



REGIONE  
SICILIANA



LIBERO CONSORZIO  
COMUNALE DI PALERMO



COMUNE DI  
CORLEONE



COMUNE DI  
CONTESSA  
ENTELLINA



COMUNE DI  
MONREALE



COMUNE DI  
PIANA DEGLI  
ALBANESI



COMMITTENTE:

**RWE**

RWE RENEWABLES ITALIA S.R.L.  
via A. Doria, 41/G - 00192 ROMA (RM)  
P.IVA/C.F. 06400370968  
pec: rwerenewablesitaliasrl@legalmail.it

Titolo del Progetto:

**PARCO EOLICO CORLEONE-CONTESSA**

Documento:

**PROGETTO DEFINITIVO**

N° Documento:

**PELE-P-0202**

ID PROGETTO:

**PELE**

DISCIPLINA:

**P**

TIPOLOGIA:

**R**

FORMATO:

**A4**

TITOLO:

**Relazione sui campi elettromagnetici**

FOGLIO:

SCALA:

FILE:

**PELE-P-0202\_00.doc**

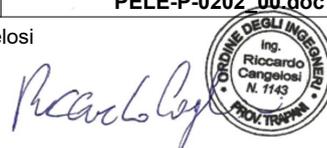
Progetto:

ing. Riccardo Cangelosi



**REWIND ENERGY S.R.L.S.**  
viale Europa, 249 - 91011 ALCAMO (TP)  
P.IVA/C.F. 02785820818  
pec: rewindenergy@pec.it

ing. Gaetano Scurto



Rev:	Data Revisione	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
00	13.12.2022	PRIMA EMISSIONE	AB	GS	REWIND ENERGY

## INDICE

1. PREMESSE.....	2
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	4
3. METODOLOGIE DI CALCOLO.....	6
4. CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI GENERATI DALLA SSE RWE.....	8
4.1 IPOTESI DI CALCOLO.....	8
4.2 VALORI DI CALCOLO.....	8
5. CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI GENERATI DALL’ELETTRODOTTO INTERRATO.....	12
5.1 IPOTESI DI CALCOLO.....	12
5.2 CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO A FREQUENZA INDUSTRIALE.....	13
5.2.1 <i>Campo elettrico</i> .....	13
5.2.2 <i>Campo magnetico</i> .....	13
5.3 VALORI DI CALCOLO.....	14
6. FASCIA DI RISPETTO.....	15
6.1 ANALISI DEI VALORI.....	16

## 1. PREMESSE

La presente relazione ha lo scopo di fornire i dati sullo studio dei campi elettromagnetici generati dagli impianti di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) del parco eolico denominato "Leo" (di seguito il "Progetto" o "l'Impianto") - con potenza pari a 79,20 MW - che la società RWE RENEWABLES ITALIA S.R.L. (di seguito la "Società" o "RWE") intende realizzare nei Comuni di Corleone e Contessa Entellina (PA) con impianti per la connessione che interessano i comuni di Monreale e Piana degli Albanesi (PA).

Gli impianti di connessione alla RTN sono stati progettati in conformità alla Soluzione tecnica minima generale di connessione, comunicata dalla società TERNA in data 21.12.2021 con nota prot. N. Rif. GRUPPO TERNA/P20210100750-10.12.2021– cod. pratica 202100575.

Lo schema di connessione, come riportato nella suddetta soluzione di connessione, prevede che la centrale elettrica verrà collegato in antenna a 220 kV con una nuova stazione elettrica di smistamento della RTN a 220 kV in doppia sbarra da collegare in entra - esce sulla linea a 220 kV della RTN "Partinico - Ciminna" per la consegna dell'energia prodotta alla RTN.

La soluzione prevede l'installazione di uno stallo comune con altri utenti che raccoglierà l'energia trasformata a 220 KV nelle stazioni utenti adiacenti. Dallo stallo comune il collegamento alla nuova stazione di smistamento della RTN avverrà tramite cavo interrato AT a 220 KV.

Lo stallo dedicato di consegna all'interno della stazione RTN raccoglierà l'energia consegnata tramite il cavo AT e sarà anch'esso in comune con altri produttori.

Le opere dell'impianto di utenza per la connessione ricadono nel territorio del comune di Monreale in C/da Ducotto, tali aree sono individuate nel PRG del comune di Monreale nella ZTO E1, zona agricola.

In questa fase per la determinazione dei valori di intensità del campo elettromagnetico dei cavi interrati è stata presa come riferimento la norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche" e della 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 I".

La verifica consisterà nel calcolare la Dpa, ossia la "distanza di prima approssimazione" per l'induzione magnetica pari a 3  $\mu\text{T}$  (obiettivo qualità), distanza più cautelativa rispetto alla fascia di rispetto, assicurando quindi la certezza del rispetto della Legislazione vigente in materia.

Per le opere di rete per la connessione si rimanda al progetto definitivo redatto nell'ambito del tavolo tecnico convocato da TERNA per lo sviluppo del progetto definitivo della stazione di smistamento e dei raccordi con la linea a 220 KV esistente.

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Si riportano di seguito i principali riferimenti Legislativi e Normativi sull'argomento:

- DL 81/2008 del 09/04/2008 - Testo Unico in materia di sicurezza sui luoghi del lavoro;
- attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n° 123;
- Legge N°186 del 1968 Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, installazioni ed impianti elettrici ed elettronici;
- Legge N°791 del 18/10/1977 Attuazione della direttiva del consiglio delle Comunità europee (n. 72/23/CEE) relativa alle garanzie di sicurezza che deve possedere il materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro alcuni limiti di tensione;
- DM N°37 del 22/01/2008 (Nuova Legge 46/90) Norme per la sicurezza degli impianti;
- DL 29/05/2008 Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti (Supplemento ordinario N°160 alla Gazzetta Ufficiale 5 Luglio 2008 N°156);
- DPCM 08/07/2003 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;
- CEI 11-1 e sua variante V1 - Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata (EX SC 11A);
- CEI 11-37 Guida per l'esecuzione degli impianti di terra nei sistemi utilizzatori di energia alimentati a tensione maggiore di 1 kV;
- 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;
- CEI 106-12 Guida pratica ai metodi e criteri di riduzione dei campi magnetici prodotti dalle cabine elettriche MT/BT;
- CEI 17-13/1 (CEI EN 60439-1) Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) - Parte 1: Apparecchiature soggette a prove di tipo (AS) e apparecchiature parzialmente soggette a prove di tipo (ANS);

- CEI 44-5 (CEI EN 60204-1) Sicurezza del macchinario - Equipaggiamento elettrico delle macchine;
- CEI 64-8 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 Volt in corrente alternata e a 1500 Volt in corrente continua;
- CEI 81-10/1/2/3/4 (CEI EN 62305-1-2-3-4) Protezione contro i fulmini;
- CEI 0-14 DPR 22 ottobre 2001, n.462. Guida all'applicazione del DPR 462/01 relativo alla semplificazione del procedimento per la denuncia di installazioni e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, di dispositivi di messa a terra degli impianti elettrici e di impianti elettrici pericolosi;
- CEI 0-15 Manutenzione delle cabine elettriche MT/Bt dei clienti/utenti finali.
- Norma CEI 211/4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche";
- Norma CEI 20/21 "Calcolo delle portate dei cavi elettrici. Parte 1 in regime permanente
- Norma CEI 11/17 "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia – Linee in cavo".

### 3. METODOLOGIE DI CALCOLO

Come detto, per la determinazione dei valori di intensità del campo elettromagnetico dei cavi interrati è stata presa come riferimento la norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche" e la 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 I".

E' stata quindi impostata la geometria dei conduttori, dove le dimensioni sono espresse in mm, e sono state utilizzate le formule generali del campo elettromagnetico.

$$B_{\theta 1}(r) := \mu_0 \cdot \frac{I_1 \cdot \left[ r - \left( 2 \cdot \frac{a}{\sqrt{3}} \right) \cdot \cos(\theta) \right]}{2 \cdot \pi \cdot \left[ r^2 + \left( 4 \cdot \frac{a^2}{3} \right) - \left( 4 \cdot r \cdot \frac{a}{\sqrt{3}} \right) \cdot \cos(\theta) \right]}$$

$$B_{\theta 2}(r) := \mu_0 \cdot \frac{I_2 \cdot \left[ r + \left( \frac{a}{\sqrt{3}} \right) \cdot \cos(\theta) + a \cdot \sin(\theta) \right]}{2 \cdot \pi \cdot \left[ r^2 + \left( 4 \cdot \frac{a^2}{3} \right) + 2 \cdot r \cdot a \cdot \left[ \left( \frac{\cos(\theta)}{\sqrt{3}} \right) - \sin(\theta) \right] \right]}$$

$$B_{\theta 3}(r) := \mu_0 \cdot \frac{I_3 \cdot \left[ r + \left( \frac{a}{\sqrt{3}} \right) \cdot \cos(\theta) - a \cdot \sin(\theta) \right]}{2 \cdot \pi \cdot \left[ r^2 + \left( 4 \cdot \frac{a^2}{3} \right) + 2 \cdot r \cdot a \cdot \left[ \left( \frac{\cos(\theta)}{\sqrt{3}} \right) - \sin(\theta) \right] \right]}$$

$$B_{\theta}(r) := B_{\theta 1}(r) + B_{\theta 2}(r) + B_{\theta 3}(r)$$

$$B_{m\theta}(r) := |B_{\theta}(r)|$$

Dove:

B( r )	intensità campo magnetico
I1, I2, I3	correnti di fase
a	interdistanza conduttori (50 mm)
$\mu_0$	permeabilità magnetica
r	distanza dai centro dei conduttori
$\Theta$	angolo tra r e centro conduttori (valore massimo per $\Theta = 0$ )

Per le linee aeree trifase a semplice terna si è utilizzata la seguente:

$$B = \frac{P \cdot I}{R^2} \cdot 0,2 \cdot \sqrt{3} \quad [\mu\text{T}] \quad 1)$$

Dove:

- P [m] è la distanza fra i conduttori adiacenti (in caso di distanze differenti, P diventa la media delle distanze fra i conduttori esterni e quello centrale),
- I [A] è la corrente, simmetrica ed equilibrata, che attraversa i conduttori,
- R [m] è la distanza dal baricentro dei conduttori alla quale calcolare l'induzione magnetica B (la formula è valida per  $R \gg P$ ).

Per le linee in cavo interrato con cavi unipolari posati a trifoglio si è utilizzata la seguente:

$$B = \frac{P \cdot I}{R^2} \cdot 0,1 \cdot \sqrt{6} \quad [\mu\text{T}] \quad 2)$$

Con la stessa simbologia della formula 1).

## **4. CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI GENERATI DALLA SSE RWE**

Per la determinazione del campo elettromagnetico nella stazione utente si è considerato in via preliminare il calcolo semplificato, considerando l'effetto prodotto delle sbarre AT della stazione. Si è quindi applicata la formula 1) per la determinazione del campo magnetico generato alle diverse distanze dalle stesse.

### **4.1 IPOTESI DI CALCOLO**

I calcoli eseguiti tengono conto della terna di sbarre posate in orizzontale.

L'andamento risultante dei suddetti campi è stato calcolato in base alle seguenti ipotesi:

- N. 1 elettrodotto aereo a tensione 220 kV;
- N. 1 conduttore per fase senza isolamento
- Valore nominale della tensione 220 kV;
- sezione del conduttore: 1000 mmq
- Portata Nominale della corrente 1.000 A;
- Portata di corrente al limite termico 1.000 A;
- Altezza sbarre 9,00 m;
- Distanziamento interasse dei conduttori 3,2 m;

Il valore di portata al limite termico previsto dalla norma CEI 11-60 "Portate al limite termico delle linee elettriche aeree esterne con tensione maggiore di 100 kV" viene fissato uguale a quello previsto per la portata nominale poiché i valori di portata massima delle apparecchiature, a monte e a valle dell'elettrodotto in esame, sono notevolmente inferiori a detto valore.

Tale ipotesi rappresenta comunque una scelta cautelativa considerato che i valori di corrente effettivamente circolanti saranno sicuramente minori di quelli citati.

### **4.2 VALORI DI CALCOLO**

I calcoli eseguiti hanno permesso di individuare la DPA che in questo caso è pari a 19.50 m.

Si riportano di seguito la tabella con i valori dell'induzione magnetica calcolata e la figura rappresentativa della variazione dell'induzione magnetica al variare dalla distanza dalle sbarre.

DISTANZA a [m]	INDUZIONE MAGNETICA B [ $\mu$ T]
1	1108,51
1,5	492,67
2	277,13
2,5	177,36
3	123,17
3,5	90,49
4	69,28
4,5	54,74
5	44,34
5,5	36,65
6	30,79
6,5	26,24
7	22,62
7,5	19,71
8	17,32
8,5	15,34
9	13,69
9,5	12,28
10	11,09
10,5	10,05
11	9,16
11,5	8,38
12	7,70
12,5	7,09
13	6,56
13,5	6,08
14	5,66
14,5	5,27
15	4,93
15,5	4,61
16	4,33
16,5	4,07
17	3,84
17,5	3,62
18	3,42
18,5	3,24
19	3,07
19,5	2,92
20	2,77

Tabella 4.2.1 variazione dell'induzione magnetica al variare della distanza dalle sbarre.

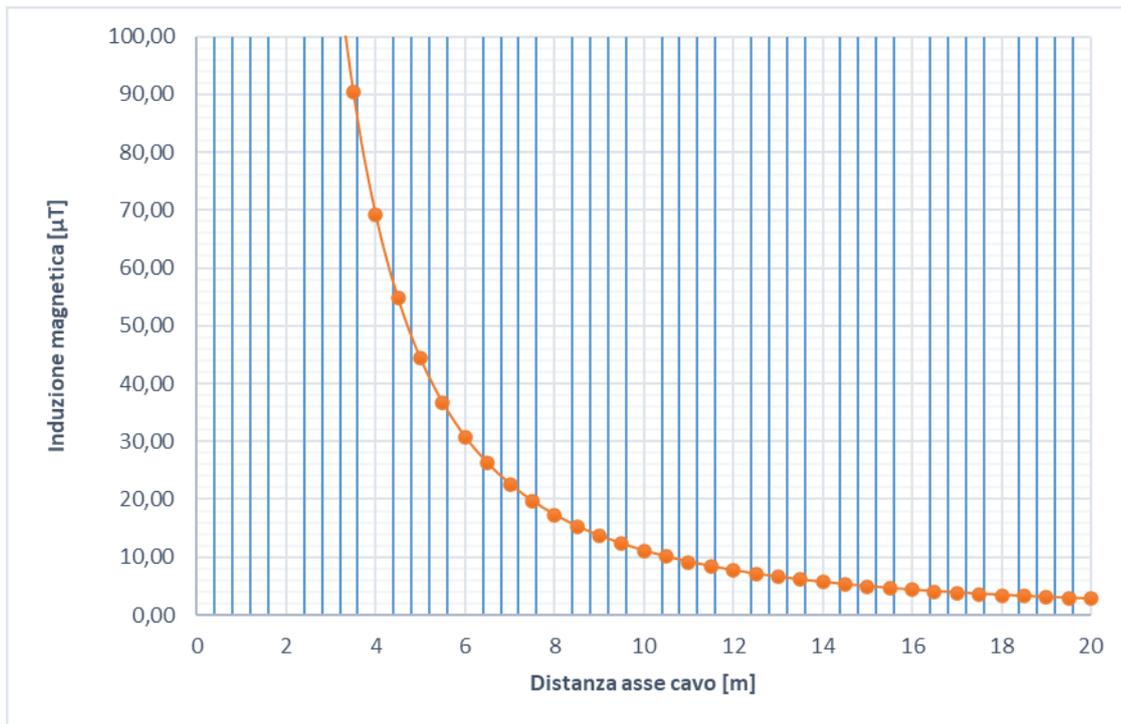


Figura 4.2.1 Variazione dell'induzione magnetica al variare della distanza dalle sbarre.

## 5. CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI GENERATI DALL'ELETTRODOTTO INTERRATO

La trattazione che segue è finalizzata alla valutazione dei presumibili livelli di emissione di campo elettrico e di induzione magnetica per l'elettrodotto in cavo interrato in progetto di collegamento tra lo stallo di consegna in comune tra gli utenti e la nuova stazione di smistamento della RTN.

### 5.1 IPOTESI DI CALCOLO

I calcoli eseguiti tengono conto di una terna di cavi prevedendo una configurazione di posa all'interno di una trincea profonda 1,5 m.

L'andamento risultante dei suddetti campi è stato calcolato in base alle seguenti ipotesi:

- N. 1 elettrodotto interrato a tensione 220 kV;
- N. 1 conduttore per fase con isolamento estruso
- Valore nominale della tensione 220 kV;
- Sezione del conduttore: 1.600 mm<sup>2</sup>
- Portata Nominale della corrente 1.000 A;
- Portata di corrente al limite termico 1.000 A;
- Profondità di interramento 1,5 m;
- Distanziamento interasse dei conduttori 25 cm;

Il valore di portata al limite termico previsto dalla norma CEI 11-60 "Portate al limite termico delle linee elettriche aeree esterne con tensione maggiore di 100 kV" viene fissato uguale a quello previsto per la portata nominale poiché i valori di portata massima delle apparecchiature, a monte e a valle dell'elettrodotto in esame, sono notevolmente inferiori a detto valore.

Tale ipotesi rappresenta comunque una scelta cautelativa considerato che i valori di corrente effettivamente circolanti nei cavi saranno sicuramente minori di quelli citati.

Si precisa inoltre che è stata ipotizzata una posa dei conduttori in piano con un sistema di collegamento a terra degli schermi metallici del tipo solid bonding che rappresenta anch'essa un'ipotesi cautelativa ai fini del calcolo dei campi magnetici.

## **5.2 CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO A FREQUENZA INDUSTRIALE**

L'andamento dei campi, rappresentato nei grafici e nelle tabelle di seguito riportati, sono riferiti all'asse linea e ad altezze dal suolo pari a 1 m (simulazione della zona addominale di un individuo che si trova sul piano di campagna in prossimità dell'elettrodotto).

### **5.2.1 Campo elettrico**

Per i cavi interrati, il campo elettrico al suolo può essere considerato nullo in quanto i cavi sono protetti da uno schermo metallico che limita quasi del tutto i suoi effetti. Il rispetto, pertanto, della normativa vigente è sempre garantito indipendentemente dalla distanza di manufatti e persone dall'elettrodotto.

### **5.2.2 Campo magnetico**

Il valore di induzione magnetica è variabile in funzione dell'intensità della corrente elettrica che percorre il cavo e dal tipo di posa dello stesso.

Diversamente dal campo elettrico, il livello di mitigazione del valore di induzione magnetica dovuta alla presenza di schermi protettivi non rende il campo magnetico trascurabile, bisogna quindi calcolare il valore di campo magnetico per verificare che la configurazione ipotizzata rientri nei limiti imposti dalla normativa vigente.

Legge n° 36 del 22/02/2001 prevede che il valore di induzione magnetica sia fornito come media dei valori assunti nell'arco di 24 ore, nelle normali condizioni di esercizio. Non essendo prevedibile l'andamento nelle 24 ore delle correnti nei cavi (che sono la causa del campo magnetico), si è preferito, prudenzialmente, eseguire i calcoli supponendo le correnti costanti in tale intervallo di tempo e corrispondenti ai valori di portata al limite termico dei conduttori.

Inoltre, come già detto, si ipotizza di posizionare i cavi ad una profondità di 1,5 m e distanziarli l'uno dall'altro di 0,25 m; inoltre

Come si evince dal grafico sotto riportato, il valore di 3  $\mu\text{T}$  (obiettivo di qualità di cui al DPCM 8 luglio 2003) si manifesta ad una distanza di poco meno di 5 m dall'asse di simmetria del conduttore centrale.

Come già detto, nelle reali condizioni di esercizio, il valore di corrente transitante sarà certamente minore di quello considerato nei calcoli e quindi si può certamente ipotizzare che anche i valori di induzione magnetica corrispondenti saranno minori di quelli calcolati.

### **5.3 VALORI DI CALCOLO**

Si riportano di seguito la tabella con i valori dell'induzione magnetica calcolata e la figura rappresentativa della variazione dell'induzione magnetica al variare della distanza dal cavo interrato AT.

<b>DISTANZA a [m]</b>	<b>INDUZIONE MAGNETICA B [<math>\mu</math>T]</b>
1	61,24
1,5	27,22
2	15,31
2,5	9,80
3	6,80
3,5	5,00
4	3,83
4,5	3,02
5	2,45
5,5	2,02
6	1,70
6,5	1,45
7	1,25
7,5	1,09
8	0,96
8,5	0,85
9	0,76
9,5	0,68
10	0,61

Tabella 5.3.1 Valori dell'induzione magnetica al variare della distanza dall'asse del cavo AT

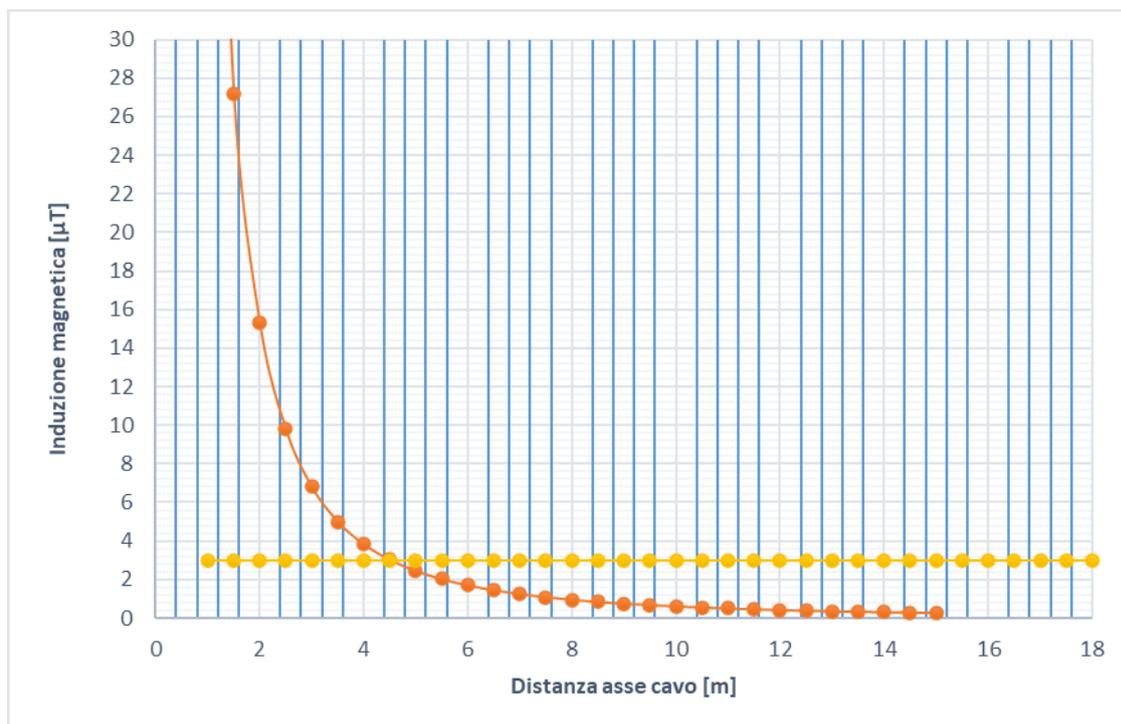


Figura 5.3.1 variazione dell'induzione magnetica al variare della distanza dall'asse del cavo AT

## 6. FASCIA DI RISPETTO

Una prima approssimazione nella determinazione delle fasce di rispetto è rappresentata dalla Distanza di Prima Approssimazione, che viene valutata in accordo a quanto disposto dal DM 29 maggio 2008, il cui allegato fissa la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti.

Nel caso in esame, nelle ipotesi di calcolo definite la sezione trasversale del cilindroide la cui superficie è caratterizzata da un valore di campo magnetico pari a  $3 \mu\text{T}$  (obiettivo di qualità).

La DPA corrispondente alla fascia di rispetto dell'elettrodotto in esame risulta pertanto pari a circa 5,0 m per il cavo AT e di 19,50 m per le sbarre AT.

Come detto, tuttavia, la determinazione della DPA rappresenta una prima approssimazione nella verifica delle fasce di rispetto degli elettrodotti; si può infatti notare come il cilindroide la cui superficie è caratterizzata da un valore di campo magnetico pari a  $3 \mu\text{T}$  si mantiene, nel caso in esame, in buona parte al di sotto del piano di campagna nel caso di cavo interrato. Pertanto, nella

realtà, il rispetto dell'obiettivo di qualità è garantito nell'ambito di una fascia di circa 4,5 m per lato dall'asse.

## **6.1 ANALISI DEI VALORI**

Dall'analisi dei risultati ottenuti in relazione ai valori dei campi elettrici e magnetici emessi dall'elettrodotto in esame e dal confronto con la documentazione cartografica di progetto, si riscontra che il collegamento in argomento risponde a quanto previsto dalla normativa vigente in materia di protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti.

Si riscontra infatti che all'interno della DPA precedentemente determinata non è presente alcun'area che rientri nei criteri di applicabilità dell'obiettivo di qualità (aree gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici e luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere).

All'interno di tale fascia non sarà inoltre possibile prevedere la realizzazione di alcun edificio con destinazione rientrante nei criteri sopra esposti.