

Relazione tecnica

**Simulazione dei livelli di induzione magnetica prodotta da linee
elettriche AT 150 kV in cavo sotterraneo**

Indice

1. Oggetto della relazione.....	pg. 3
2. Riferimenti normativi.....	pg. 3
2.1 Valori limite definiti nel DPCM 8 luglio 2003.....	pg. 4
3. Stima teorica dei valori di induzione magnetica prodotta.....	pg. 5
3.1 Config. 1 – Conduttore unipolare AT 150 kV – Al 1600 mm ² – disposizione trifoglio.....	pg. 6
4. Parametri utilizzati nella simulazione.....	pg. 7
4.1 Disposizione dei conduttori (Al - 1600 mm ²).....	pg. 7
4.2 Disposizione dei conduttori rispetto al centro O.....	pg. 7
4.3 Isolinee di induzione magnetica (μT) calcolate tramite EFC-400.....	pg. 8
4.4 Rappresentazione della fascia di rispetto e della distanza di prima approssimazione (D.P.A.).....	pg. 9
4.5 Valori di induzione magnetica.....	pg. 10
4.6 Config. 2 - Conduttore unipolare AT 150 kV – Al 400 mm ² – disposizione trifoglio.....	pg. 10
5. Parametri utilizzati nella simulazione.....	pg. 11
5.1 Disposizione dei conduttori (Al - 400 mm ²).....	pg. 11
5.2 Disposizione dei conduttori rispetto al centro O.....	pg. 11
5.3 Isolinee di induzione magnetica (μT) calcolate tramite EFC-400.....	pg. 12
5.4 Rappresentazione della fascia di rispetto e della distanza di prima approssimazione (D.P.A.).....	pg. 13
5.5 Valori di induzione magnetica.....	pg. 14
6. Conclusioni.....	pg. 14
 Bibliografia.....	 pg. 15

1. Oggetto della relazione

In seguito a Vs. gentile richiesta, sono state eseguite simulazioni tramite il modello di calcolo EFC-400 al fine di stimare la distribuzione spaziale dell'induzione magnetica generata da:

- CONFIGURAZIONE 1: Cavo unipolare AT 150 kV- Alluminio 1600 mm²
- CONFIGURAZIONE 2: Cavo unipolare AT 150 kV- Alluminio 400 mm²

come previsto dal D.M 29 maggio 2008.

I dati tecnici per le valutazioni teoriche riguardano le caratteristiche costruttive del cavo (allegato 1 – caratteristiche costruttive cavo 150 kV di Demirer Kablo), le sezioni trasversali e longitudinali di posa (allegato 2), i valori della portata in regime permanente così come definita nella norma CEI 11-17.

In base a tali dati sono state eseguite le valutazioni che seguono.

2. Riferimenti Normativi

- **LEGGE 22 febbraio 2001, n. 36 “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”.**
- **D.P.C.M. 8 luglio 2003 “ Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti”.**
- **D.M. 29 maggio 2008 “Metodi numerici per il calcolo delle fasce di rispetto”**

La Legge n. 36 del 22.02.2001, Legge Quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici, ed il Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri, DPCM 8 luglio 2003, sono gli atti normativi di riferimento in materia di protezione della salute umana e dell'ambiente dall'inquinamento elettromagnetico.

La legge quadro n. 36/2001, risponde a tre obiettivi principali:

- assicurare la tutela della salute dei lavoratori, delle lavoratrici e della popolazione dagli effetti dell'esposizione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici con frequenze comprese tra 0 Hz e 300 GHz;
- promuovere la ricerca scientifica per la valutazione degli effetti a lungo termine ed attivare misure di cautela da adottare in applicazione del principio di precauzione di cui all'articolo 174, paragrafo 2, del trattato istitutivo dell'Unione Europea;
- assicurare la tutela dell'ambiente e del paesaggio e promuovere l'innovazione tecnologica e le azioni di risanamento volte a minimizzare l'intensità e gli effetti dei campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici secondo le migliori tecnologie disponibili (art. 1).

Il provvedimento nazionale individua le modalità di tutela della popolazione distinguendo tra effetti acuti (causati dal superamento dei limiti di esposizione) ed effetti cronici (causati dal superamento del valore di attenzione) sulla salute dei soggetti esposti; prescrive gli obblighi e le competenze di Stato, Regioni, Comuni, Province e gestori; introduce misure e forme sanzionatorie.

Si riportano di seguito le definizioni per i valori e limiti previsti dalla normativa:

- **Limite di esposizione:** valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, definito ai fini della tutela della salute da effetti acuti, che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione della popolazione e dei lavoratori.
- **Valore di attenzione:** valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, che non deve essere superato negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate; costituisce misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine e deve essere raggiunto nei tempi e nei modi previsti dalla legge.
- **Obiettivi di qualità:** si distinguono in a) criteri localizzativi, standard urbanistici, prescrizioni e incentivazioni per l'utilizzo delle migliori tecnologie disponibili, indicati dalle leggi regionali secondo le competenze definite dall'articolo 8 della Legge Quadro; b) valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, definiti dallo Stato secondo le previsioni di cui all'articolo 4, comma 1, lettera a), ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi medesimi.

In attuazione della legge quadro n. 36/2001, sono stati emanati due provvedimenti:

- DPCM 8 luglio 2003, recante "Limiti di esposizione della popolazione a campi elettromagnetici con frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz", pubblicato sulla Gazzetta ufficiale 28 agosto 2003 n. 199;
- DPCM 8 luglio 2003, recante "Limiti di esposizione della popolazione a campi magnetici dalla frequenza di rete - 50 Hz - generati da elettrodotti", pubblicato sulla Gazzetta ufficiale 29 agosto 2003 n. 200.

Sono riportati in tabella i limiti ed i valori cui fa riferimento il DPCM 8.7.2003 relativamente alle basse frequenze.

A titolo di misura cautelativa per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenza non inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per l'induzione magnetica il valore di attenzione di 10 μ T, da intendersi come mediana dei valori nell'arco di 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, scolastici, adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettromagnetici generati dagli elettrodotti ai 50 Hz, è fissato l'obiettivo di qualità di 3 μ T per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco di 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

2.1 VALORI LIMITE DEFINITI NEL DPCM 8 LUGLIO 2003

Frequenza, Hz		E(V/m)	B(μ T)	Rif. Normativo
50	Limiti di esposizione	5000	100	DPCM 8 luglio 2003
	Valore di attenzione		10*	
	Obiettivo di qualità		3*	

*Da intendersi come mediana dei valori nell'arco di 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Il DPCM 8 luglio 2003, all'art. 6, in attuazione della Legge 36/01 (art. 4 c. 1 lettera h), introduce la metodologia di calcolo delle fasce di rispetto, definita nell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (*Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti*).

Detta fascia comprende tutti i punti nei quali, in normali condizioni di esercizio, il valore di induzione magnetica può essere maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

“La metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti” prevede una procedura semplificata di valutazione con l'introduzione della Distanza di Prima Approssimazione (DPA). Detta DPA, nel rispetto dell'obiettivo di qualità di 3 μ T del campo magnetico (art. 4 del DPCM 8 luglio 2003), si applica nel caso di:

- realizzazione di nuovi elettrodotti (inclusi potenziamenti) in prossimità di luoghi tutelati (nuove aree gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici e luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere);
- progettazione di nuovi luoghi tutelati in prossimità di elettrodotti esistenti.

Le DPA permettono, nella maggior parte delle situazioni, una valutazione esaustiva dell'esposizione ai campi magnetici.

Esse vengono calcolate combinando la configurazione dei conduttori con la geometria di fase e la portata in servizio normale che insieme forniscono la situazione più cautelativa di esposizione ai campi magnetici.

3. Stima teorica dei valori di induzione magnetica prodotta

Le simulazioni della distribuzione dell'induzione magnetica sono state effettuate utilizzando i dati tecnici forniti da Mercury L&G sas mediante l'impiego del programma di calcolo EFC-400.

EFC-400 (Magnetic and electric field calculation), prodotto da FGEU GmbH e commercializzato da Narda Safety Test Solutions, è un software utilizzato per il calcolo del campo elettrico e magnetico generato da linee per il trasporto di corrente (linee aeree, cavi interrati), linee ferroviarie, cabine di trasformazione.

Il modello di calcolo è stato oggetto di validazione scientifica all'interno del progetto “Analisi dei modelli previsionali per la valutazione dell'esposizione a campi ELF (Extremely Low Frequency) nelle aree urbane del Comune di Bologna, quale sperimentazione e validazione di riferimento regionale” a cui hanno partecipato Arpa Emilia Romagna (sezione di Piacenza), Enel, Comune di Bologna e Dipartimento di Fisica (Università di Bologna).

I calcoli sono stati eseguiti su una sezione verticale del cavo per entrambe le configurazioni (piano x-z), da -5,0 m a +5,0 m rispetto al piano di campagna. La risoluzione spaziale di calcolo è stata scelta pari a 0,015 m in entrambe le direzioni.

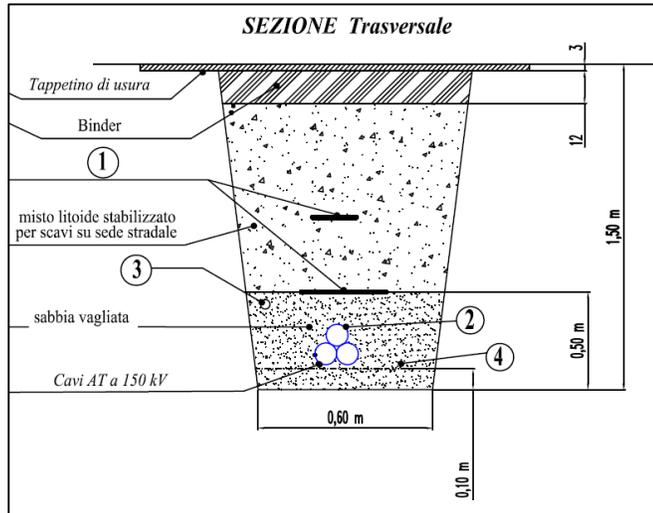
I valori di corrente utilizzati sono i valori della portata in regime permanente (CEI 11-17) e valgono:

Configurazione 1. Cavo Al 1600 mm ²	1000 A
Configurazione 2. Cavo Al 400 mm ²	500 A

3.1 CONFIGURAZIONE 1

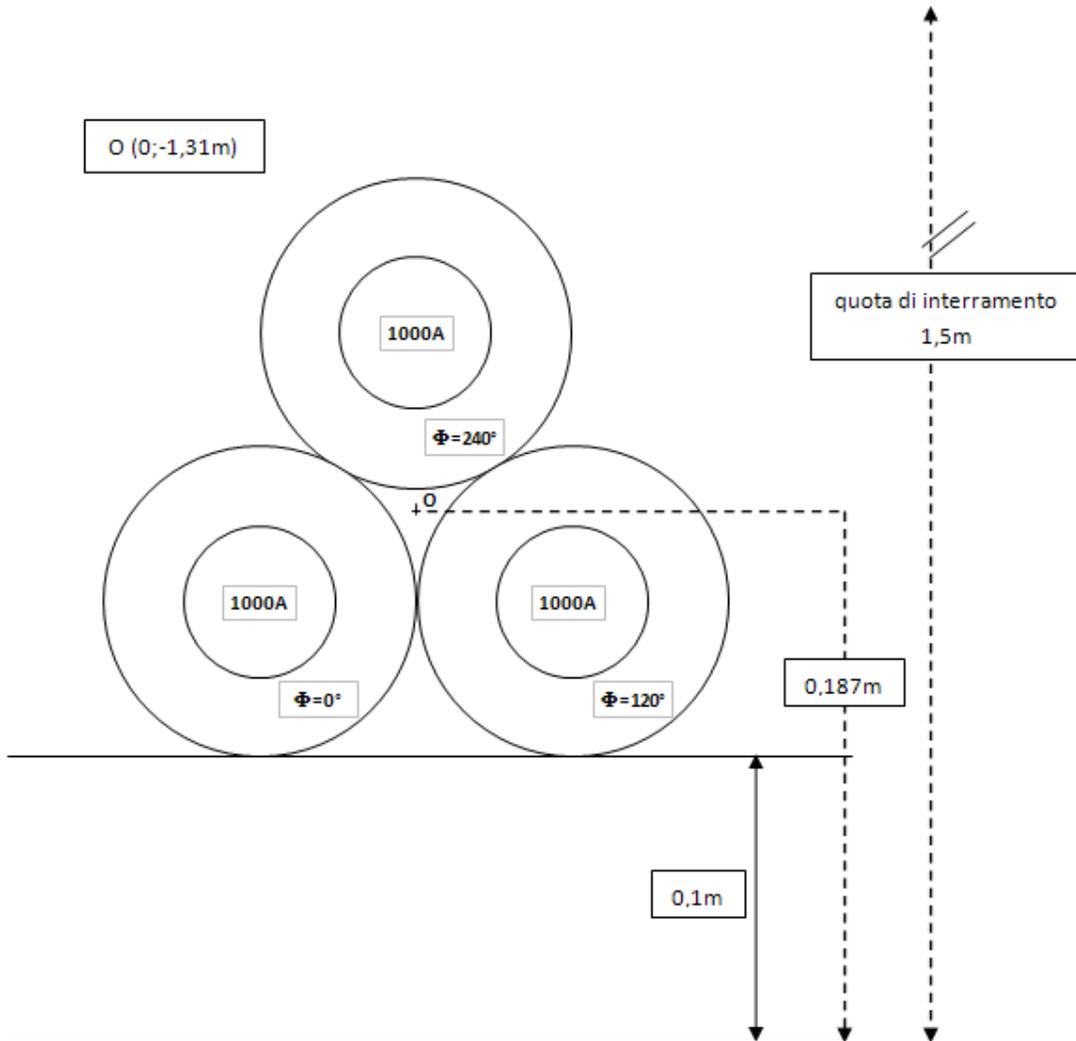
CONDUTTORE UNIPOLARE AT 150 kV - ALLUMINIO 1600 mm² - DISPOSIZIONE TRIFOGLIO

- ① - Elementi di segnalazioni cavi
- ② - Cavo AT unipolare
- ③ - Tubo 1 x 50 mm per cavo in fibra ottica
- ④ - Eventuale cavo di terra



4. Parametri utilizzati nella simulazione

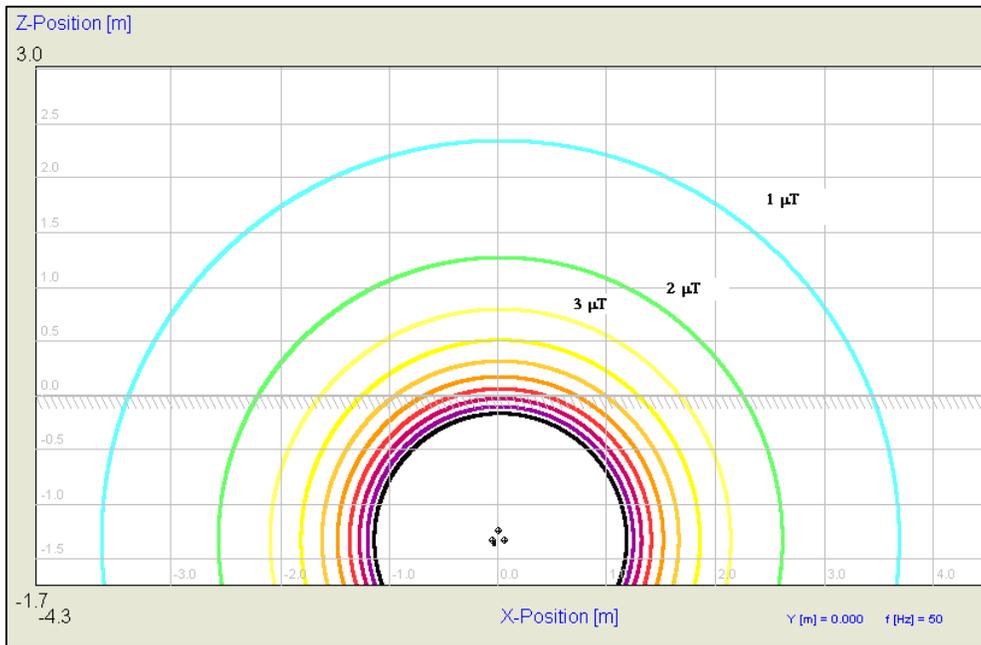
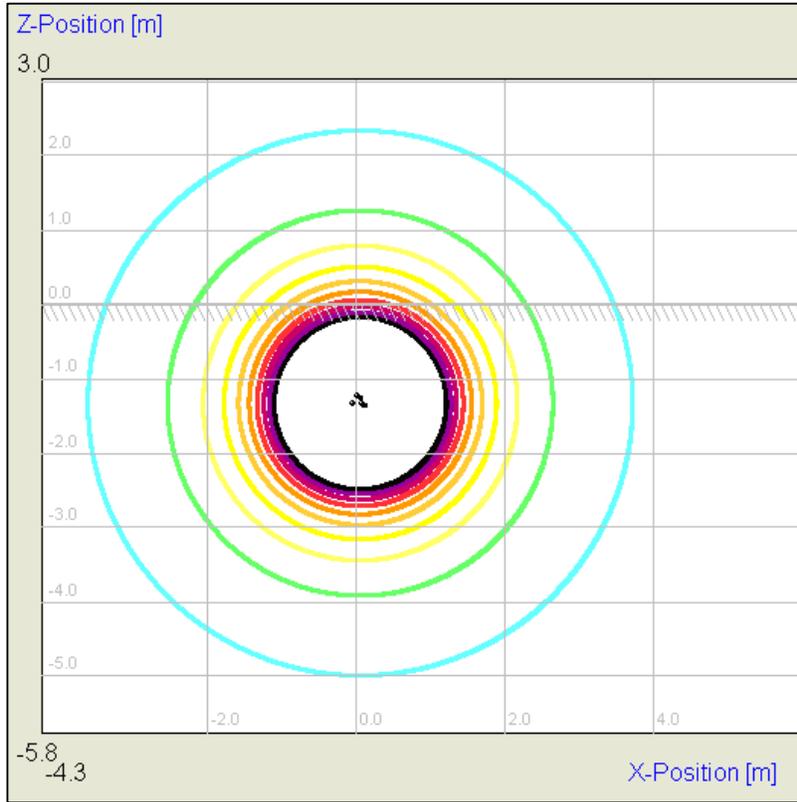
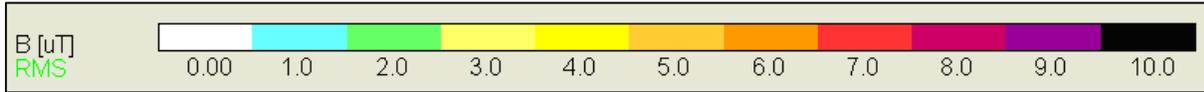
4.1 DISPOSIZIONE DEI CONDUTTORI (AL-1600 mm²)



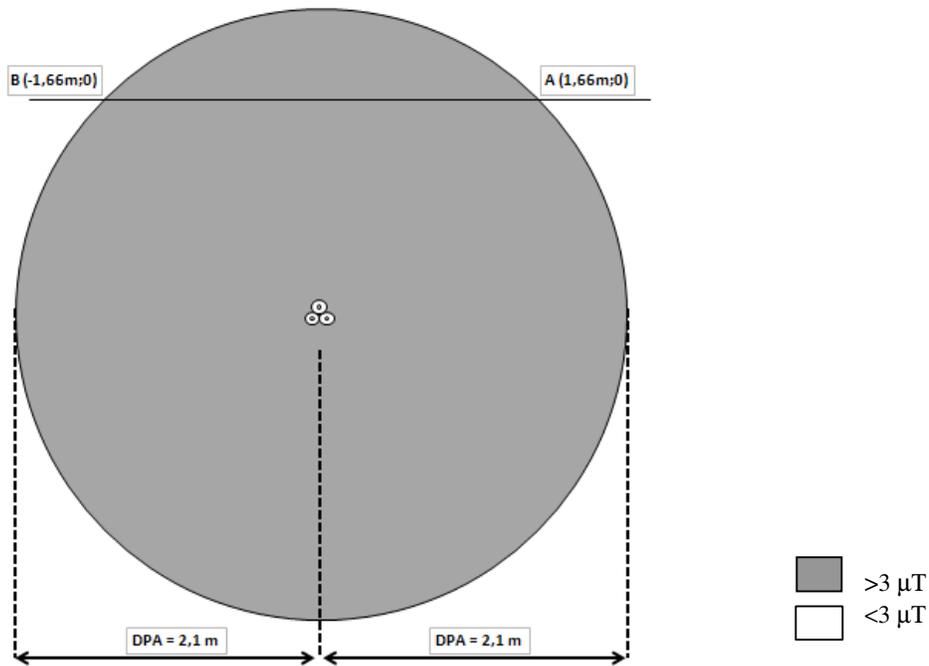
4.2 DISPOSIZIONE DEI CONDUTTORI RISPETTO AL CENTRO O

CONDUTTORE	X (mm)	Z (mm)	CORRENTE (A)	FASE
1	-0,0550	-0,0318	1000	0°
2	+0,0550	-0,0318	1000	120°
3	+0,0000	+0,0635	1000	240°

4.3 ISOLINEE DI INDUZIONE MAGNETICA (μT) CALCOLATE TRAMITE EFC-400



4.4 RAPPRESENTAZIONE DELLA FASCIA DI RISPETTO E DELLA DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE (D.P.A.)



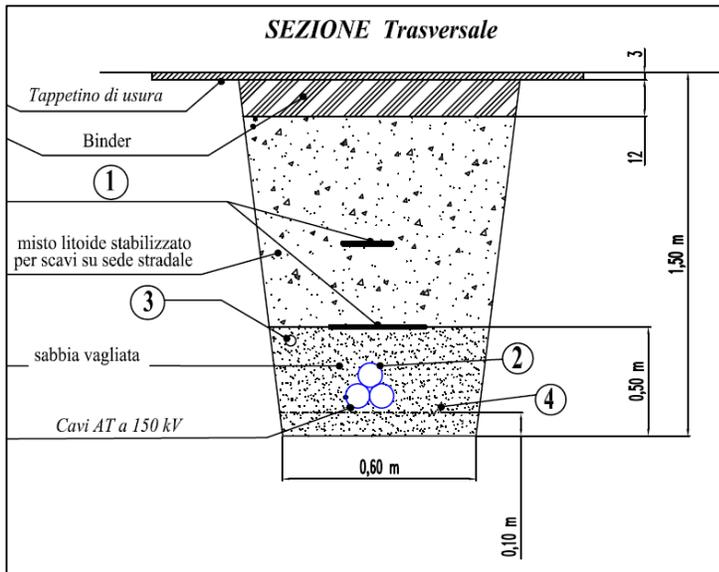
Cavo 150 kV- Conduttori in alluminio 1600 mm ²			
Diametro esterno [mm]	Sezione conduttore [mm ²]	Portata in regime permanente [A]	DPA [m]
110 mm	1600 mm ²	1000 A	2,1

4.5 VALORI DI INDUZIONE MAGNETICA

Induzione magnetica (μT)*	Distanza dal centro del cavo (m)
10,0	1,16
9,0	1,22
8,0	1,30
7,0	1,38
6,0	1,50
5,0	1,64
4,0	1,83
3,0	2,12
Induzione magnetica (μT)	Altezza rispetto al suolo (su asse trasversale) (m)
7,8	0
4,1	0,5
2,5	1,0
1,7	1,5
1,2	2
*i valori di induzione magnetica sono caratterizzati da una incertezza del 5%	

4.6 CONFIGURAZIONE 2

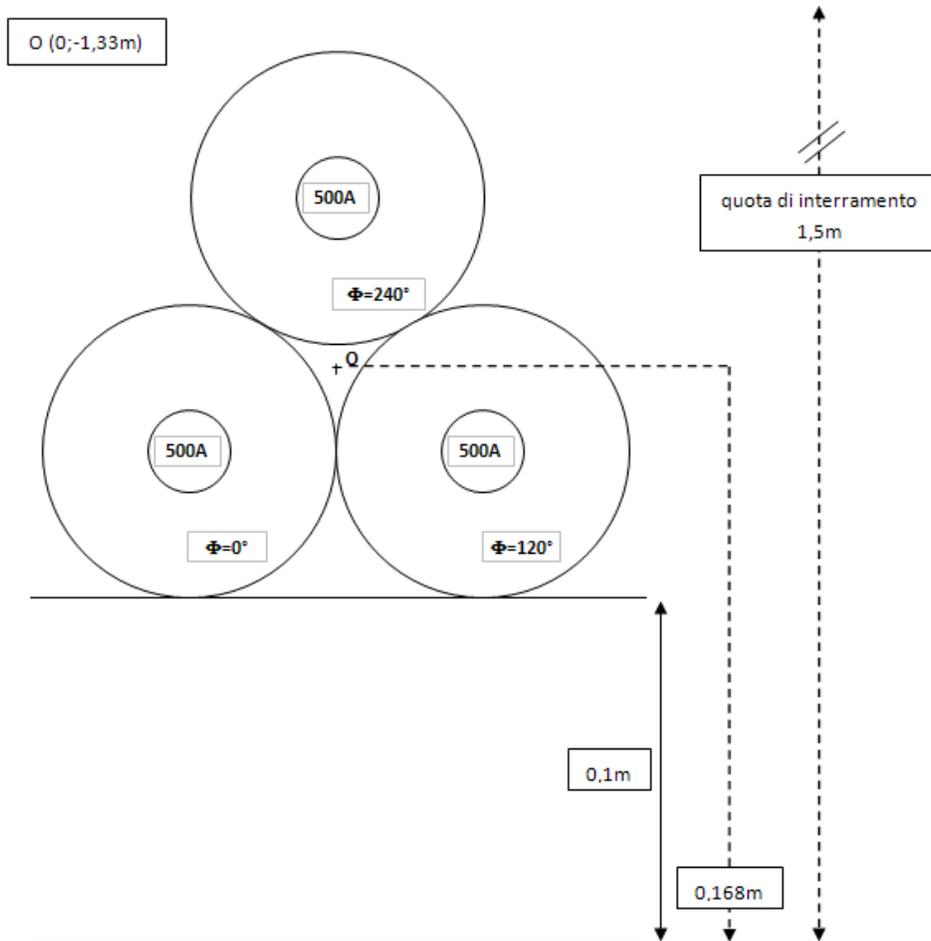
CONDUTTORE UNIPOLARE AT 150 kV- ALLUMINIO 400 mm²- DISPOSIZIONE TRIFOGLIO



- ① - Elementi di segnalazioni cavi
- ② - Cavo AT unipolare
- ③ - Tubo 1 x 50 mm per cavo in fibra ottica
- ④ - Eventuale cavo di terra

5. Parametri utilizzati nella simulazione

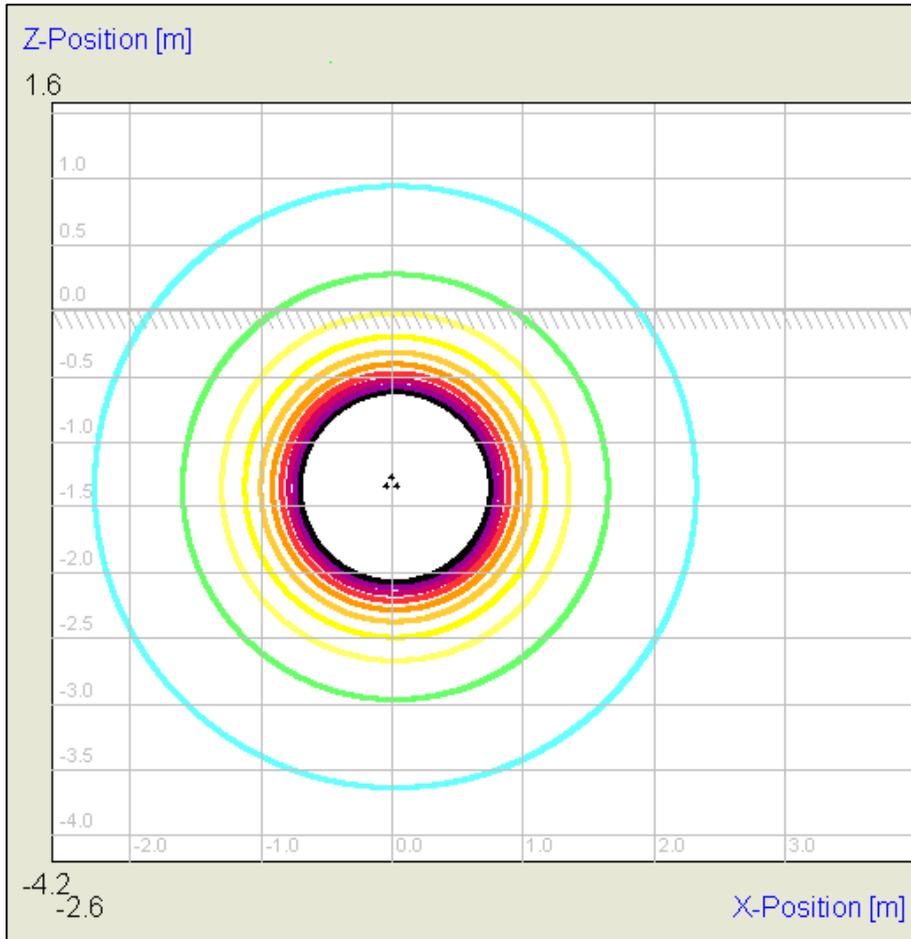
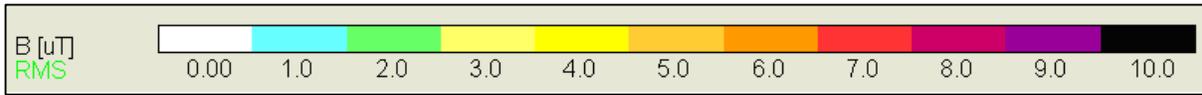
5.1 DISPOSIZIONE DEI CONDUTTORI (AL-400 mm²)

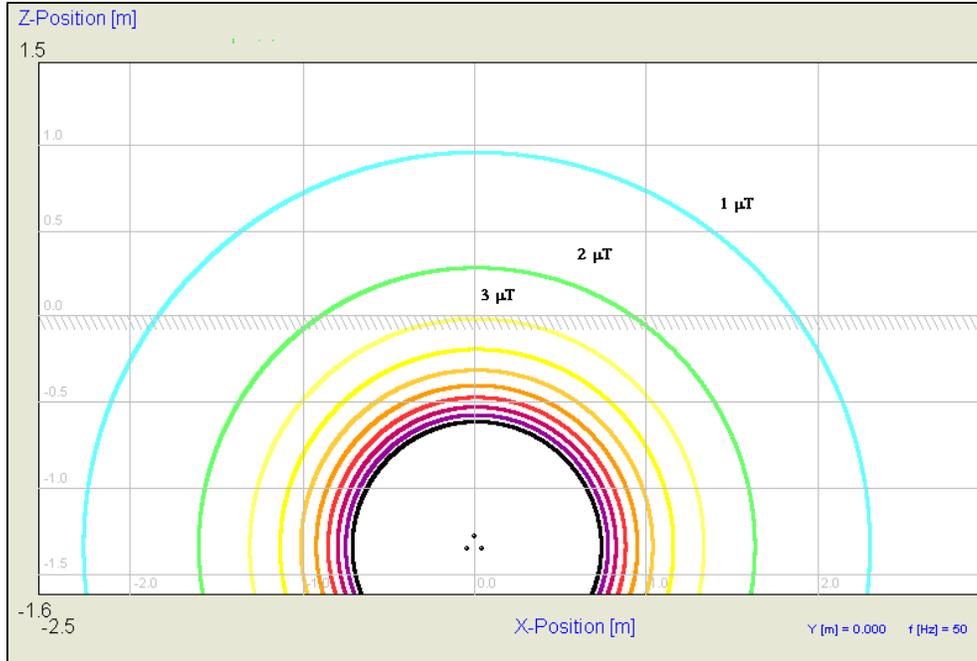


5.2 DISPOSIZIONE DEI CONDUTTORI RISPETTO AL CENTRO O

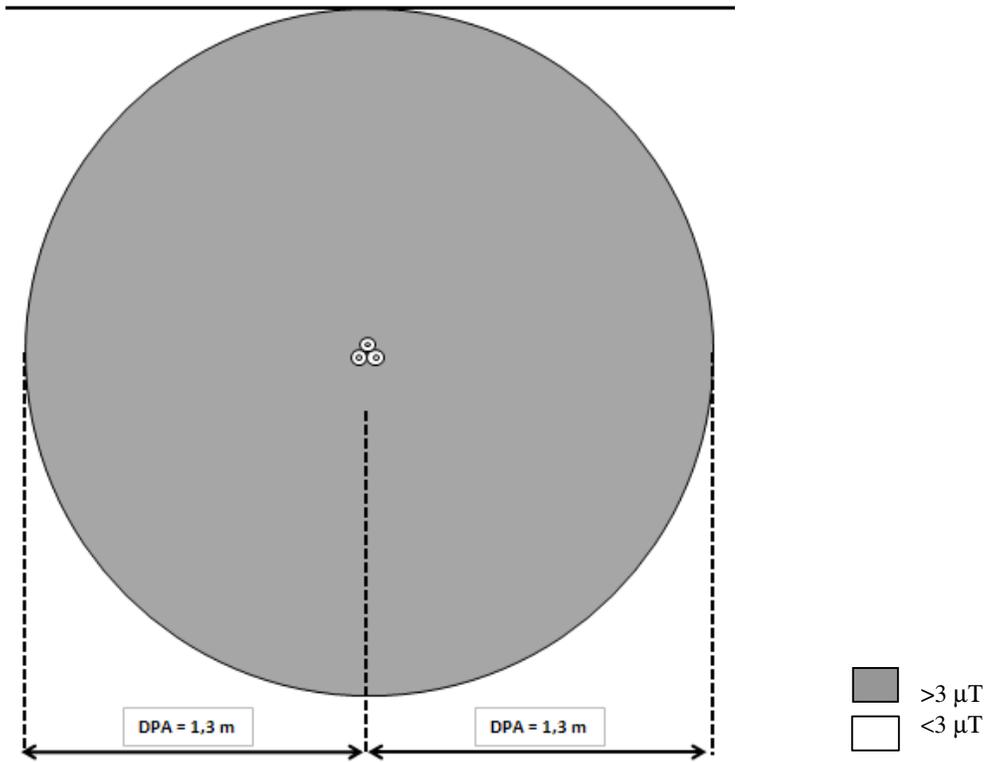
CONDUTTORE	X (mm)	Z (mm)	CORRENTE (A)	FASE
1	-0,0429	-0,0248	500	0°
2	+0,0429	-0,0248	500	120°
3	+0,0000	0,0495	500	240°

5.3 ISOLINEE DI INDUZIONE MAGNETICA (μT) CALCOLATE TRAMITE EFC-400





5.4 RAPPRESENTAZIONE DELLA FASCIA DI RISPETTO E DELLA DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE (D.P.A.)



Cavo 150 kV- Conduttori in alluminio 400 mm²			
Diametro esterno [mm]	Sezione conduttore [mm²]	Portata in regime permanente [A]	DPA [m]
85,8 mm	400 mm ²	500 A	1,3

5.5 VALORI DI INDUZIONE MAGNETICA

Induzione magnetica (μT)	Distanza dal centro del cavo (m)
10,0	0,72
9,0	0,77
8,0	0,85
7,0	0,87
6,0	0,94
5,0	1,03
4,0	1,15
3,0	1,32
Induzione magnetica (μT)	Altezza rispetto al suolo (su asse trasversale) (m)
3,0	0
1,6	0,5
0,9	1,0
0,7	1,5
0,5	2
*i valori di induzione magnetica sono caratterizzati da una incertezza del 5%	

6. Conclusioni

- visti i dati tecnici dei cavi (configurazione 1 e 2) ed i dati di portata in regime permanente forniti dal costruttore Demirer Kablo;
- vista la Legge 22.02.2001 n.36 “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”;

- visto il D.P.C.M. del 08 Luglio 2003 “Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50Hz) generati dagli elettrodotti”;
- visto il Decreto 29 maggio 2008 (*Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti*).

Pertanto:

in riferimento alla portata in regime permanente della configurazione 1 e della configurazione 2 è stata valutata la distanza massima dall’asse della linea a cui compaiono i 3 µT attraverso calcoli teorici.

Tale distanza corrisponde a 2,1 m (configurazione 1) e a 1,3 m (configurazione 2) ed è da considerarsi come l’estensione della fascia di rispetto proiettata al suolo.

Sulla base di quanto previsto dal quadro normativo di riferimento, nella progettazione di nuovi elettrodotti e di nuove aree gioco per l’infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici e luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere che si trovano in prossimità di elettrodotti già presenti nel territorio (esistenti), si deve tener presente il rispetto dell’obiettivo di qualità definito nel D.P.C.M. 8 luglio 2003, e che nelle fasce di rispetto, calcolate secondo il decreto 29 maggio 2008, non deve essere prevista alcuna destinazione d’uso che comporti una permanenza prolungata oltre le quattro ore giornaliere.

Bibliografia

- Legge 22 febbraio 2001, n. 36 "*Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici*";
- D.P.C.M. 08 luglio 2003 "*Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti*".
- Decreto 29 maggio 2008 (*Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti*)
- CEI 11-60 "*Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne con tensione maggiore di 100 kV*".
- “Analisi dei modelli previsionali per la valutazione dell’esposizione a campi ELF (Extremely Low Frequency) nelle aree urbane del Comune di Bologna, quale sperimentazione e validazione di riferimento regionale”, Dipartimento di Fisica (Università di Bologna), Comune di Bologna, Enel, Arpa Emilia Romagna (Sezione di Piacenza).