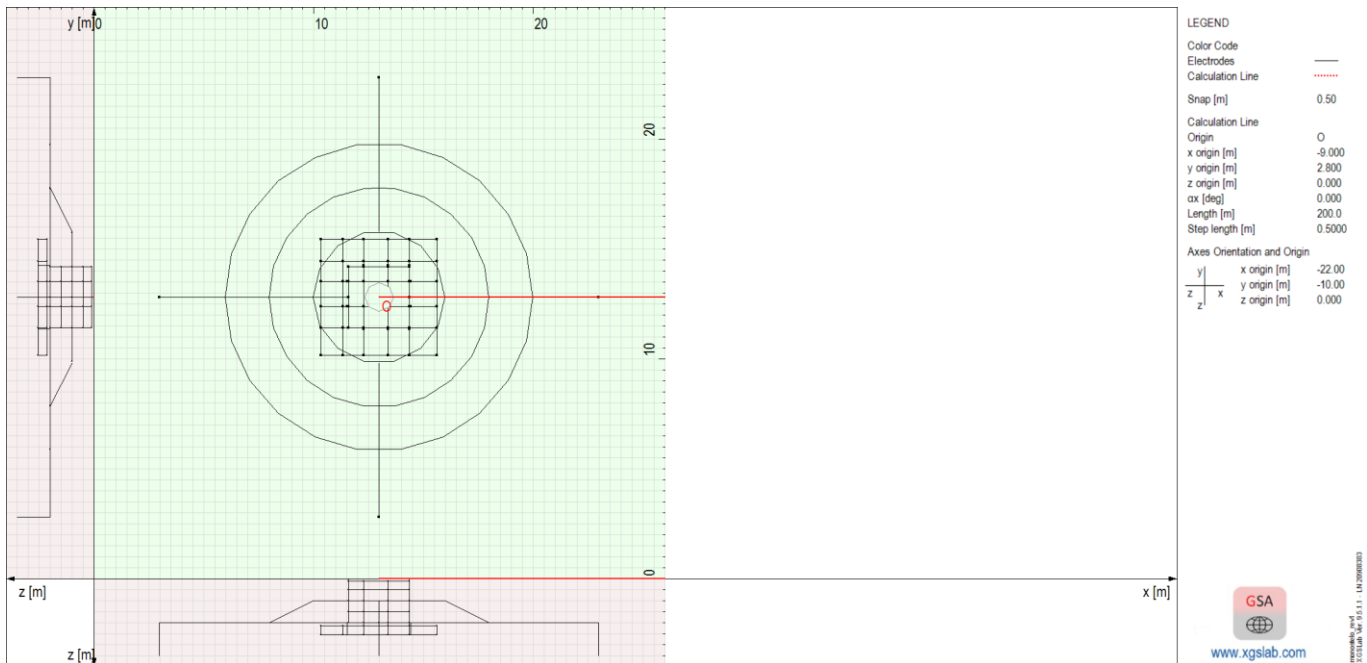


Figura 6.6a: Direttrice di calcolo

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LP0200 001	REV. B	FOGLIO 25 di 35
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo impianti di messa a terra sostegni						



Figura 6.6b: Distribuzione potenziali lungo la direttrice di calcolo

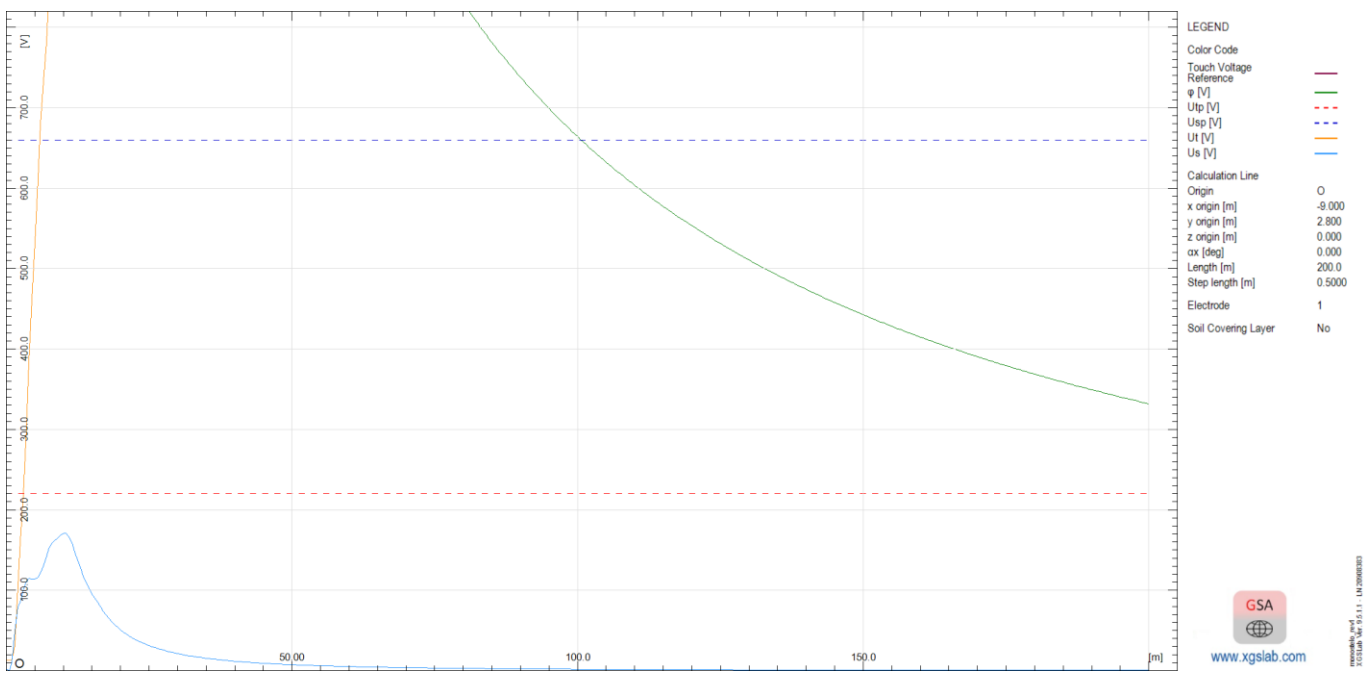


Figura 6.6c: Distribuzione potenziali lungo la direttrice di calcolo - Dettaglio

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo impianti di messa a terra sostegni	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LP0200 001	REV. B	FOGLIO 26 di 35

11 RISULTATI DI CALCOLO SOSTEGNI A TRALICCIO

11.1 DIMENSIONAMENTO TERMICO DEL DISPERSORE

Vale quanto già presentato in 10.1. Nel caso specifico, la sezione della piattina prevista dall'unificazione RFI e pari a 160 mm² (40x4) risulta adeguata.

11.2 RESISTENZA DI TERRA

La resistenza di terra del dispersore complessivo (di fatto + intenzionale) calcolata con GSA risulta:

- **Re = 9,14 Ω**

La resistenza è calcolata considerando la fune di guardia scollegata dal sostegno.

Si è scelto adottare come obiettivo una resistenza inferiore a 10 Ω, al fine di contenere l'estensione del dispersore intenzionale.

La distribuzione della densità di corrente dispersa è indicata in Figura 7.1.

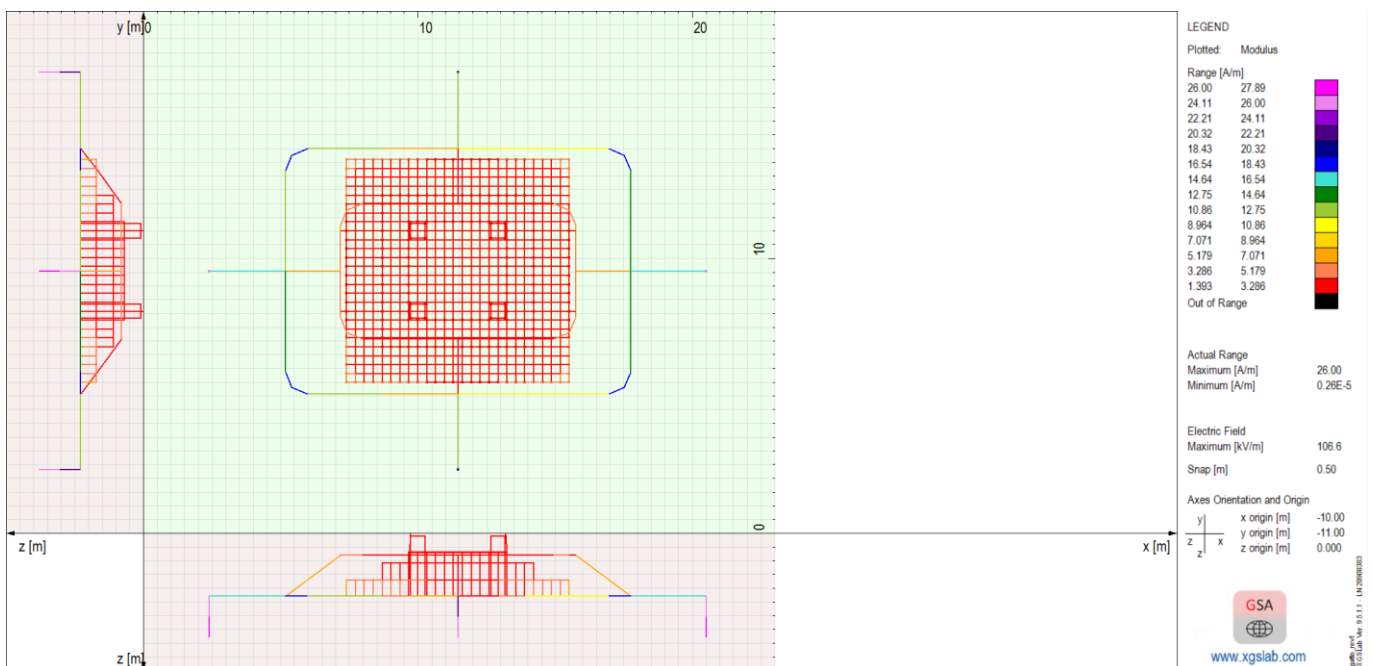


Figura 7.1 Distribuzione della densità di corrente dispersa

La Figura 7.1 conferma che le parti più efficaci del dispersore sono quelle periferiche.

La tensione totale di terra risulta:

- **Ve = Re le = 12709 V**

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo impianti di messa a terra sostegni	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LP0200 001	REV. B	FOGLIO 27 di 35

La tensione totale di terra è ampiamente superiore a 2 Utp.

Il dispersore non è isolato e pertanto la norma richiede la verifica delle tensioni di contatto.

11.3 TENSIONI DI CONTATTO E DI PASSO

La Figura 7.2 indica la distribuzione dei potenziali superficiali di terra ϕ in corrispondenza del dispersore di linea.

La Figura 7.3 rappresenta la stessa distribuzione di Figura 7.2 nella forma di curve di livello equipotenziali.

La griglia di calcolo adottata è di 0,5 x 0,5 m.

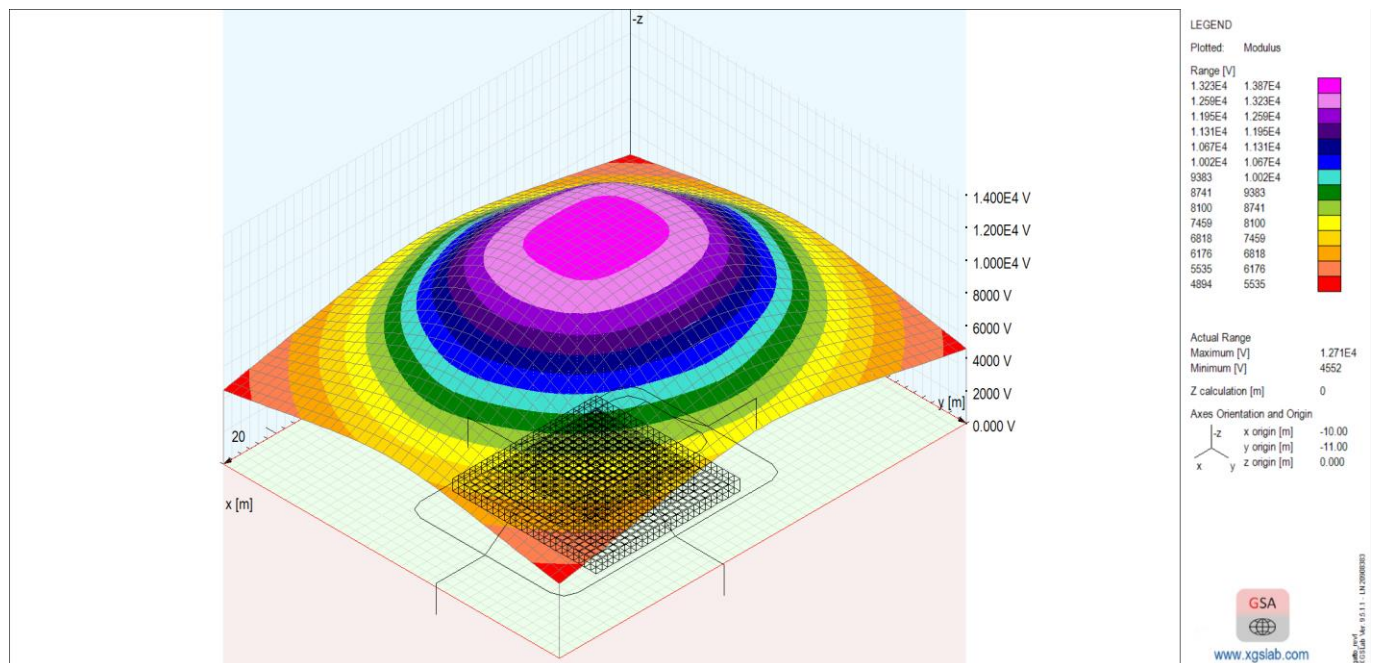


Figura 7.2: Distribuzione dei potenziali superficiali di terra (rappresentazione 3D)

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo impianti di messa a terra sostegni	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LP0200 001	REV. B	FOGLIO 28 di 35

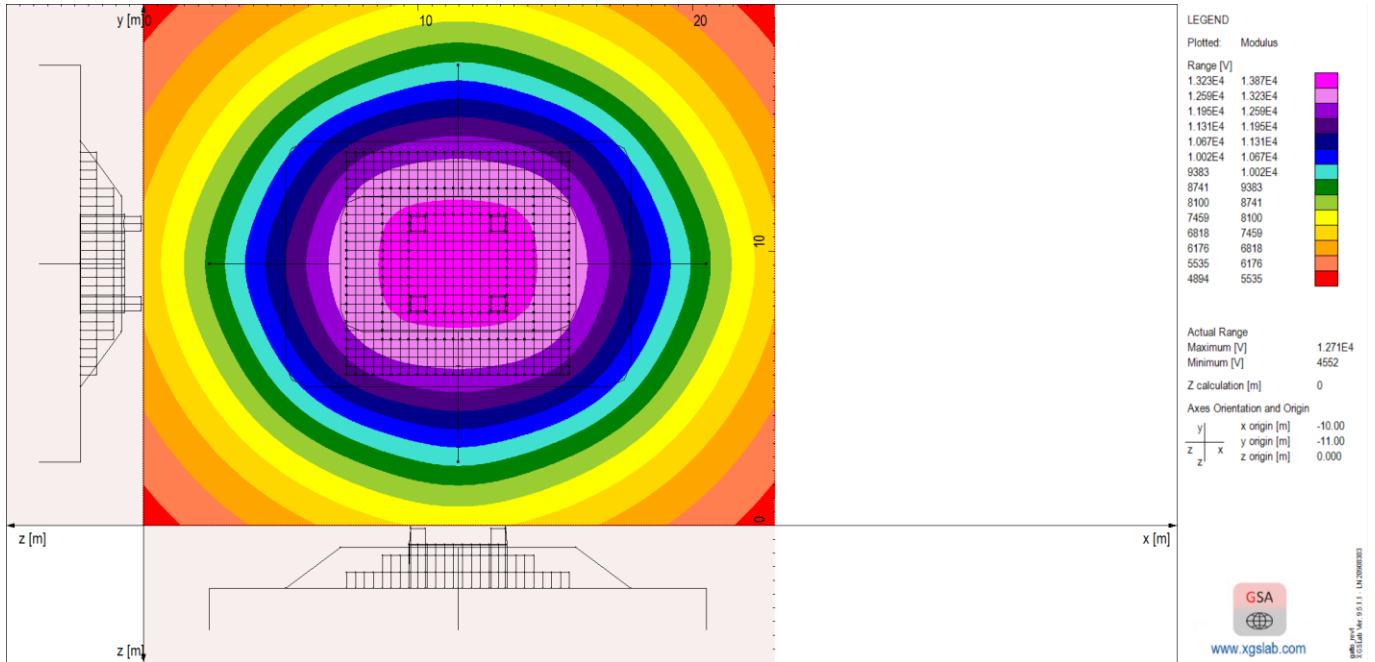


Figura 7.3: Distribuzione dei potenziali superficiali di terra (curve di livello equipotenziali)

La Figura 7.4 indica le aree dove le tensioni di contatto e di passo sono inferiori o superiori ai limiti ammessi.

La Figura 7.4 rappresenta un confronto tra le tensioni di contatto calcolate a partire dalla distribuzione ϕ (Figura 7.2) e dal valore U_e , e le massime tensioni di contatto ammesse dalle norme. Le tensioni di contatto U_t sono ottenute da U_{st} calcolate in assenza del corpo umano, tenendo conto delle resistività superficiale del suolo. Il confronto tra tensioni di contatto e relativi limiti è stato effettuato in corrispondenza della stessa griglia di calcolo di ϕ .

La stessa Figura 7.4 rappresenta anche un confronto tra le tensioni di passo calcolate a partire dalla distribuzione ϕ (Figura 7.2) e le massime tensioni di passo ammesse dalle norme. Le tensioni di passo U_s sono ottenute da U_{ss} calcolate in assenza del corpo umano, tenendo conto delle resistività superficiale del suolo. Il confronto tra tensioni di contatto e relativi limiti è stato effettuato in corrispondenza della stessa griglia di calcolo di ϕ .

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo impianti di messa a terra sostegni	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LP0200 001	REV. B	FOGLIO 29 di 35

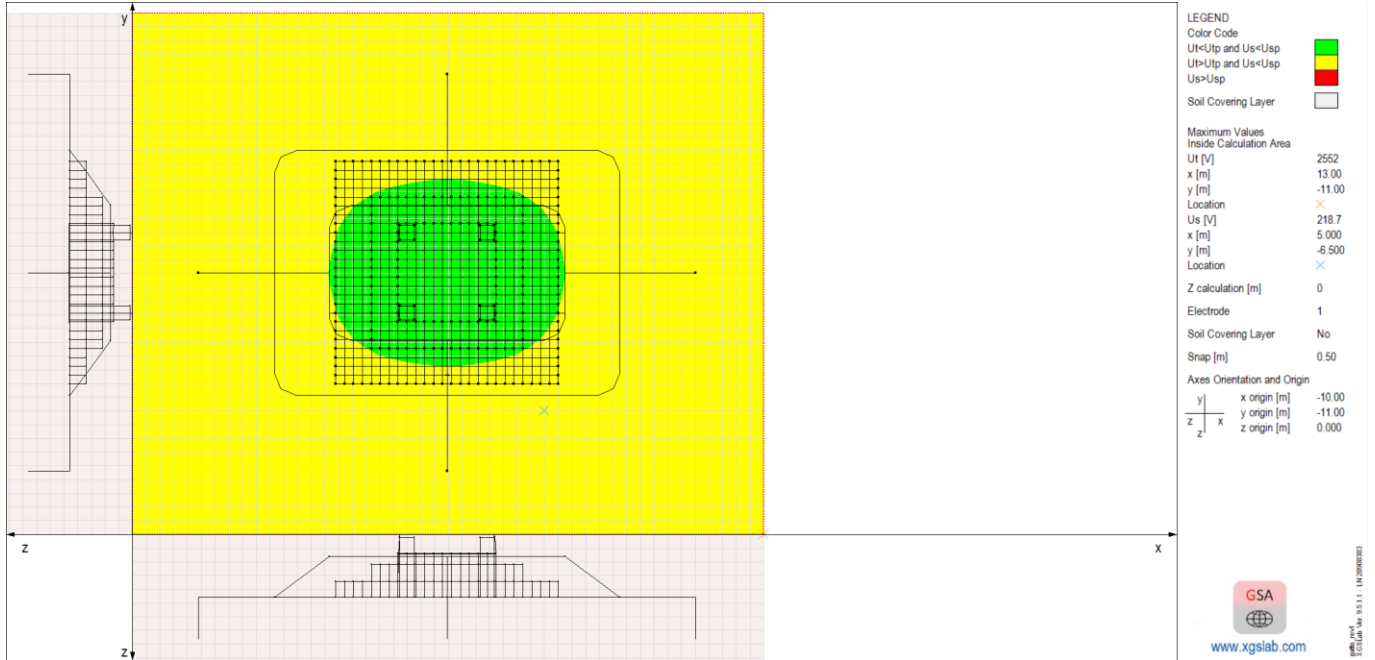


Figura 7.4: Aree dove le tensioni di contatto e di passo sono entro i limiti ammessi

Dai calcoli svolti si possono trarre le seguenti conclusioni.

Le tensioni di contatto verso il sostegno non sono pericolose.

Le tensioni di passo non sono pericolose in nessun punto.

Le Figure successive (rappresentazioni 2D) forniscono maggiori dettagli dal punto di vista quantitativo.

Considerata la simmetria quadrantale, i calcoli sono stati condotti su un solo quadrante.

Le direttrici di calcolo hanno lunghezza 200 m e pertanto si prolungano oltre le planimetrie.

Il passo di calcolo adottato è di 0,5 m.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LP0200 001	REV. B	FOGLIO 30 di 35
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo impianti di messa a terra sostegni						

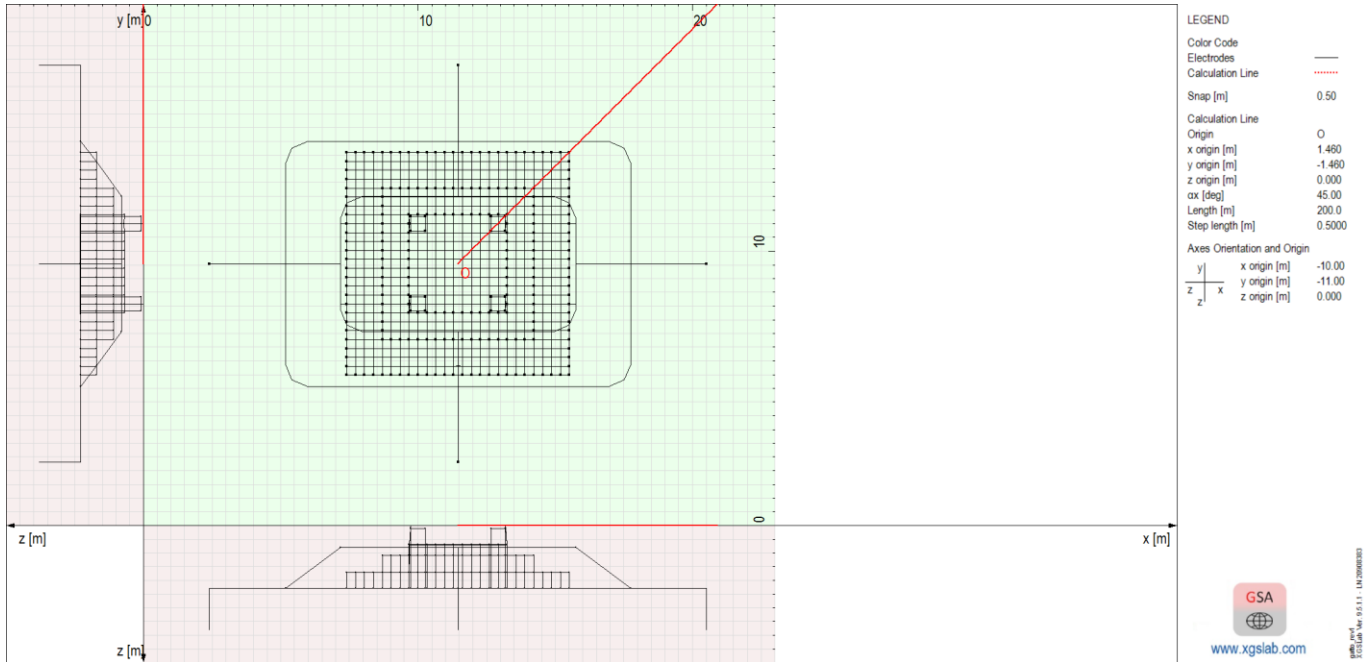


Figura 7.5a: Direttrice di calcolo



Figura 7.5b: Distribuzione potenziali lungo la direttrice di calcolo

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LP0200 001	REV. B	FOGLIO 31 di 35
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo impianti di messa a terra sostegni						

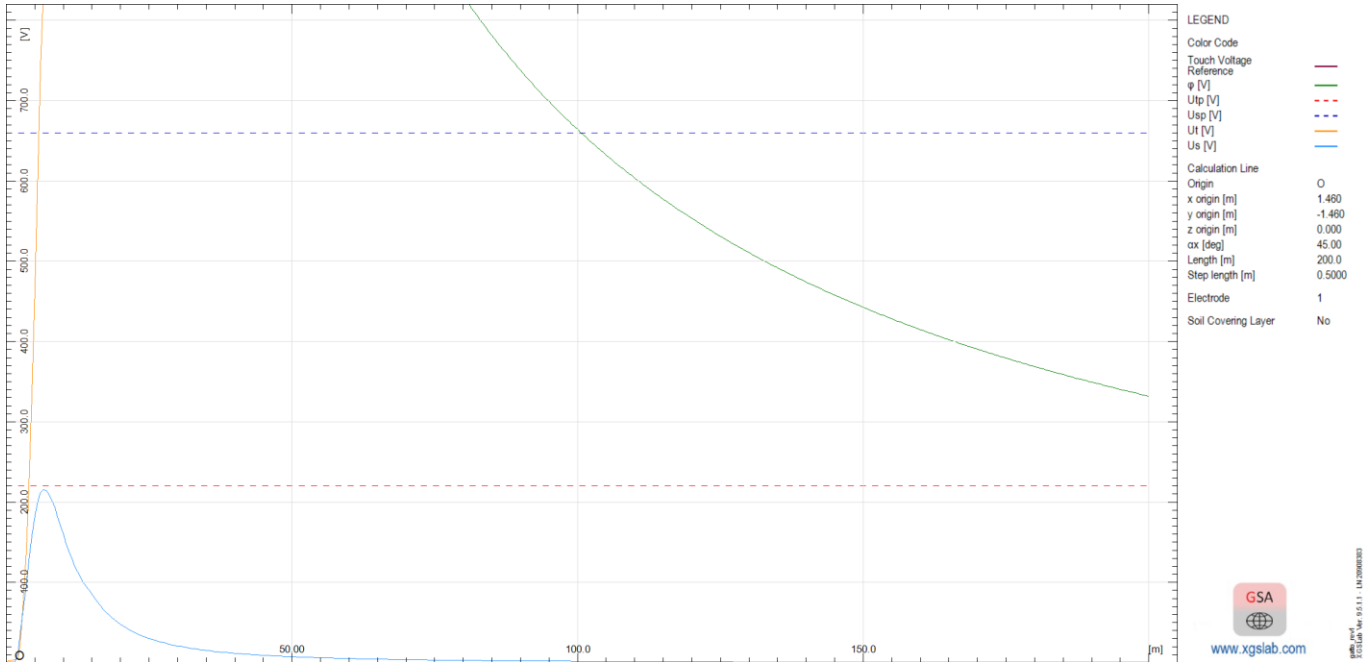


Figura 7.5c: Distribuzione potenziali lungo la direttrice di calcolo - Dettaglio

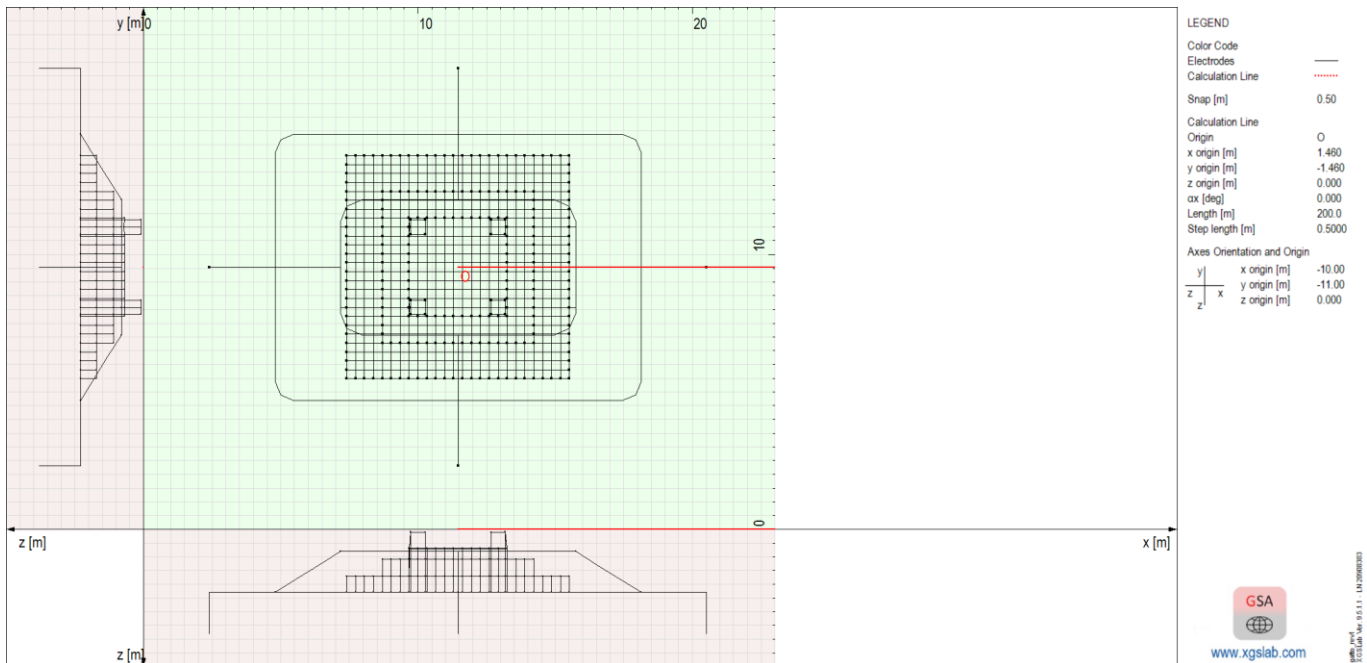


Figura 7.6a: Direttrice di calcolo

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo impianti di messa a terra sostegni		IF28	01	E ZZ CL	LP0200 001	B	32 di 35

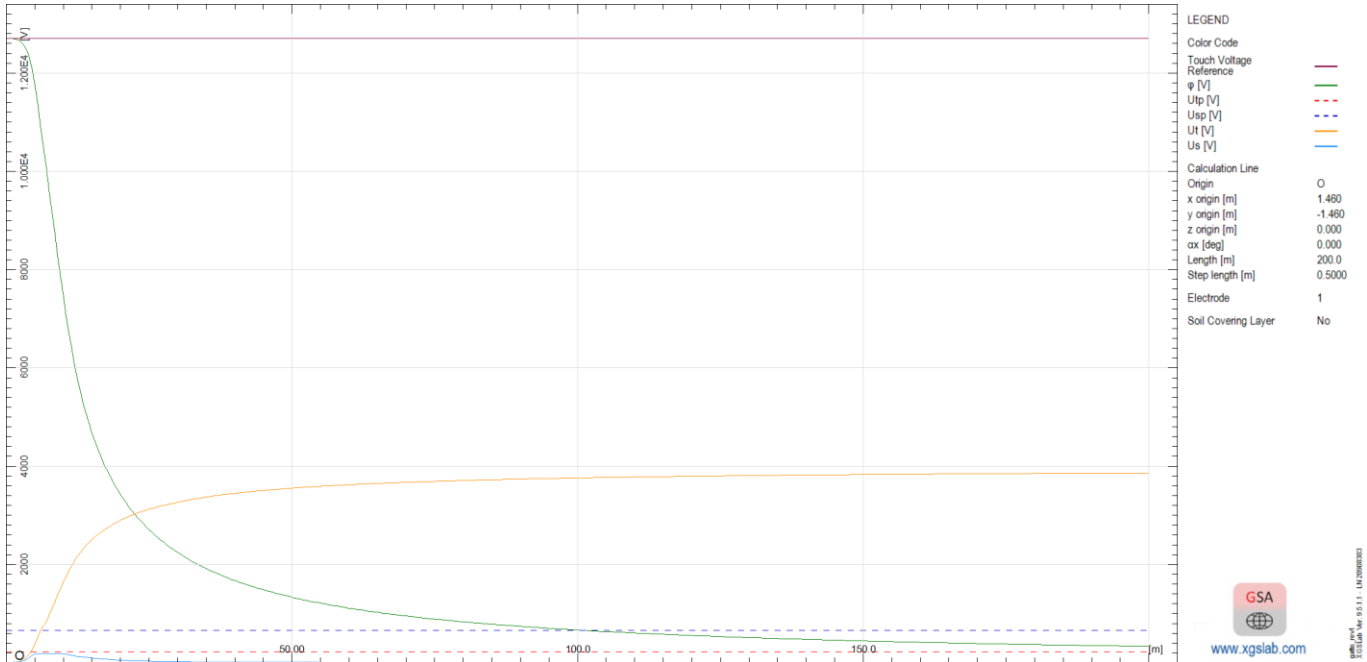


Figura 7.6b: Distribuzione potenziali lungo la direttrice di calcolo

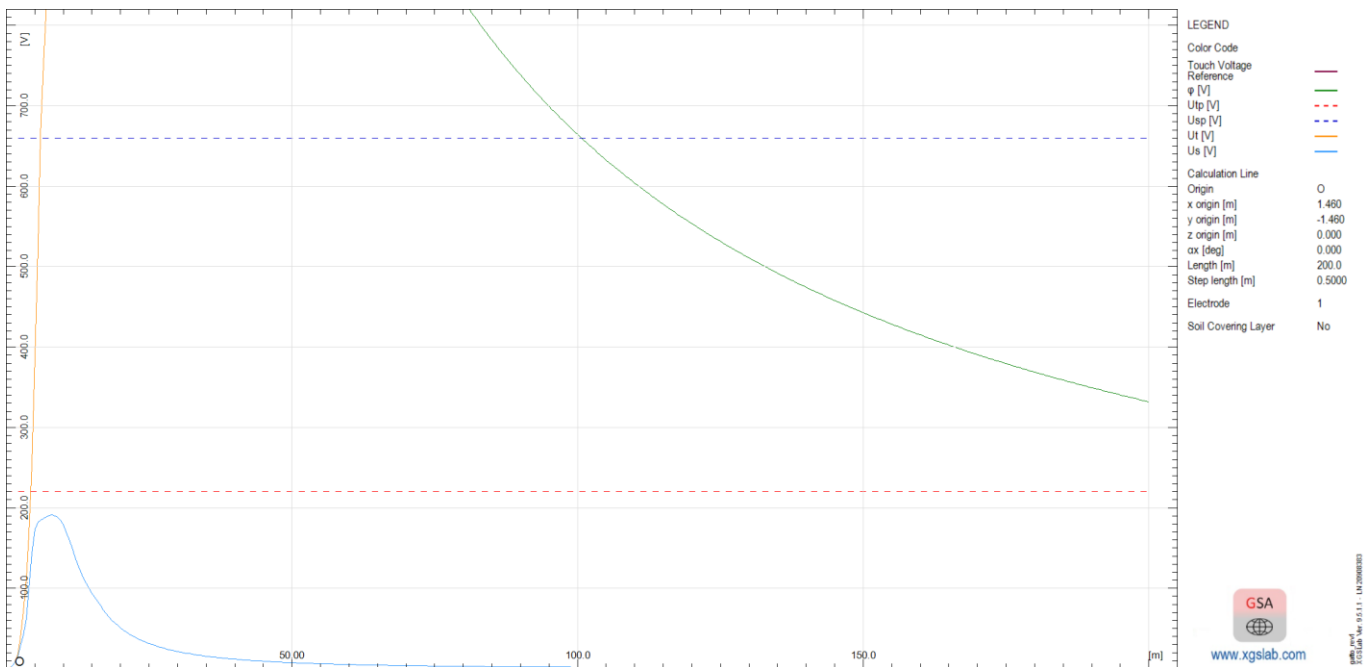


Figura 7.6c: Distribuzione potenziali lungo la direttrice di calcolo - Dettaglio

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo impianti di messa a terra sostegni	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LP0200 001	REV. B	FOGLIO 33 di 35

12 CONCLUSIONI – RISULTATI DELLE VERIFICHE

L'esito delle verifiche è qui riepilogato:

VERIFICA	ESITO	AL PUNTO DELLA RELAZIONE
S > 0,5 m ²	Verificato	9.4 e 9.5
Profondità di interramento minima	Verificato	
Dimensionamento termico	Verificato	10.1 e 11.1
Rispetto sezioni e spessori minimi	Verificato	10.1 e 11.1
Rispetto limiti tensioni di contatto e passo	Verificato	10.3 e 11.3

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo impianti di messa a terra sostegni	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LP0200 001	REV. B	FOGLIO 34 di 35

APPENDICE 1 - REQUISITI DELL'IMPIANTO CON RIFERIMENTO ALLE SOLLECITAZIONI MECCANICHE, ALLA CORROSIONE ED ALLE SOLLECITAZIONI TERMICHE

Per quanto riguarda la resistenza meccanica, la resistenza alla corrosione e la resistenza alle sollecitazioni termiche, la Norma CEI 99-3 raccomanda di adottare per il dispersore le dimensioni minime riportate nella tabella seguente:

Materiale	Tipo di dispersore	Dimensione minima					
		Corpo			Rivestimento/guaina		
		Diametro [mm]	Sezione trasversale [mm ²]	Spessore [mm]	Valori singoli [µm]	Valori medi [µm]	
Acciaio	zincato a caldo	Piattina ⁽²⁾		90	3	63	70
		Profilato (inclusi i piatti)		90 (250)	3 (5)	63	70
		Tubo	25		2	47	55
		Barra tonda per picchetto	16 (20)			63	70
		Tondo per dispersore orizzontale	10				50
	con guaina di piombo ⁽¹⁾	Tondo per dispersore orizzontale	8			1000	
	con guaina di rame estrusa	Barra tonda per picchetto	15			2000 (500)	
	con guaina di rame elettrolitico	Barra tonda per picchetto	14.2 (15)			90	100
Rame	nudo	Piattina		50	2		
		Tondo per dispersore orizzontale		25 ⁽³⁾			
		Corda	1,8 ⁽⁴⁾	25			
		Tubo	20		2		
	stagnato	Corda	1,8 ⁽⁴⁾	25		1	5
	zincato	Piattina		50	2	20	40
	con guaina di piombo ⁽¹⁾	Corda	1,8 ⁽⁴⁾	25		1000	
		Filo tondo		25		1000	

(*) per cavetti singoli
(1) non idoneo per posa diretta in calcestruzzo
(2) piattina, arrotondata o tagliata con angoli arrotondati
(3) in condizioni eccezionali, dove l'esperienza mostra che il rischio di corrosione e di danno meccanico è estremamente basso, si può usare 16 mm².
Nota I valori riportati tra parentesi sono comunemente utilizzati in Italia.

Tabella 4 - Dimensioni minime degli elementi del dispersore (rif. Allegato C CEI 99-3)

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo impianti di messa a terra sostegni	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LP0200 001	REV. B	FOGLIO 35 di 35

APPENDICE 2 - REQUISITI DELL'IMPIANTO CON RIFERIMENTO ALLE TENSIONI DI CONTATTO E DI PASSO

L'impianto di terra disperdente, nei confronti della sicurezza delle persone, è da considerarsi correttamente dimensionato se in caso di guasto si verifica una delle due seguenti condizioni:

- a) la tensione totale di terra U_E risulta inferiore al limite ammesso per le tensioni di contatto U_{TP} :

$$U_E = R_E \cdot I_E \leq U_{TP}$$

dove:

I_E [A]: è la corrente di guasto a terra;

R_E [Ω]: è la resistenza di terra del dispersore

U_{TP} [V]: valore fornito dalla figura 4 della Norma CEI 99-3 in funzione della durata di guasto a terra (vedi figura sotto)

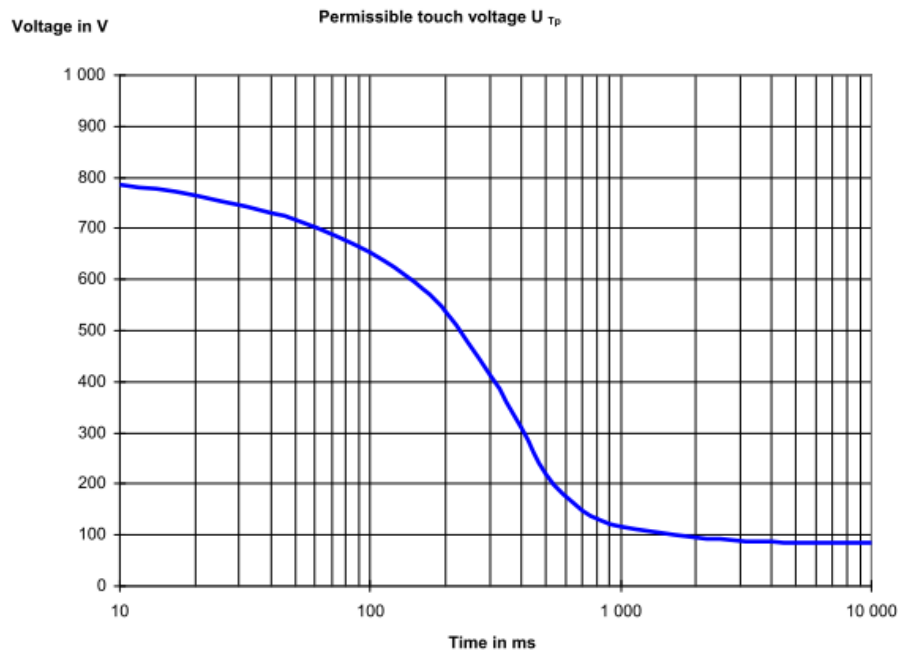


Figura A1: Massima tensione di contatto ammissibile

- b) oppure nel caso in cui la condizione a) non fosse verificata, le tensioni di contatto (U_T) e di passo (U_S) risultano inferiori a:

$$U_T \leq U_{TP}$$

$$U_S \leq U_{SP} = 3 \cdot U_{TP}$$