



Quadro Ambientale

4.7 RADIAZIONI NON IONIZZANTI

INDICE

4.7 RADIAZIONI NON IONIZZANTI	2
4.7.1 Premessa	2
4.7.2 Generalità sui campi elettromagnetici	2
4.7.2.1 Normativa tecnica e legislazione	3
4.7.3 Descrizione dell'infrastruttura elettrica	5
4.7.4 Metodo di calcolo	8
4.7.5 Risultati e conclusioni	9

4.7 RADIAZIONI NON IONIZZANTI

4.7.1 Premessa

L'attività svolta ha riguardato lo studio di impatto ambientale prodotto da una linea elettrica MT (20 kV) in cavo elicordato. La valutazione dei livelli induzione magnetica ha lo scopo di valutare la fascia di rispetto associata all'obiettivo di qualità di 3 μ T.

La valutazione dei livelli di induzione magnetica tiene conto della reale geometria dei cavi utilizzati (es. cavi elicordati), delle correnti nominali dichiarate dal costruttore del cavo.

Occorre rilevare che nel Decreto 29 maggio 2008 (Supplemento ordinario n.160 alla Gazzetta ufficiale 5 luglio 2008 n. 156 - Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti) viene esplicitamente indicato all'art. 3, comma 3.2 "Oggetto e applicabilità", che nel caso delle "linee in MT in cavo cordato ad elica (interrate o aeree)" le fasce di rispetto associabili hanno ampiezza ridotta e sono pertanto escluse dalla metodologia. Data però la profondità di interrimento si è ritenuto comunque precauzionale effettuare in ogni caso la valutazione della rispondenza dei livelli di induzione magnetica all'obiettivo di qualità.

Non essendo disponibile una metodologia normata per la valutazione dei campi magnetici prodotti da cavi elicordati si è fatto riferimento alla bibliografia tecnico scientifica.

4.7.2 Generalità sui campi elettromagnetici

Nella trattazione inerente l'argomento, sono state utilizzate alcune grandezze fisiche che caratterizzano le sorgenti ed i campi elettromagnetici in oggetto e la loro interazione con la materia vivente.

La trasmissione d'energia, nell'ambito degli argomenti trattati da questa relazione, è effettuata tramite linee in corrente alternata trifase, nella quale le tensioni (e la corrente) variano sinusoidalmente nel tempo, con una frequenza di esercizio che corrisponde al numero di cicli completi compiuti dal sistema nell'unità di tempo. Tale grandezza viene espressa in hertz (Hz). Di norma nel sistema di trasmissione dell'energia elettrica in Italia, e nei casi specifici trattati da questa relazione, la frequenza utilizzata è pari a 50 Hz.

La tensione di una linea a corrente alternata definisce le differenze di potenziale efficace (RMS) tra i conduttori o tra un conduttore e la terra e viene espressa in volt (V). Le tensioni di conduttori sono correlate, insieme a fattori geometrici e di fase, al potenziale elettrico ed al suo gradiente dello spazio. Quest'ultima osservabile viene definita come intensità di campo elettrico e viene espressa in volt per metro (V/m).

L'applicazione di un carico nei sistemi elettrici aventi diverso potenziale comporta l'instaurarsi di una corrente elettrica attraverso i conduttori, misurata in ampere (A). Nel caso di sistemi a tensione alternata, in prima approssimazione anche l'andamento della corrente avrà un andamento sinusoidale caratterizzabile con le stesse quantità sopra richiamate. In particolare, ai fini della presente trattazione, è importante il valore efficace o RMS della corrente.

Attorno ad un conduttore (od ad un sistema di conduttori) percorso da corrente elettrica viene ad instaurarsi un campo magnetico, il cui valore efficace dipende dall'assetto geometrico dei conduttori, dalle correnti che li attraversano, dagli angoli di fase posseduti (unità di misura ampere per metro, A/m).

Il campo di induzione magnetica è correlato al campo magnetico tramite la permeabilità magnetica del mezzo considerato.

Nel caso delle considerazioni connesse alla valutazione di compatibilità sanitaria degli impianti oggetto della presente relazione, viene preso in considerazione il valore efficace o RMS dell'intensità del campo di induzione magnetica, la cui unità di misura è il Tesla (T).

La valutazione dell'intensità di campo, in prossimità delle linee elettriche oggetto della presente relazione, può essere effettuata utilizzando le leggi dell'elettromagnetismo quasi-stazionario, una volta note le caratteristiche del progetto e dell'ambiente in cui le linee devono essere collocate. L'ipotesi di quasi-stazionarietà del campo consente di separare i fenomeni associati ai due campi e di valutare separatamente l'intensità delle componenti del campo elettrico e magnetico; inoltre, i due campi sono di tipo vettoriale, ossia grandezze caratterizzate oltre che da un modulo, che ne esprime l'intensità, anche da un verso e una direzione.

Trattando linee in corrente alternata, i campi in gioco sono di conseguenza rappresentati mediante vettori in cui l'intensità, il verso e la direzione variano nel tempo con una legge temporale. Trattando sorgenti sinusoidali è possibile ricorrere al Metodo Simbolico che consente di semplificare notevolmente la computazione e la rappresentazione delle grandezze elettriche e magnetiche. In particolare, il metodo simbolico consente di rappresentare una sinusoide mediante un numero complesso (denominato fasore) il cui modulo è l'ampiezza della sinusoide e l'argomento è la fase della sinusoide.

Nello specifico, il Campo Elettrico ed il Campo Magnetico, prodotti da una linea di trasmissione a corrente alternata, sono vettori nello spazio caratterizzato da componenti (nel sistema di riferimento spaziale adottato) i cui moduli cambiano nel tempo con una relazione di fase tra componente e componente e possono essere rappresentati mediante fasori. Tale relazione di fase, considerato l'andamento sinusoidale della legge di variazione delle correnti e delle tensioni, è esprimibile come angolo.

I vettori Campo Elettrico e Campo Magnetico in un punto dello spazio saranno di conseguenza dei vettori, il cui valore istantaneo ed efficace dipende dalle tensioni, dalle cariche, dalle correnti presenti nei conduttori ma anche dalla relazione di fase dei conduttori tra di loro. I vettori campo Elettrico e Magnetico, a causa della continua variazione nel tempo delle loro componenti, possono essere visualizzati come vettori rotanti in un piano e descriventi un'ellisse.

La massima intensità di campo si ha quando il vettore è orientato secondo uno dei semiassi maggiori dell'ellisse, e la lunghezza del semiasse rappresenta il valore massimo del campo stesso.

Riassumendo, al fine della valutazione degli aspetti sanitari dei fenomeni elettromagnetici in prossimità degli elettrodotti, le grandezze da considerarsi saranno i valori efficaci, o quadratici medi o RMS dei vettori campo Elettrico e Magnetico (o di Induzione Magnetica).

4.7.2.1 Normativa tecnica e legislazione

a) Normativa Internazionale

I campi ELF hanno ricevuto particolare attenzione con riferimento ai sistemi di trasporto e distribuzione dell'energia elettrica e sin dal 1980 il documento CIGRE Conference International de Grand Resau Electric¹ ha definito le grandezze fondamentali, segnalato gli effetti più significativi dei campi e suggerito i metodi di misura del campo elettrico e magnetico.

L'organizzazione IRPA/INIRC definì quindi i livelli di esposizione ai campi elettrici e magnetici alla frequenza industriale di 50/60 Hz dopo una complessa operazione di coordinamento

¹ "Electric and Magnetic Fields Produced by Transmission Systems: Description of Phenomena, Practical Guide for Calculation", Working Group 36.02 CIGRE Paris 1980

della letteratura e della normativa a livello mondiale². Per quanto riguarda i campi statici, un documento dell'ICNIRP (organizzazione nata dall'unione dell'IRPA/INIRC), suggerisce i limiti di esposizione³.

Quindi, l'ICNIRP pubblica nel 1998 le linee guida⁴ per i limiti di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico nel range di frequenze fino a 300 kHz e tali valori vengono adottati successivamente nella Raccomandazione del Consiglio dell'Unione Europea⁵ del 1999.

I limiti di esposizione riportati dalle linee guida dell'ICNIRP, relativi alla frequenza di 50 Hz, sono i seguenti:

Tipo di esposizione	Campo elettrico, kV/m	Campo magnetico, μ T
Esposizione per popolazione	5	100
Esposizione per lavoratori	10	500

b) Legislazione Italiana: Legge Quadro ed il decreto attuativo per le sorgenti a frequenza di rete (50 Hz)

La legge più recente per la tutela della popolazione dai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici è la Legge 22 febbraio 2001, n. 36 Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (G.U., parte I, n. 55 del 7 marzo 2001). Relativamente a tale legge, la definizione dei limiti è fissata dal decreto attuativo: 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 (50 HZ) generati dagli elettrodotti", che fissa i limiti di esposizione. In particolare si riportano gli articoli 3 e 4 che fissano tali limiti:

Articolo 3

1. Nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti, non deve essere superato il limite di esposizione di 100 μ T per l'introduzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.
2. A titolo di misura di cautela 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 permanenze 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 delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Articolo 4

1. 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, è fissato l'obiettivo di qualità di 3 μ T per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

² "Interim Guidelines on Limits of Exposure to 50/60 Hz Electric and Magnetic Fields" IRPA/INIRC Health Physics 58(1), 112-122, 1990

³ "Guidelines on limits of exposure to static magnetic fields" International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), Health Physics Society, Vol. 66, N.1, pp. 100-106, January 1994.

⁴ "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz)" International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), Health Physics Society, Vol. 74, N. 4, pp. 494-522, April 1998.

⁵ "Limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0 Hz a 300 GHz", Raccomandazione del Consiglio dell'Unione Europea del 12 luglio 1999, Gazzetta delle Comunità Europee 30 luglio 1999

Con l'entrata in vigore del DPCM 8 Luglio 2003 non si applicano, in quanto incompatibili, le disposizioni dei decreti del Presidente del Consiglio dei Ministri 23 aprile 1992 e 28 settembre 1995.

c) *Leggi Regionali*

Per quanto riguarda leggi regionali, la regione Piemonte ha approvato la Legge Regionale n. 19: "Nuova disciplina regionale sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici", del 3 agosto 2004. La legge recepisce i contenuti della legge quadro ed i limiti fissati del relativo decreto attuativo, precisando le competenze di regione, province e comuni.

4.7.3 Descrizione dell'infrastruttura elettrica

Il cavidotto oggetto della presente valutazione di impatto magnetico ambientale è un cavidotto di nuova costruzione avente sezione rettangolare 0,8m x 0,8m con la base posta quindi a 0,8m dal piano di campagna. Il cavidotto porta 1 condotto che accogliere una linea MT della seguente tipologia:

- Cavo per media tensione tripolare ad elica visibile per posa interrata in Alluminio ARE4H5EX -12-20 kV 3x240mm²

Le figure seguenti riportano i tracciati dei cavi che partono dalla centrale Nord e dalla centrale Sud.

Figura 4.7.3-1 Tracciato del cavo MT dalla centrale Nord alla cabina di consegna ENEL

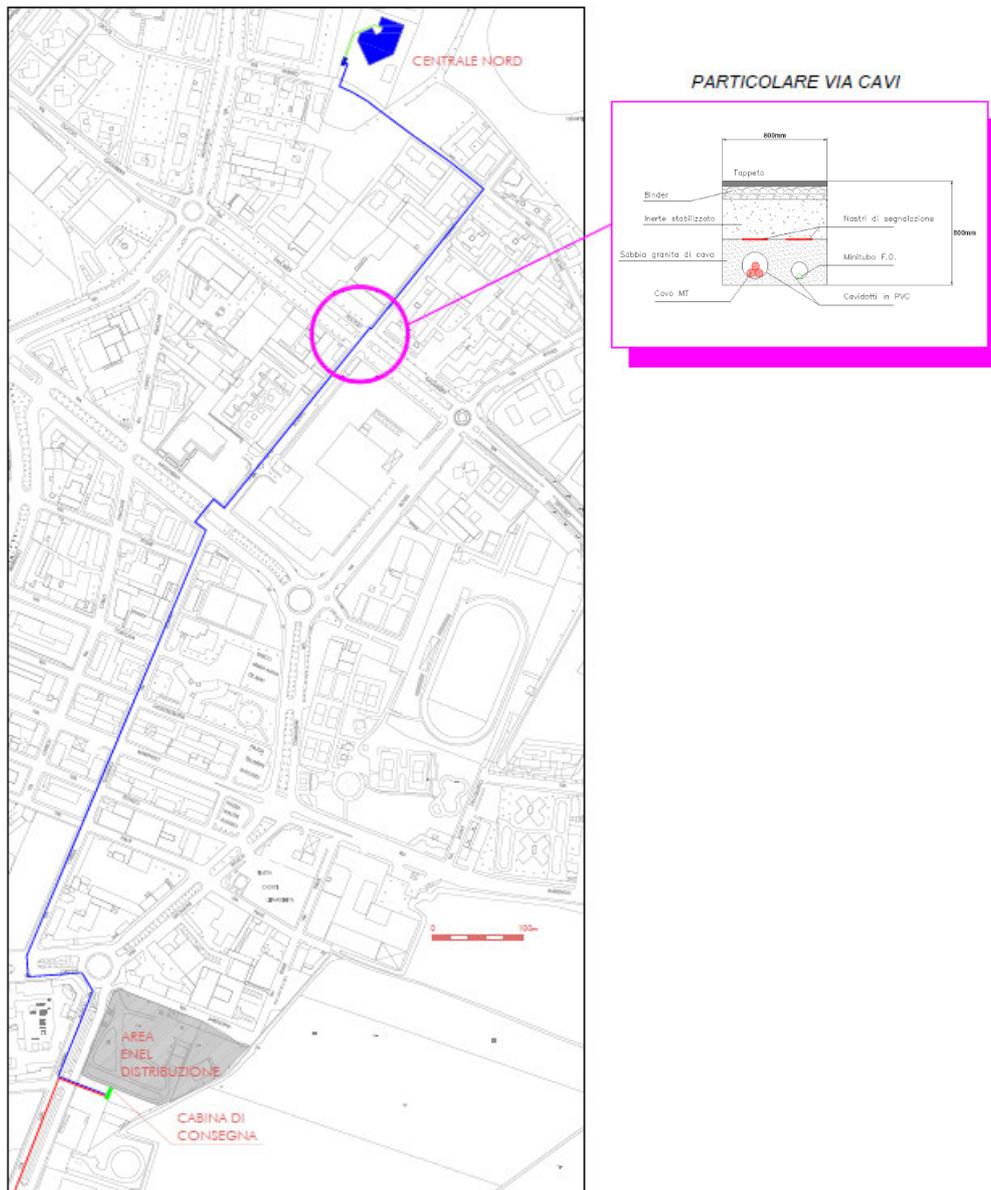


Figura 4.7.3-2 Tracciato del cavo MT dalla centrale Sud alla cabina di consegna ENEL

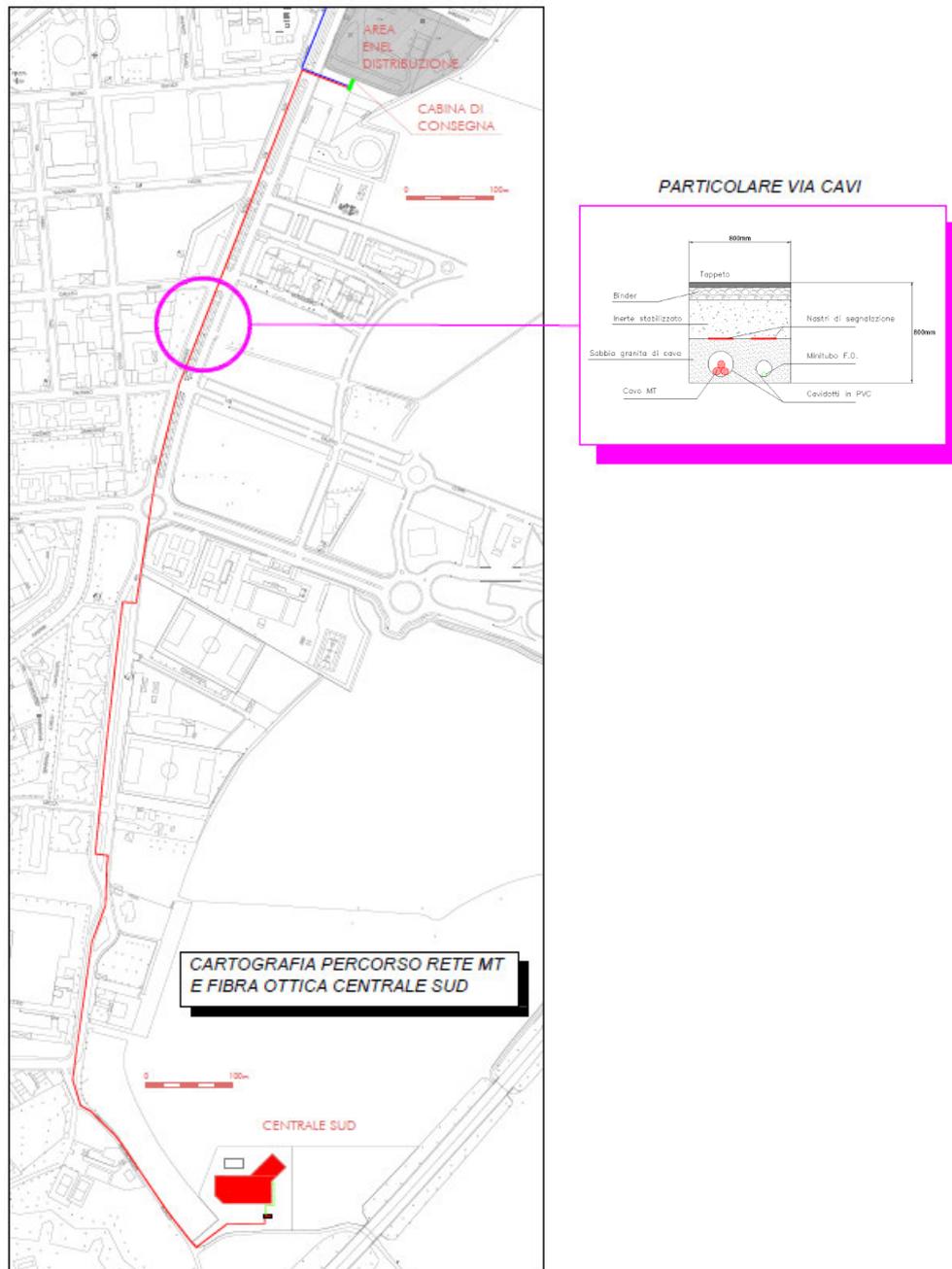


Figura 4.7.3-3 Schema di principio del cavo e riassunto dei dati tecnici

Numero conduttori e Sezione nominale	Diametro indicativo conduttore	Diametro indicativo isolante	Diametro indicativo esterno	Peso indicativo del cavo	Raggio minimo curvatura	Resistenza elettrica a 20°C	Capacità a 50 Hz	Resistenza apparente a 105°C e 50 Hz	Reattanza di fase	Portata di corrente in aria a trifoglio	Portata di corrente interrato a trifoglio
3x1x240	18.2	28	79.55	4350	795	0.125	0.33	0.102	0.1	543	453

Riepilogo caratteristiche



4.7.4 Metodo di calcolo

Il calcolo dell'induzione è stato condotto adottando il seguente elenco di ipotesi:

- Portata terminale nominale massima I=453A
- Passo di elicordatura p= 1.5 m
- Raggio elica pari a $\alpha = 0.0162$ m
- Profondità di interramento 0.65 m

Il modello magnetico del cavo elicordato è basato sul modello semplificato, riportato in bibliografia [1], che tiene conto del fattore di elicordatura F:

$$F = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \cdot \gamma^{\frac{3}{2}} \cdot e^{-\gamma}$$

in cui:

$$\gamma = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{p}$$

Essendo p il passo dell'elica ed r la distanza dal punto, ove viene valutata l'induzione magnetica (cosiddetto "punto campo"), dall'asse della linea MT.

Il valore dell'induzione magnetica nel punto campo risulta essere pari a:

$$B \cong F \cdot \frac{3}{4} \cdot \sqrt{2} \cdot B_0$$

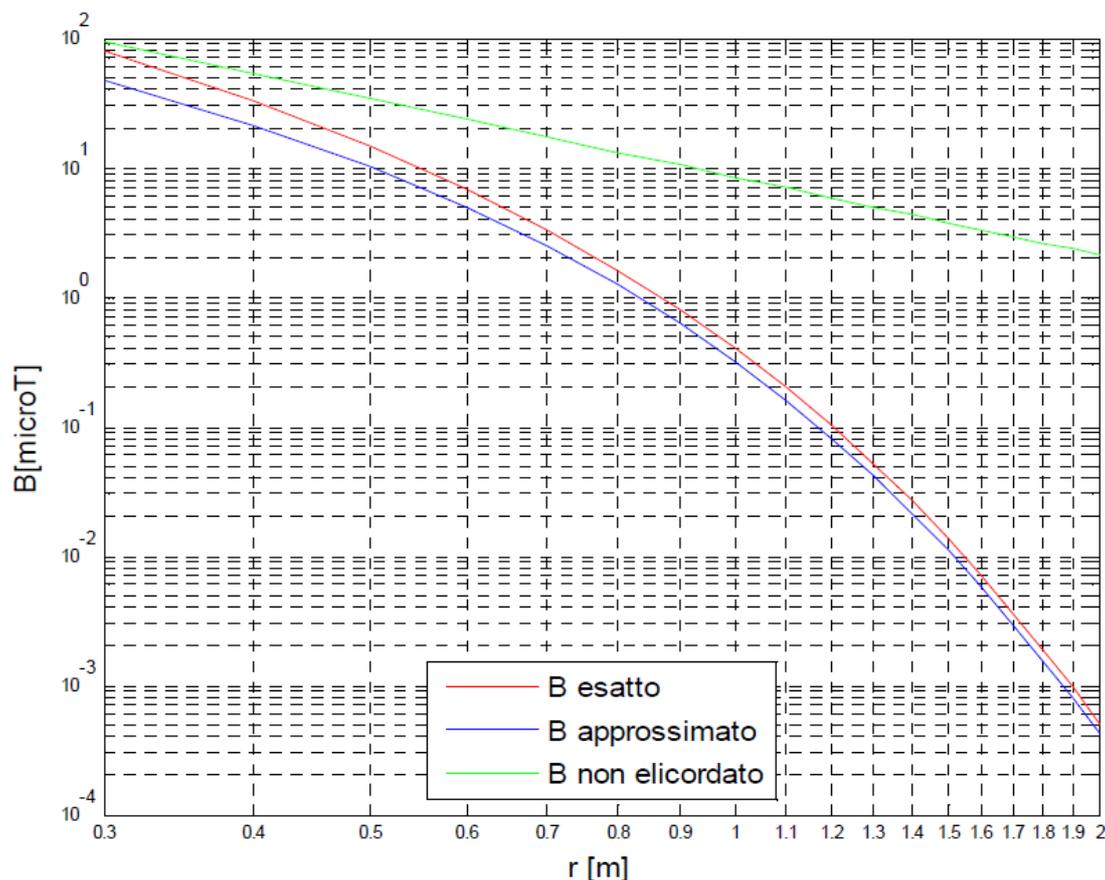
Essendo:

$$B_0 = \frac{\mu_0 I \alpha}{\pi \cdot r^2}$$

in cui μ_0 : permeabilità dell'aria ($4 \pi \cdot 10^{-7}$) assimilabile a quella del terreno.

Nella figura successiva è riportato a titolo di esempio la concordanza tra il modello esatto del cavo elicordato e quello utilizzato ai fini della presente valutazione ed il confronto con il caso di cavo non elicordato. Come si può osservare la elicordatura riduce fortemente il valore dell'induzione magnetica rispetto al caso non elicordato ed il modello semplificato, ad un metro dall'asse della linea, risulta praticamente coincidente con il modello esatto.

Figura 4.7.4-1 Induzione magnetica con modello esatto, approssimato e per cavo non elicordato al variare della distanza dall'asse dell'elica in coordinate logaritmiche (passo elica $p = 1$ m, raggio elica $\alpha = 0,1$ m, corrente $I = 200$ A)



4.7.5 Risultati e conclusioni

Nella figura seguente è riportato l'andamento dell'induzione magnetica prodotta dalla linea MT al livello del piano di campagna. Come si può osservare il livello di induzione magnetica massimo raggiunto al livello del piano di campagna risulta essere sopra la linea del cavidotto e pari a circa $2.7 \mu_T$. Tale valore risulta quindi inferiore all'obiettivo di qualità e la fascia di rispetto risulta quindi nulla. Considerando inoltre che:

- le correnti reali che circoleranno nella linea MT risulteranno significativamente inferiori alla portata termica,
- i collegamenti in cavo interrato dalla Centrale Sud e dalla Centrale Nord sono previsti con tracciato posto al di sotto della sede stradale, lontano da ricettori o in generale da aree dove può essere possibile la permanenza delle persone per lungo periodo,

l'esposizione effettiva della popolazione all'induzione magnetica risulta ampiamente inferiore agli obiettivi di qualità fissati dalla normativa a tutela dall'inquinamento elettromagnetico. La soluzione tecnica scelta che prevede il collegamento realizzato mediante cavo interrato non dà luogo a campo elettrico.

Per quanto detto si può pertanto concludere non siano attesi impatti con riferimento all'esposizione della popolazione al campo elettrico e all'induzione magnetica generati dai collegamenti elettrici delle centrali alla rete elettrica nazionale.

Figura 4.7.5-1 Andamento dell'induzione magnetica al livello del piano di campagna

