
ICA ONE srl

Impianto Fotovoltaico "Ardea Solar Plus"

46,7 MW immessi in rete – 50.434 kW installati

*Potenziamento opere della RTN 150kV
localizzate nel comune di Aprilia (LT)*

Relazione sui Campi Elettromagnetici

Rev.	Data	Rif.
1° Emissione	Maggio 2022	V.I.A - P.A.U.Re: Art. 27 bis del D.lgs 152/2006 e D.M. 52/2015





ICA ONE S.R.L.
Via Giuseppe Ferrari, 12
00195 Roma (Italia)
C.F. / P.IVA 15181511005

Indice

1. Scopo del documento	3
2. Descrizione degli Interventi di Potenziamento delle Opere della RTN	4
2.1 Descrizione generale.....	4
2.2 Potenziamento linea aerea “Nuova SE di Smistamento a 150 kV - Aprilia 150”	4
2.3 Apertura e potenziamento della linea interrata 150 kV “Aprilia 150 - S. Rita”	5
3. Calcolo dei Campi Elettromagnetici	9
3.1 Riferimenti Normativi.....	9
3.2 Calcolo dei campi elettrici e magnetici per i tratti aerei.....	12
3.3 Calcolo dei campi elettrici e magnetici per il tratto interrato	15

1. Scopo del documento

Con riferimento alla richiesta di connessione alla RTN di alcuni impianti fotovoltaici, tra cui l'Impianto fotovoltaico "Ardea Solar Plus" della ICA ONE s.r.l., TERNA RETE ITALIA, al fine di garantire possibilità complessiva di accesso alla Rete Elettrica Nazionale 150 kV, nel rispetto delle disposizioni tecnico-normative di cui al Codice di Rete nazionale, ha richiesto alcuni interventi di potenziamento di opere della RTN 150 kV tutte ricadenti nel territorio del comune di Aprilia (LT).

La presente relazione ha come oggetto la valutazione dei campi elettromagnetici relativamente ai predetti interventi di potenziamento.

2. Descrizione degli Interventi di Potenziamento delle Opere della RTN

2.1 Descrizione generale

Secondo specifiche disposizioni di TERNA SpA, gli interventi di potenziamento richieste ai Produttori sono:

- potenziamento di un breve tratto della linea aerea 150 kV esistente “Nuova SE di Smistamento a 150 kV - Aprilia 150”;
- collegamento della Nuova SE di Smistamento a 150 kV (come autorizzata nell’ambito del procedimento dell’impianto “Aprilia Solar Plus” - Rif. Box Regione Lazio 62/2020) in entra-esce anche alla linea 150 kV “Aprilia 150 - S. Rita” con potenziamento di un breve tratto interrato di quest’ultima e lieve ampliamento della Nuova SE di Smistamento a 150 kV per la realizzazione del nuovo collegamento in entra-esce.

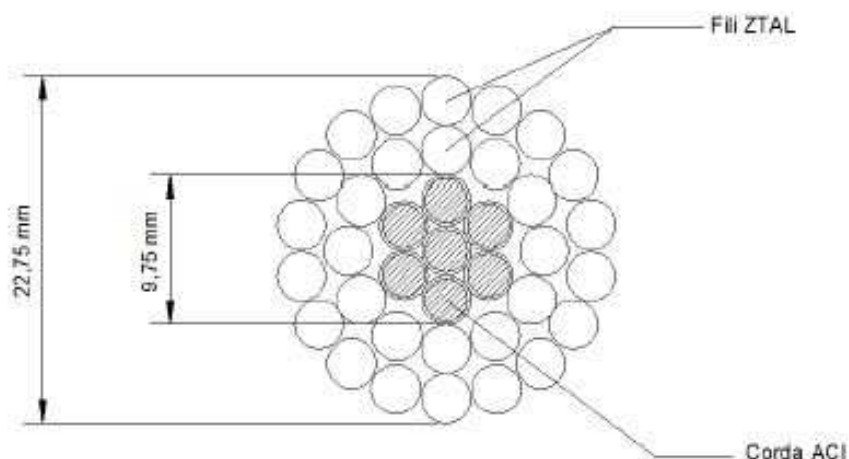
Tutti gli interventi ricadono integralmente nel territorio del Comune di Aprilia (LT).

2.2 Potenziamento linea aerea “Nuova SE di Smistamento a 150 kV – Aprilia 150”

Per tale tratto di linea gli interventi di adeguamento necessari prevedono:

- mantenimento integrale del tracciato e dei tralicci esistenti;
- sostituzione dei conduttori attuali in alluminio-acciaio da 22,80 mm con nuovi conduttori ad alta temperatura AT3 (ZTAL-INVVAR) di diametro complessivo pari a 22,75 mm e portata di corrente maggiore.

Le caratteristiche tecniche del nuovo conduttore sono riportate nella figura sottostante.



FORMAZIONE	AT3	30 x 3,25
	ACI20SA	7 x 3,25
SEZIONI TEORICHE (mm ²)	AT3	248,87
	ACI20SA	Lega Fe-Ni 43,55 Alluminio 14,52
	Totale	58,07
MASSA TEORICA (kg/m)		306,94
RESISTENZA ELETTRICA TEORICA A 20 °C (Ω/km)		1,083
CARICO DI ROTTURA (daN)		0,11068
TEMPERATURA DI TRANSIZIONE NOMINALE (°C)		9872
MODULO ELASTICO FINALE (daN/mm ²)	Corda ACI	119 (*)
	Intero Conduttore	13850
COEFFICIENTE DI DILATAZIONE TERMICA (**) (K ⁻¹)	Corda ACI	7230
	Intero Conduttore	4,7E-6
		18,4E-6

(*) La temperatura di transizione nominale è riferita a un conduttore cordato a 15°C e testato su una campata di 400 m con un tiro base (EDS a 15°C) pari al 21% del carico di rottura.

(**) Valore massimo nell'intervallo di temperatura 100÷180 °C

2.3 Apertura e potenziamento della linea interrata 150 kV "Aprilia 150 - S. Rita"

Il tratto interrato della linea 150 kV esistente "Aprilia 150 - S. Rita" sarà intercettato e aperto in corrispondenza dell'incrocio tra la "SP 13 - via la Cogna" e la strada comunale "via Riserva Nuova".

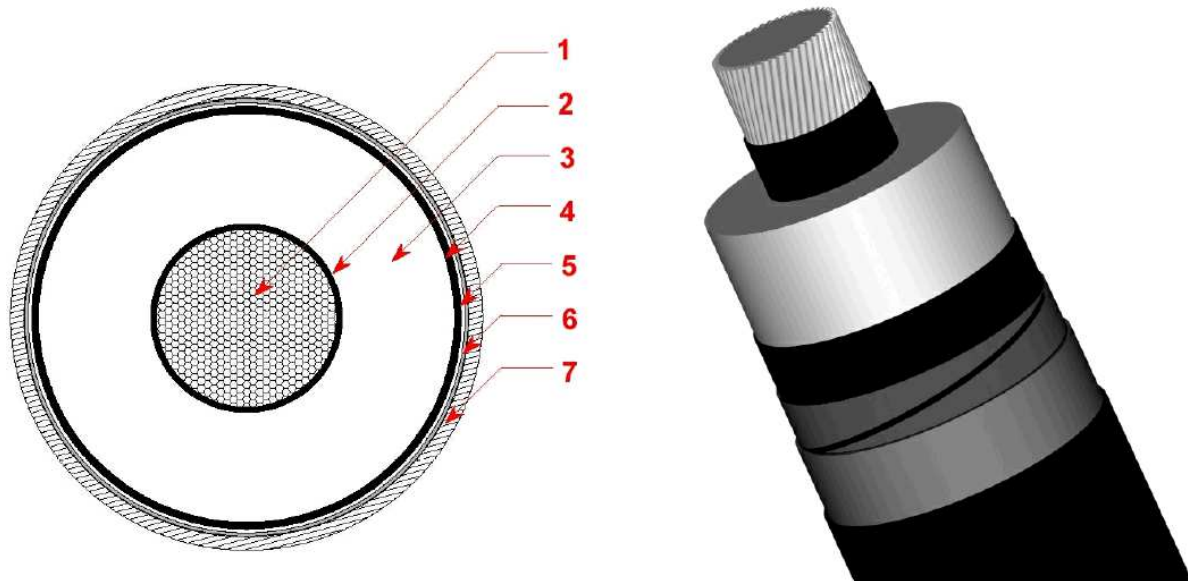
In tale punto sarà realizzata una buca giunti di dimensioni pari a circa 8m * 2,5m e profondità di circa 2m, per effettuare la disconnessione del tratto di cavo esistente

avente lunghezza di circa 360 m fino alla SE esistente Aprilia 150 e la giunzione del cavo per il collegamento verso la Nuova SE di Smistamento a 150 kV. Per tale tratto (convenzionalmente definito "entra"), le caratteristiche del cavo rimarranno invariate.

In seguito all'intervento di apertura si avrà quindi:

- un tratto in cavo interrato, di lunghezza complessiva pari a circa 1.390 metri, di cui circa 490 metri transitanti lungo il lato sud della SP 13 - via la Cogna e circa 900 metri su terreni nella disponibilità della ICA ONE, dalla buca giunti fino alla Nuova SE di Smistamento a 150 kV;
- un tratto, sempre in cavo interrato, dalla Nuova SE di Smistamento a 150 kV fino alla SE esistente Aprilia 150 (definito convenzionalmente "esce"), con conduttore in alluminio avente sezione da 1600 mm², che:
 - per circa 900 metri transiterà su terreni nella disponibilità della ICA ONE;
 - per circa 490 metri transiterà lungo il lato nord della SP 13 - via la Cogna;
 - per circa 360 m sostituirà l'ultimo tratto di linea interrata esistente fino alla SE Aprilia 150.

Si riporta di seguito la sezione tecnica dei conduttori utilizzati:

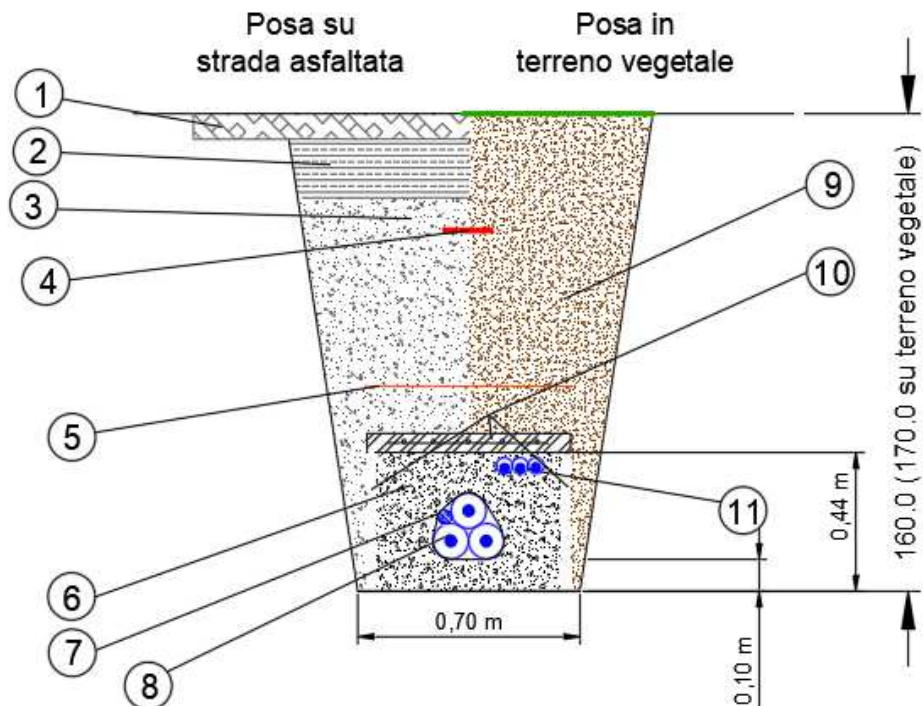


1	Conduttore compatto di Alluminio
2	Schermo del conduttore (Strato semiconduttivo interno)
3	Isolante
4	Schermo dell'isolante (Strato semiconduttivo esterno)
5	Barriera igroscopica
6	Schermo metallico
7	Guaina esterna termoplastica

I cavi saranno interrati ed installati in una trincea della profondità di 1,6 m, con disposizione delle fasi a trifoglio. Nello stesso scavo, a distanza di almeno 0,3 m dai cavi di energia, sarà posato un cavo con fibre ottiche e/o telefoniche per trasmissione dati. Tutti i cavi verranno alloggiati in terreno di riporto, la cui resistività termica, se necessario, verrà corretta con una miscela di sabbia vagliata o con cemento 'mortar'.

Saranno protetti e segnalati superiormente da una rete in PVC e da un nastro segnaletico, ed ove necessario anche da lastre di protezione in cemento armato dello spessore di 6 cm.

La restante parte della trincea verrà ulteriormente riempita con materiale di risulta e di riporto. Gli attraversamenti di eventuali opere interferenti saranno eseguiti in accordo a quanto previsto dalla Norma CEI 11-17. Si riporta di seguito la sezione tipica di posa:



- | | |
|-----------------------------------|---|
| 1 - Tappetino di usura * | 6 - Cemento Mortar tipo UX LK 50 |
| 2 - Binder di sotto fondo * | 7 - Eventuale cavo di terra |
| 3 - Sotto fondo in stabilizzato * | 8 - Cavi AT |
| 4 - Nastro di segnalazione in PVC | 9 - Terreno vegetale |
| 5 - Rete in PVC | 10 - Lastre di protezione in c.a.v UX LK 20 |
| | 11 - Tritubo PEHD - Ø 50 per Cavi di Servizio (Coax, Telefonico). |

* = come prescritto da Amministrazione proprietaria della strada

3. Calcolo dei Campi Elettromagnetici

3.1 Riferimenti Normativi

Tra i principali riferimenti normativi in materia di protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati da linee elettriche e apparati in corrente alternata è utile ricordare le Linee Guida dell'ICNIRP, in particolare:

- Linee Guida per la limitazione dell'esposizione a campi elettrici e magnetici variabili nel tempo (1Hz - 100 KHz) (2010), che hanno sostituito le precedenti Linee Guida del 1982 introducendo nuovi limiti basati sul campo elettrico indotto e non più sulla corrente elettrica indotta.

Con riferimento all'esposizione della popolazione, è utile menzionare a livello europeo la:

- Raccomandazione del Consiglio dell'Unione Europea del 12 Luglio 1999 relativa alla limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici fino a 300 GHz (n. 1999/519/CE) che ha recepito le Linee Guida dell'ICNIRP fino a quel momento emesse, oggi sostituite dalle più recenti "Linee Guida per la limitazione dell'esposizione a campi elettrici e magnetici variabili nel tempo del 1998",

chiedendo agli Stati membri che le disposizioni nazionali relative alla protezione dall'esposizione ai campi elettromagnetici si uniformassero alle stesse.

Come precisa la stessa Raccomandazione, i limiti derivati sulla base degli effetti a breve termine provati, adottano fattori di sicurezza pari a 50 che implicitamente tutelano anche da possibili effetti a lungo termine, ad oggi non provati.

A livello nazionale il quadro normativo è rappresentato da:

- Legge quadro 22 febbraio 2001 n. 36 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici" [si applica a frequenze comprese tra 0 Hz e 300 GHz];

- DPCM 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 (50Hz) generati dagli elettrodotti";
- Decreto 29 maggio 2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti" [si applica alle linee esercite alla frequenza di rete (50Hz)].

I principali riferimenti tecnici per il calcolo dei valori di campo elettrico e magnetico sono rappresentati dalle norme tecniche CEI, in particolare:

- Norma CEI 106-11 "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo" Prima edizione, 2006;
- Norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche" Seconda edizione, 2008.

Nonché relativamente alla corrente da utilizzare per il calcolo:

- Norma CEI 11-60 "Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne con tensione maggiore di 100 kV" Seconda edizione, 2002.

LIMITI DI RIFERIMENTO

I livelli di riferimento raccomandati dall'ICNIRP per la popolazione, oggetto di recente revisione, sono, per le linee elettriche esercite alla frequenza di rete (50 Hz):

- campo elettrico: 5 kV/m (valori efficaci)
- campo magnetico: 200 mT (valori efficaci)

A livello europeo la Raccomandazione del Consiglio dell'Unione Europea del 12 Luglio 1999 ha invece recepito i valori indicati dalle precedenti Linee Guida dell'ICNIRP (Linee Guida per la limitazione dell'esposizione a campi elettrici e magnetici variabili nel tempo del 1998); tali valori sono quindi per le linee elettriche esercite alla frequenza di rete (50 Hz):

- campo elettrico: 5 kV/m (valori efficaci);
- campo magnetico: 100 mT (valori efficaci).

In ambito nazionale, ai fini della protezione della popolazione, la legge n. 36 del 22 febbraio 2001 e il successivo D.P.C.M. 8 luglio 2003 hanno introdotto, relativamente alla frequenza di rete di 50 Hz, i seguenti limiti:

Limite di esposizione:

- 5 kV/m per il campo elettrico;
- 100 mT per l'induzione magnetica,
(da intendersi come valori efficaci) (RMS values)

Valore di attenzione:

- 10 mT per l'induzione magnetica,
(da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio)

Obiettivo di qualità:

- 3 mT per il valore dell'induzione magnetica,
(da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio).

Mentre i limiti di esposizione si applicano in ogni condizione di esposizione, i valori di attenzione si applicano nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere nel caso di linee esistenti nei confronti di edificato esistente. Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz si applicano invece gli obiettivi di qualità.

Di seguito un prospetto dei limiti attualmente vigenti:

f (Hz)	ICNIRP (2010)		Racc.Cons.Europeo 12/07/99		D.Lgs 36/01 + DPCM 8/07/2003	
	E (kV/m)	B (μT)	E (kV/m)	B (μT)	E (kV/m)	B (μT)
50	5	200	5	100	5	100 (1) 10 (2) 3 (3)

(1) limite di esposizione (2) valore di attenzione (3) obiettivo di qualità

3.2 Calcolo dei campi elettrici e magnetici per i tratti aerei

La linea elettrica aerea, durante il suo normale funzionamento, genera un campo elettrico ed un campo magnetico. Il primo è proporzionale alla tensione della linea stessa.

Il campo magnetico prodotto da una sorgente lineare è fisicamente dipendente dal valore di corrente di linea e dalla distanza dalla linea stessa; in seconda istanza il campo magnetico dipende dalle caratteristiche fisiche della linea (materiale conduttore, isolante, etc.) e del mezzo attraverso il quale il campo viene trasmesso (aria, terreno, etc.).

Il calcolo del valore del campo magnetico nel caso in esame è possibile attraverso l'utilizzo della Legge di Biot-Savart:

$$\vec{B}_0 = \frac{\mu_0 i \hat{l} \times \vec{r}}{4\pi r^3}$$

dove:

B₀ è il campo magnetico;

r è la distanza lineare dalla sorgente;

i è l'intensità di corrente;

μ_0 è la permeabilità magnetica (qui espressa come permeabilità magnetica del vuoto; nel nostro caso la permeabilità magnetica sarà quella dei mezzi attraversati dal campo: isolanti, pareti, terreno, etc.).

Il campo magnetico pertanto cresce all'aumentare della corrente e diminuisce all'aumentare della distanza; per distanze apprezzabili (già nell'ordine di qualche decina di centimetri, e comunque inferiori al metro) il suo valore decresce approssimativamente con il quadrato della distanza geometrica ($1/r^2$ conseguenza della presenza nella formula di r sia al numeratore che al denominatore).

Tramite software dedicato sono state elaborate delle simulazioni per determinare il valore di induzione magnetica, e le relative curve isocampo, generate dalla linea in progetto.

Le caratteristiche geometriche dei sostegni relativi ai diversi tronchi di palificazione sono state integrate con i dati elettrici dell'elettrodotto in progetto che vengono di seguito riassunti.

Per la linea aerea "Nuova SE di Smistamento a 150 kV - Aprilia 150":

- Tensione nominale: 150 kV;
- Corrente: 1.135 A;
- Frequenza: 50 Hz.

Il complesso dei parametri è stato quindi elaborato tramite il già citato software, il cui output, per semplicità d'interpretazione, consiste in curve di andamento dell'induzione magnetica, determinate in un piano verticale ortogonale all'asse della linea.

Lo stesso procedimento è stato usato per il calcolo del campo elettrico.

Per quanto riguarda la geometria del sostegno utilizzato per il calcolo, cautelativamente è stato considerato il sostegno di tipo E, che presenta la maggiore distanza tra le fasi.

Le figure seguenti mostrano come:

- relativamente al campo magnetico l'obiettivo di qualità si raggiunge ad una distanza di circa 23 m dall'asse dell'elettrodotto;

- relativamente al campo elettrico il valore rilevato è sempre ampiamente al di sotto dei limiti di legge.

Viste le caratteristiche geometriche della linea aerea (altezza dei tralicci e franco minimo da terra), nonché la distanza del tracciato dai più vicini recettori sensibili (abitazioni, etc...) l'obiettivo qualità risulta rispettato lungo l'intero tracciato aereo.

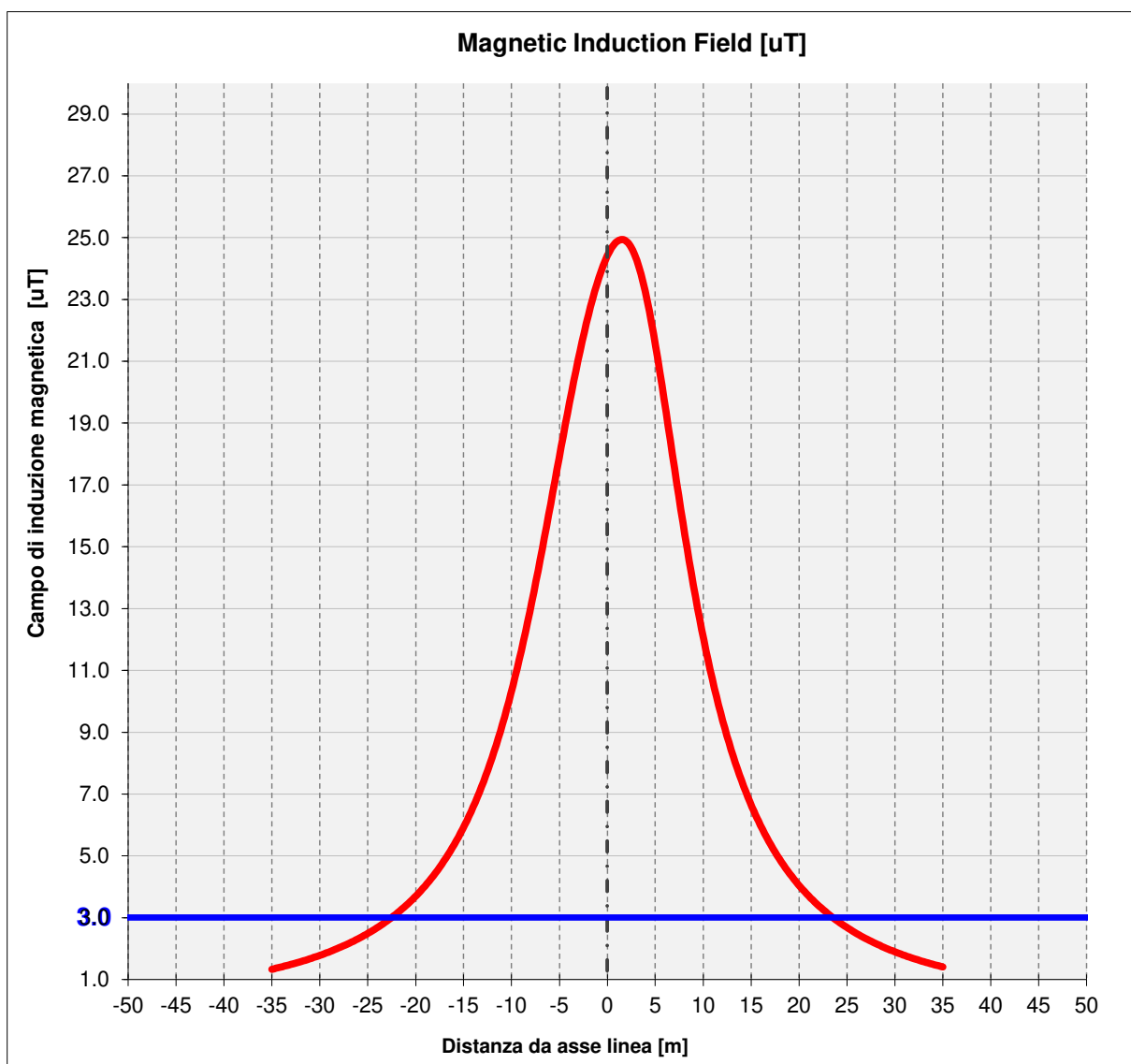


Fig.1: andamento dell'induzione magnetica in una sezione perpendicolare all'asse linea con conduttori disposti a triangolo, calcolata a 1,5 m dal suolo in caso di franco minimo (obiettivo di qualità pari a 3 μ T)

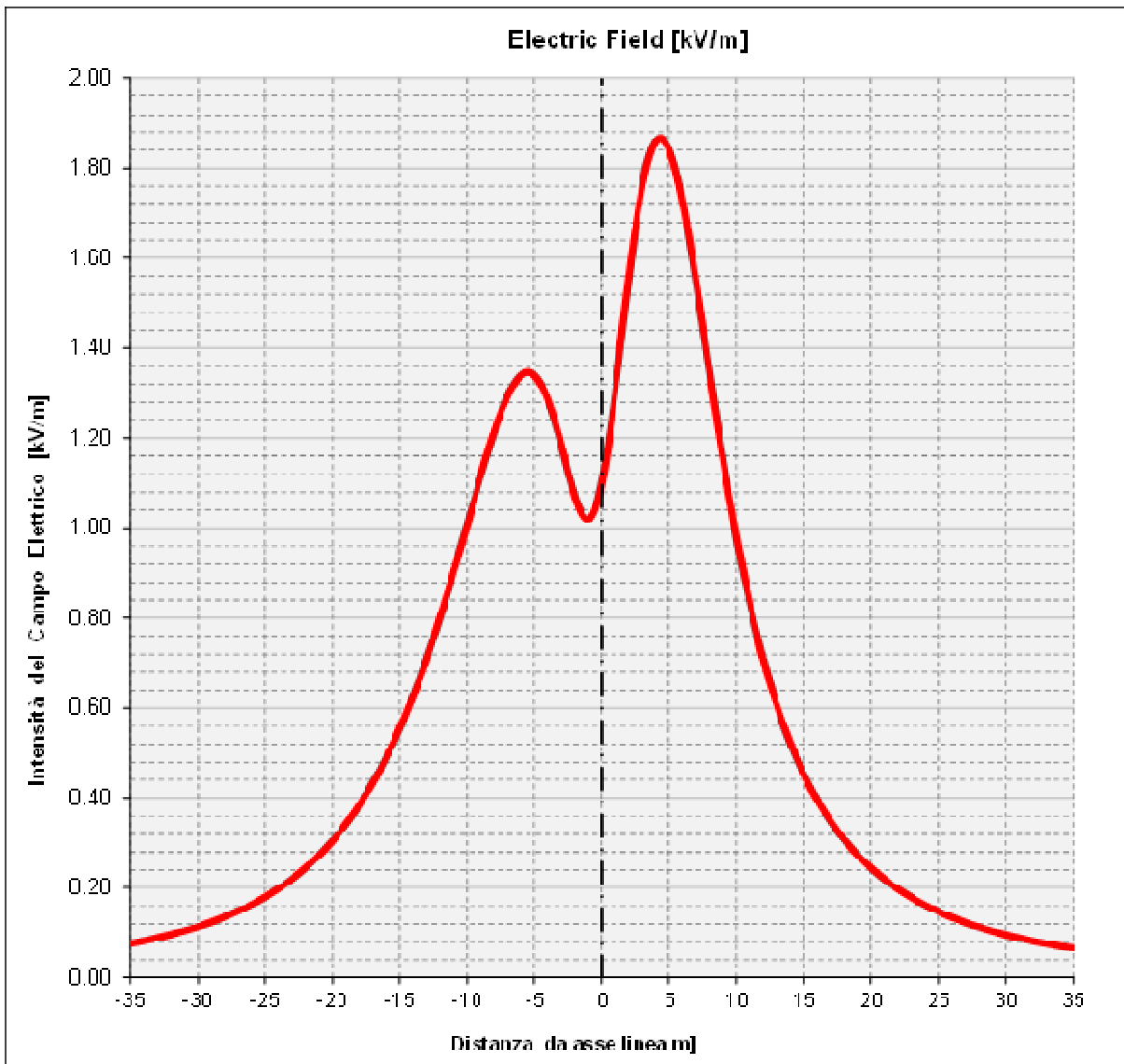


Fig.2: andamento del campo elettrico in una sezione perpendicolare all'asse linea, calcolato a 1,5 m dal suolo

3.3 Calcolo dei campi elettrici e magnetici per il tratto interrato

Anche per il tratto di elettrodotto interrato valgono i principi di calcolo di cui al paragrafo precedente.

Tramite software dedicato sono state elaborate delle simulazioni per determinare il valore di induzione magnetica, e le relative curve isocampo, generate dalla linea in progetto.

Le caratteristiche geometriche della terna di cavi unipolari interrati sono state integrate con i dati elettrici del cavidotto.

Il complesso dei parametri è stato quindi elaborato tramite il già citato software, il cui output, per semplicità d'interpretazione, consiste in curve di andamento dell'induzione magnetica, determinate in un piano verticale ortogonale all'asse della linea.

Come si vede, per tale configurazione della terna di cavi unipolari interrata, tenuto conto che **il calcolo è effettuato a 1m dal suolo**, il valore dell'induzione magnetica è sempre ampiamente al di sotto del limite di qualità di 3 mT.

Non si riporta invece l'andamento del campo elettrico del cavo in quanto è sempre nullo esternamente allo schermo esterno dello stesso.

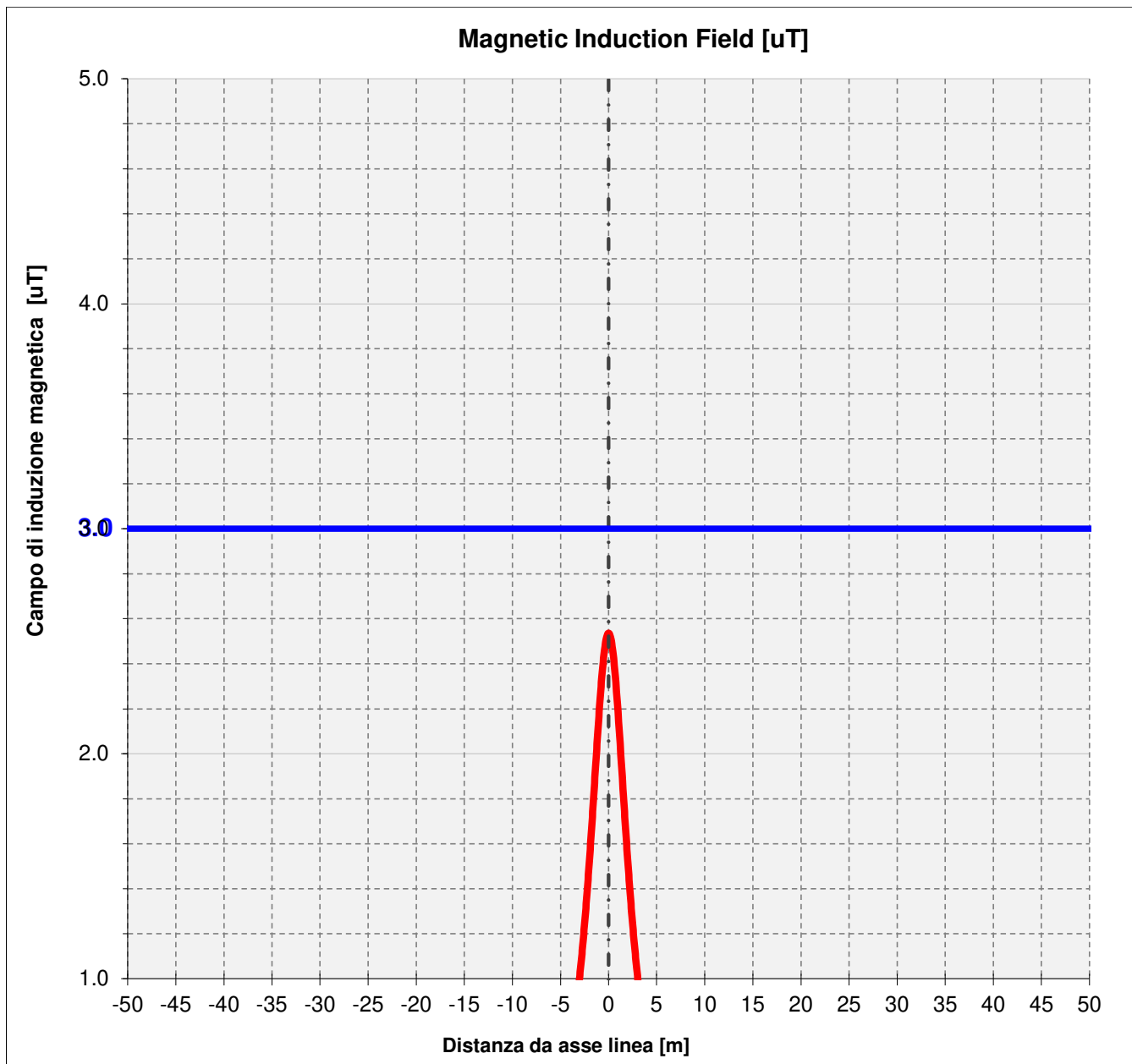


Fig.3: andamento dell'induzione magnetica in una sezione perpendicolare all'asse linea, calcolata a 1 m dal suolo (obiettivo di qualità pari a $3 \mu T$)