

EMILIE WIND SRL

Parco Eolico “EMILIE” sito nel Comune di Casalfiumanese (BO)

Relazione impatto elettromagnetico delle opere di
connessione

Luglio 2023



Committente:

EMILIE Wind srl

EMILIE Wind srl

Via Sardegna, 40

00187 Roma

P.IVA/C.F. 16666851007

Titolo del Progetto:

Parco Eolico "EMILIE" sito nel Comune di Casalfiumanese (BO)

Documento:

**Relazione impatto elettromagnetico delle
opere di connessione**

N° Documento:

IT-VesEMI-PGR-SPE-TR-10

Progettista:



Ing. Domenico Teta



Rev	Data Revisione	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
00	Luglio 2023	Prima Emissione	M.Iezzi	C.Ometto	D.Teta

Sommario

1. PREMESSA	4
2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO	5
3. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO	6
3.1. Generalità	6
3.2. Collegamenti in cavo interrato 36 kV tra gli aerogeneratori	6
3.3. Collegamento in cavo interrato 36 kV le cabine A e B	6
3.4. Collegamenti in cavo interrato 36 kV tra il campo eolico e la stazione di trasformazione 380/36 kV	7
3.5. Collegamenti entra-esci della stazione di trasformazione 380/36 kV alla linea "Colunga – Calenzano"	7
4. CARATTERISTICHE TECNICHE COLLEGAMENTI IN CAVO INTERRATO 36 KV	8
4.1. Cavi unipolari con conduttori a corda di sezione $3 \times 1 \times 70 \text{ mm}^2$ tipo ARE4H5E 20,8/36 kV	8
4.2. Cavi unipolari con conduttori a corda di sezione $3 \times 1 \times 120 \text{ mm}^2$ tipo ARE4H5E 20,8/36 kV 8	8
4.3. Cavi unipolari con conduttori a corda di sezione $3 \times 1 \times 240 \text{ mm}^2$ tipo ARE4H5E 20,8/36 kV 8	8
4.4. Cavi unipolari con conduttori a corda di sezione $3 \times 2 \times (1 \times 630 \text{ mm}^2)$ tipo ARE4H5E 20,8/36 kV	9
5. CAMPI MAGNETICI	10
5.1. Calcolo delle Distanze di Prima Approssimazione (DPA).....	10
6. CAMPI ELETTRICI	26

1. PREMESSA

La presente relazione è stata redatta al fine di studiare l'impatto elettromagnetico derivante dagli interventi relativi alla realizzazione delle opere di connessione a servizio dell'impianto eolico di potenza nominale pari a 40,5 MW di proprietà della Emilie Wind Srl. Il sito è ubicato nel comune di Casalfiumanese, in provincia di Bologna.

Gli aerogeneratori installati saranno n. 9 di taglia 4,5 MW cadauno con diametro rotore di 163 m e altezza mozzo di 113 m, e saranno posizionati nel territorio seguendo criteri ambientali, tecnici e di sicurezza. L'interconnessione avverrà in "entra-esce" per gruppi di 2, 3 e 4 aerogeneratori, per un totale di 3 gruppi, mediante n° 3 linee interrato MT 36 kV in cavo, a loro volta afferenti alla sbarra MT dei Quadri MT di seguito descritti, da cui, mediante rete di distribuzione, arriveranno al punto di connessione fisico previsto sulla rete AT.

In particolare i nuovi quadri MT saranno localizzati all'interno delle nuove cabine MT e direttamente connessi al trasformatore AT/MT 380/36 kV 250 MVA.

In virtù di questa premessa, si precisa che l'analisi elettromagnetica è stata condotta solo sulle opere elettriche di nuova progettazione, relative alla connessione dell'impianto di generazione.

2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Di seguito si elencano i principali riferimenti legislativi e normativi per l'ambito oggetto di analisi:

- **L. n. 36 del 22.02.2001** “Legge Quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”;
- **D.P.C.M. 08.07.2003** “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”;
- **Raccomandazione del Consiglio dell'Unione europea del 12 luglio 1999, pubblicata nella G.U.C.E. n. 199 del 30 luglio 1999** “Limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0Hz a 300Ghz”;
- **Decreto Min. Amb. 29.05.2008** “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”;
- **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”;
- **ENEL - Linea Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08** “Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche”;
- **Linee guida ICNIRP** “Linee guida per la limitazione dell'esposizione a campi elettrici e magnetici variabili nel tempo ed a campi elettromagnetici (fino a 300 GHz)”;
- **CEI EN 50499** “Procedura per la valutazione dell'esposizione dei lavoratori ai campi elettromagnetici”.

3. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

3.1. Generalità

Gli aerogeneratori verranno collegati al quadro 36 kV della stazione 380/36 kV mediante n.3 linee in cavo interrato 36 kV.

Detti collegamenti tra gli aerogeneratori e la stazione 380/36 kV saranno realizzati mediante cavi interrati isolati a 36 kV, posati alla profondità di 1,20 m, principalmente lungo strade vicinali e comunali esistenti o lungo la viabilità di servizio da realizzare.

I cavi interrati che collegano tra loro gli aerogeneratori e gli aerogeneratori stessi con la stazione produttore 380/36 kV saranno del tipo unipolare, in alluminio.

I raccordi per il collegamento della stazione di trasformazione 380/36 kV alla linea "Colunga – Calenzano" saranno realizzati in modalità entra-esci mediante due linee aeree trinate esercite a 380kV.

L'impianto sarà conforme in tutto alle norme C.E.I. vigenti di cui alla Legge del 28/06/1986 n°339 ed al Regolamento d'esecuzione approvato con decreto del Ministero dei LL.PP. del 21/03/1988 e successive modificazioni, alle Norme CEI 11-17 ed. III relative alla costruzione delle linee elettriche in cavo sotterraneo, nonché alla legge del 22/02/01 n° 36, DPCM del 8/07/03 e DM 29 maggio 2008.

3.2. Collegamenti in cavo interrato 36 kV tra gli aerogeneratori

Per motivi strettamente connessi alla collocazione delle torri e per una buona flessibilità di esercizio sono state previste n. 3 linee, che collegano tra loro i 9 aerogeneratori.

I cavi interrati saranno del tipo unipolare con conduttore a corda, in alluminio con le seguenti sezioni:

- sezione 3 x 1 x 70 mm²;
- sezione 3 x 1 x 120 mm²;
- sezione 3 x 1 x 240 mm².

Per quanto riguarda i campi elettrici e magnetici, non è stata rilevata la presenza di recettori sensibili lungo il tracciato delle linee.

3.3. Collegamento in cavo interrato 36 kV le cabine A e B

Il collegamento in cavo interrato tra le cabine A e B sarà costituito da due terne di cavi di sezione 3 x 2 x (1 x 630) mm² in alluminio, da posare alla profondità di 1,20 m lungo strade provinciali e comunali e a 0,8 m su strade sterrate.

3.4. Collegamenti in cavo interrato 36 kV tra il campo eolico e la stazione di trasformazione 380/36 kV

Il collegamento in cavo interrato tra il campo eolico e la stazione di trasformazione 380/36 kV sarà costituito da due terne cavi di sezione $3 \times 2 \times (1 \times 630) \text{ mm}^2$ in alluminio, da posare alla profondità di 1,20 m lungo strade provinciali e comunali e a 0,8 m su strade sterrate.

3.5. Collegamenti entra-esci della stazione di trasformazione 380/36 kV alla linea “Colunga – Calenzano”

Le connessioni aeree palificate tra la linea “Colunga – Calenzano” e la stazione di trasformazione saranno realizzate da terne semplici trinate. Saranno impiegati conduttori in corda di alluminio – acciaio aventi diametro complessivo pari a 31,5 mm.

4. CARATTERISTICHE TECNICHE COLLEGAMENTI IN CAVO INTERRATO 36 KV

4.1. Cavi unipolari con conduttori a corda di sezione $3 \times 1 \times 70 \text{ mm}^2$ tipo ARE4H5E 20,8/36 kV

- Tensione nominale 36 kV;
- Frequenza nominale 50 Hz;
- Corrente massima, corrispondente alla potenza di 4,5 MW (1 aerogeneratore) e $\cos \varphi = 0,85$

$$I = \frac{4500000}{(36000 \times \sqrt{3} \times \cos \varphi)} = 85 \text{ A}$$

- Portata in corrente in servizio normale (come definita dalla IEC 60502-2:2014):
 - $I_{sn} = 272 \text{ A}$ per resistività del terreno pari a 200°C cm/W ;
 - $I_{sn} = 365 \text{ A}$ per resistività del terreno pari a 100°C cm/W .

4.2. Cavi unipolari con conduttori a corda di sezione $3 \times 1 \times 120 \text{ mm}^2$ tipo ARE4H5E 20,8/36 kV

- Tensione nominale 36 kV;
- Frequenza nominale 50 Hz;
- Corrente massima, corrispondente alla potenza di 9 MW (2 aerogeneratori) e $\cos \varphi = 0,85$

$$I = \frac{9000000}{(36000 \times \sqrt{3} \times \cos \varphi)} = 170 \text{ A}$$

- Portata in corrente in servizio normale (come definita dalla IEC 60502-2:2014):
 - $I_{sn} = 360 \text{ A}$ per resistività del terreno pari a 200°C cm/W ;
 - $I_{sn} = 483 \text{ A}$ per resistività del terreno pari a 100°C cm/W .

4.3. Cavi unipolari con conduttori a corda di sezione $3 \times 1 \times 240 \text{ mm}^2$ tipo ARE4H5E 20,8/36 kV

- Tensione nominale 36 kV;
- Frequenza nominale 50 Hz;
- Corrente massima, corrispondente alla potenza di 13,5 MW (3 aerogeneratori) e $\cos \varphi = 0,85$

$$I = \frac{13500000}{(36000 \times \sqrt{3} \times \cos \varphi)} = 255 \text{ A}$$

- Portata in corrente in servizio normale (come definita dalla IEC 60502-2:2014):
 - $I_{sn} = 360 \text{ A}$ per resistività del terreno pari a 200°C cm/W ;
 - $I_{sn} = 483 \text{ A}$ per resistività del terreno pari a 100°C cm/W .

4.4. Cavi unipolari con conduttori a corda di sezione $3 \times 2 \times (1 \times 630 \text{ mm}^2)$ tipo ARE4H5E 20,8/36 kV

- Tensione nominale 36 kV;
- Frequenza nominale 50 Hz;
- Corrente massima, corrispondente alla potenza di 40,5 MW (9 aerogeneratori) e $\cos \varphi = 0,85$

$$I = \frac{40500000}{(36000 \times \sqrt{3} \times \cos \varphi)} = 765 \text{ A}$$

- Portata in corrente in servizio normale (come definita dalla IEC 60502-2:2014):
 - $I_{sn} = 360 \text{ A}$ per resistività del terreno pari a 200°C cm/W ;
 - $I_{sn} = 483 \text{ A}$ per resistività del terreno pari a 100°C cm/W .

5. CAMPI MAGNETICI

Ai fini della protezione della popolazione dall'esposizione ai campi elettromagnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati da linee e cabine elettriche, il DPCM 8 Luglio 2003 (art. 3 e 4) fissa, in conformità alla Legge 36/2001 (art. 4, c.2):

- I limiti di esposizione del campo elettrico (5 kV/m) e del campo magnetico (100 μ T) come valori efficaci, per la protezione da possibili effetti a breve termine;
- Il valore di attenzione (10 μ T) e l'obiettivo qualità (3 μ T) del campo magnetico da intendersi come mediana nella 24 ore in normali condizioni di esercizio, per la protezione da possibili effetti a lungo termine connessi all'esposizione nelle aree di gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenza non inferiore a 4 ore giornaliere (ambienti tutelati).

Il valore di attenzione si riferisce ai luoghi tutelati esistenti nei pressi di elettrodotti esistenti; l'obiettivo di qualità si riferisce, invece, alla progettazione di nuovi elettrodotti in prossimità di luoghi tutelati esistenti o alla progettazione di nuovi luoghi tutelati nei pressi di elettrodotti esistenti.

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

Pertanto lo scopo del calcolo della DPA è quello di verificare che all'interno di tale distanza non vi siano luoghi, esistenti o in progetto, destinati a permanenza maggiore di 4 ore.

Se ciò si verifica il procedimento si ritiene concluso altrimenti sono necessarie ulteriori verifiche con calcoli basati su modelli analitici più dettagliati ed approfonditi delle fasce di rispetto.

5.1. Calcolo delle Distanze di Prima Approssimazione (DPA)

In riferimento al progetto in oggetto si analizza il calcolo delle DPA dei seguenti elementi dell'impianto:

- Collegamento in cavo interrato 3x1x70 mm² 20,8/36 kV con conduttore in alluminio, tra le torri eoliche;
- Collegamento in cavo interrato 3x1x120 mm² 20,8/36 kV con conduttore in alluminio, tra le torri eoliche;
- Collegamento in cavo interrato 3x1x240 mm² 20,8/36 kV con conduttore in alluminio, tra le torri eoliche e tra la torre 6 e la cabina A;

- Collegamento in cavo interrato 3x2 (1x630) mm² 20,8/36 kV.
- Raccordi aerei in AT dalla Stazione di trasformazione 380/36 kV alla linea “Colunga – Calenzano”

Con riferimento alla soluzione tecnica adottata sono stati calcolati gli andamenti tipici dell'induzione magnetica, per la portata in corrente in servizio normale (come definita dalla CEI 11/60), per i collegamenti in cavo interrato e per le sbarre 36 kV dell'edificio quadri di stazione.

Per il calcolo è stato utilizzato il software di elaborazione POWERFIELD, basato sugli algoritmi di calcolo prescritti dalle Norme CEI 211-4 e CEI 106 -11.

Nel programma POWERFIELD, l'induzione magnetica B è calcolata a partire dalle due componenti in direzione x e y, secondo le formule riportate nella Norma CEI 211- 4 al punto 4.11 (Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche):

$$B_x = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \sum I_i \left\{ \frac{(y_i - y)}{[(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2]} \right\}$$

$$B_y = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \sum I_i \left\{ \frac{(x_i - x)}{[(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2]} \right\}$$

dove:

- μ_0 è la permeabilità magnetica;
- I_i è il valore istantaneo della corrente nella fase i-esima
- x, y sono le coordinate del punto nel quale si calcola l'induzione;
- x_i, y_i sono le coordinate del conduttore iesimo.

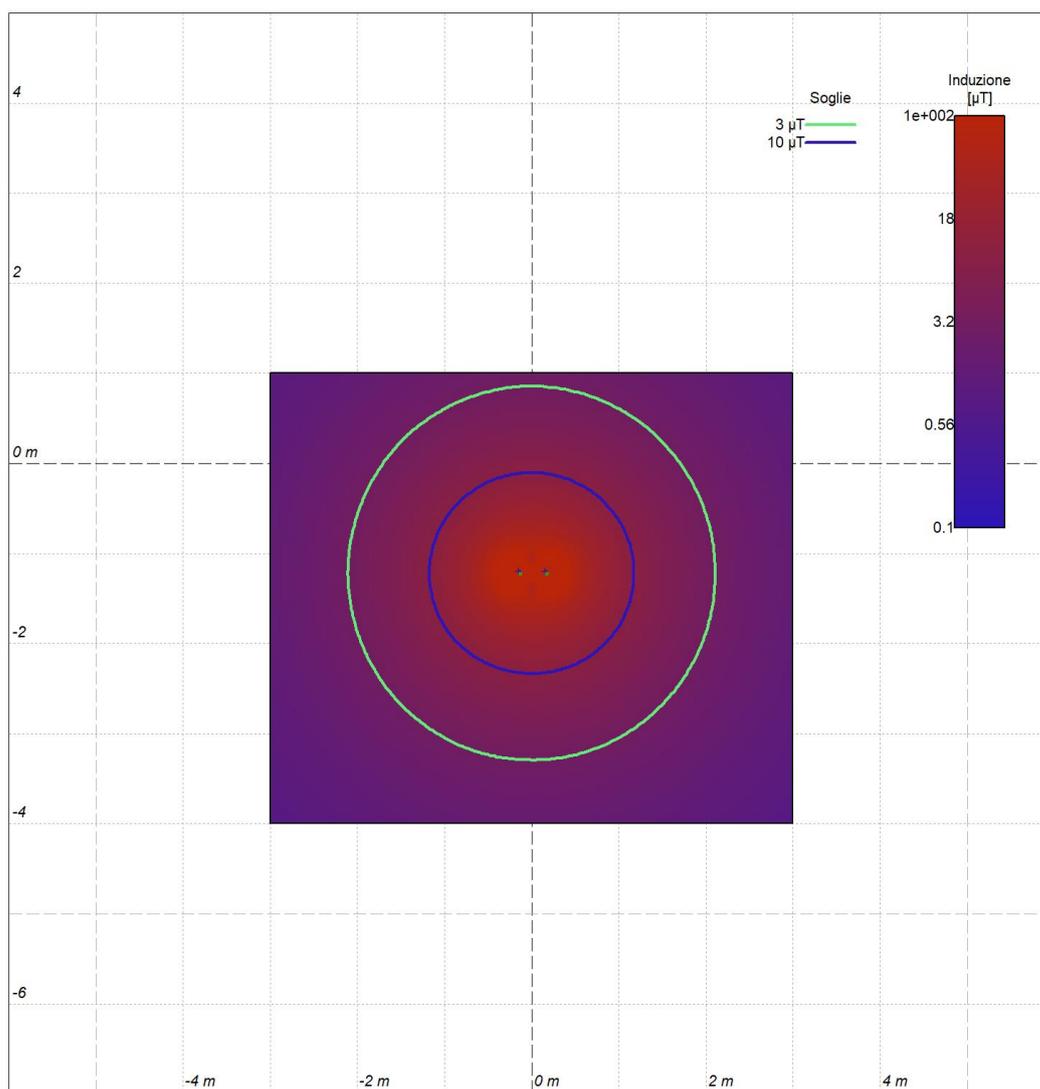
I valori restituiti sono illustrati con le seguenti diverse modalità:

- con i profili laterali, che visualizzano le curve dell'induzione magnetica calcolati dal programma per la configurazione in esame; i valori in ascissa, espressi in metri, indicano la distanza dall'asse cavo, mentre l'ordinata rappresenta il valore del campo nei punti all'altezza di 1 m dal suolo (in conformità agli artt. 13.2.3 e 13.2.6 delle norme CEI 211-6/2001);
- con le mappe verticali, che rappresentano l'andamento del campo magnetico nel piano verticale; i valori in ascissa, espressi in metri, indicano la distanza dall'asse cavo, mentre l'ordinata rappresenta l'altezza dal suolo, sempre espressa in metri.

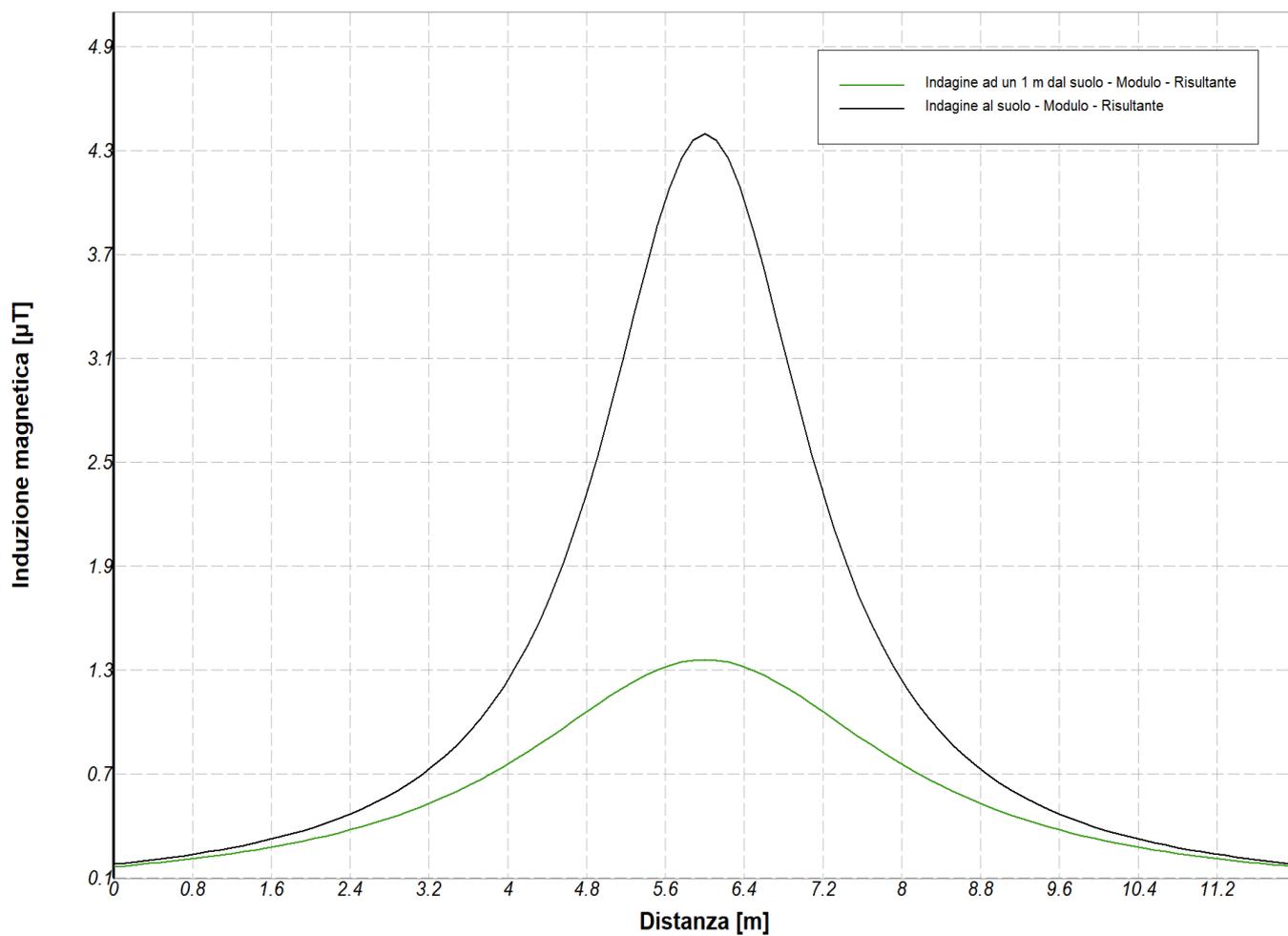
I relativi andamenti sono riportati di seguito:

- Sezioni 11 e 12: cavidotto che collega la cabina MT B allo stallo 36 kV Terna tramite due terne in parallelo 630 mm^2 posate su strada sterrata o terreno agricolo (sezione tipo D Norma 11-17), con corrente massima di 765 A.

Figura 1 **Curve di isolivello sezione 11 e 12**



Fonte: POWERFIELD

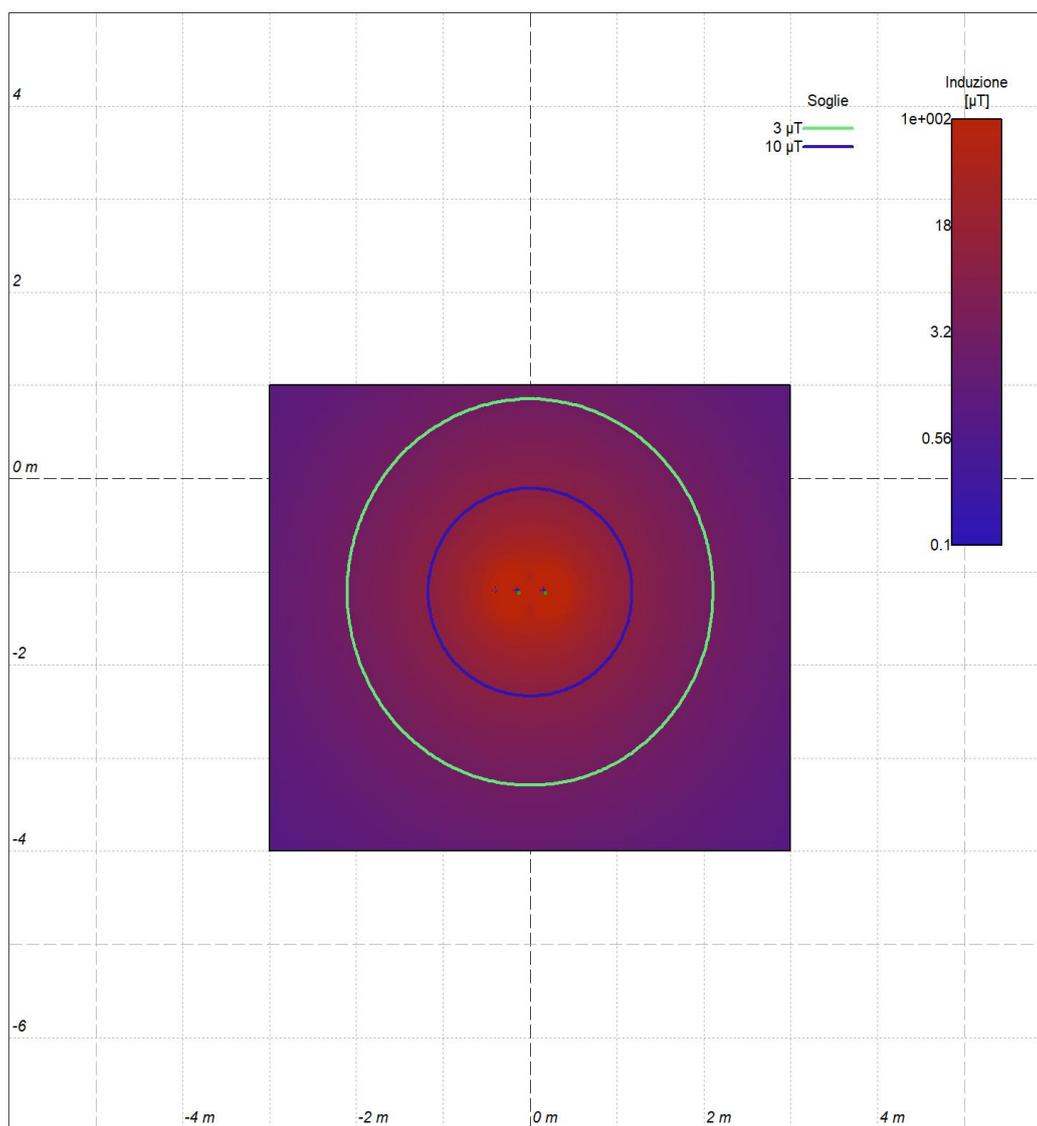
Figura 2 Grafico profilo laterale dell'induzione magnetica sezione 11 e 12

Fonte: POWERFIELD

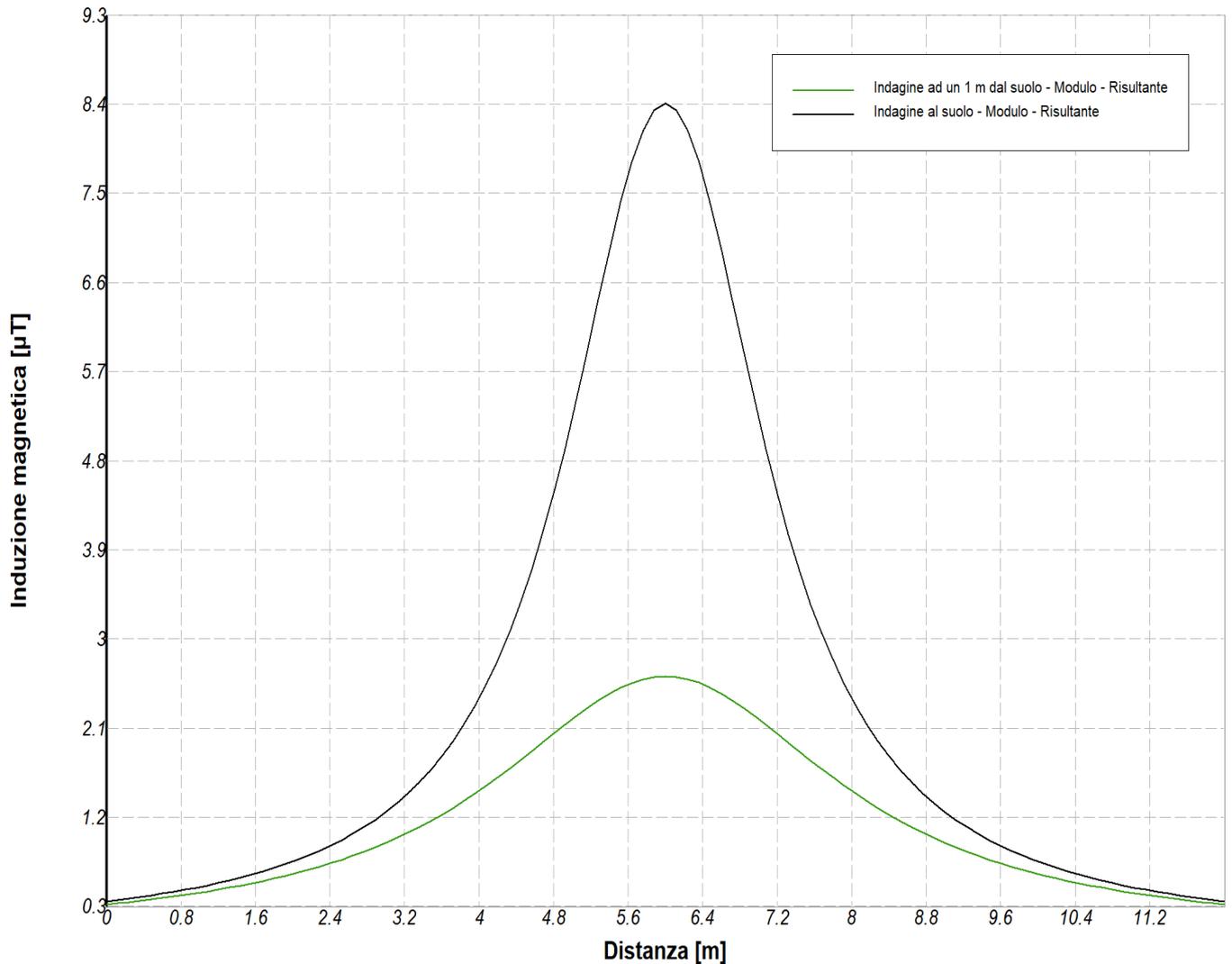
- Sezione 10: in questo cavidotto sono presenti due terne in parallelo 630 mm^2 e una terna 70 mm^2 che collegano rispettivamente:
 - La cabina MT B allo stallo 36 kV Terna;
 - La WTG 14 alla WTG 11.

I cavi saranno posati su strada sterrata o terreno agricolo (sezione tipo F Norma 11-17).

Figura 3 Curve di isolivello sezione 10

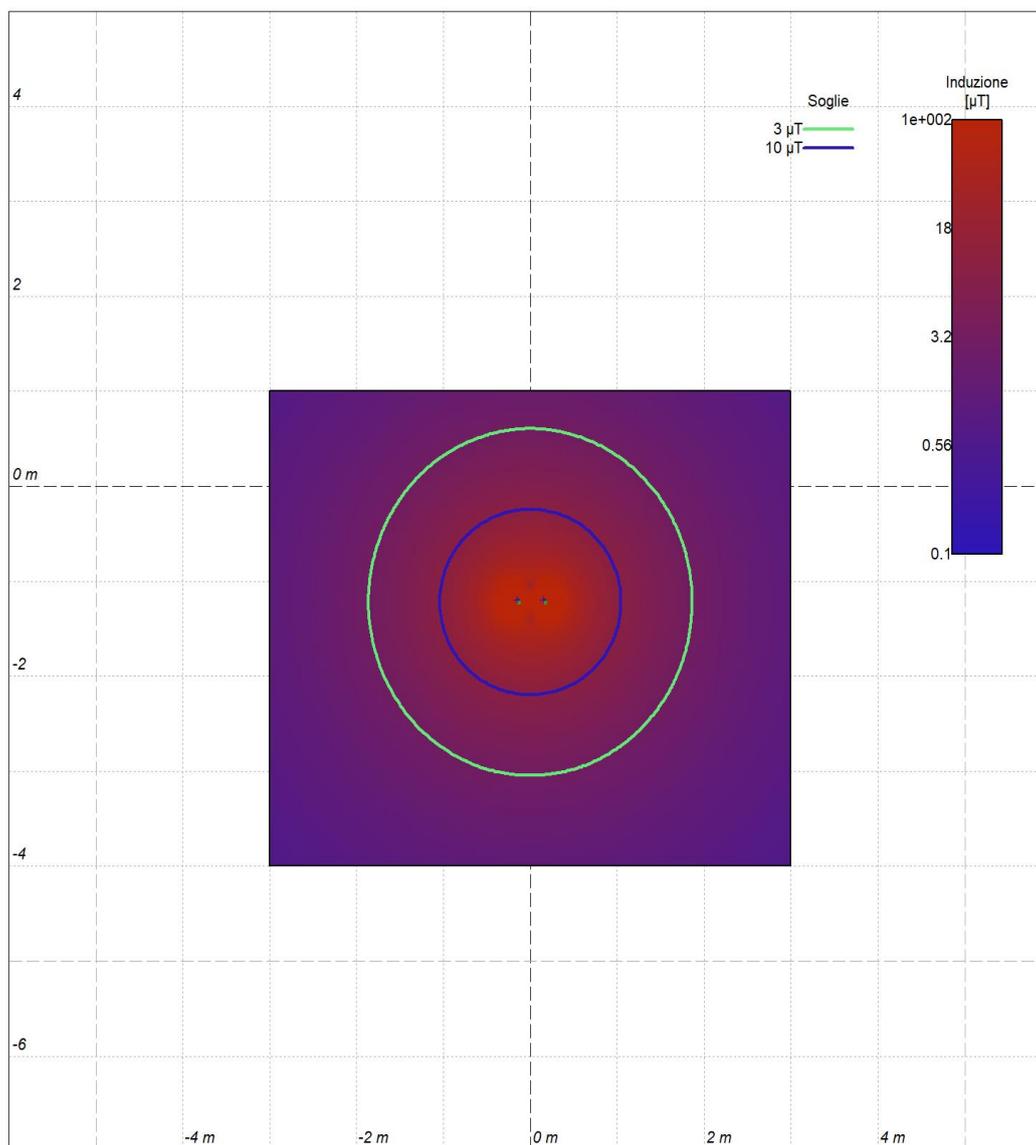


Fonte: POWERFIELD

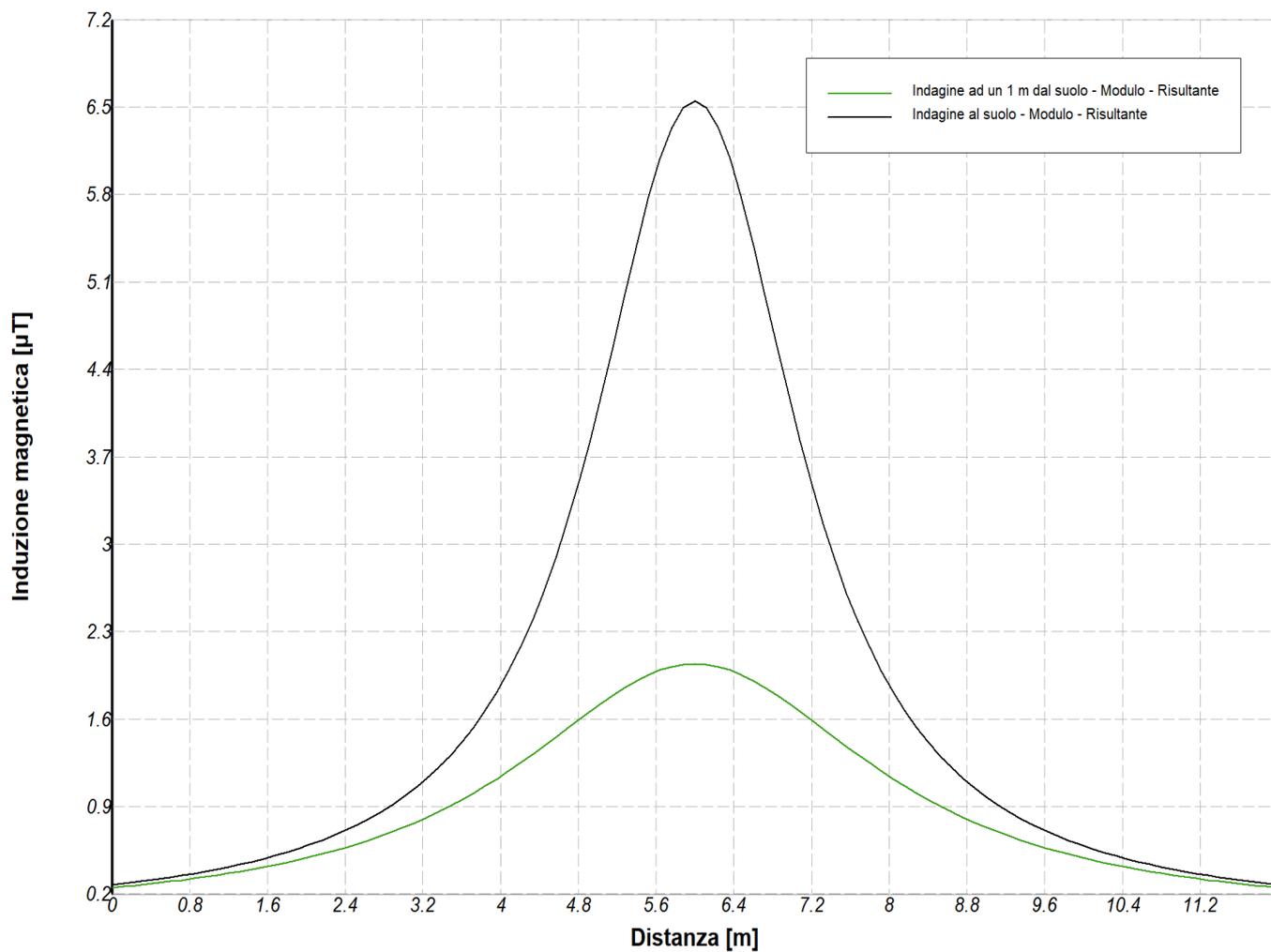
Figura 4 Grafico profilo laterale dell'induzione magnetica sezione 10

Fonte: POWERFIELD

- Sezione 8 e 9: cavidotto che collega le due cabine MT A e B tramite due terne in parallelo 630 mm^2 posate su strade sterrate o terreno agricolo (sezione tipo D Norma 11-17), con corrente massima 595 A.

Figura 5 Curve di isolivello sezione 8 e 9

Fonte: POWERFIELD

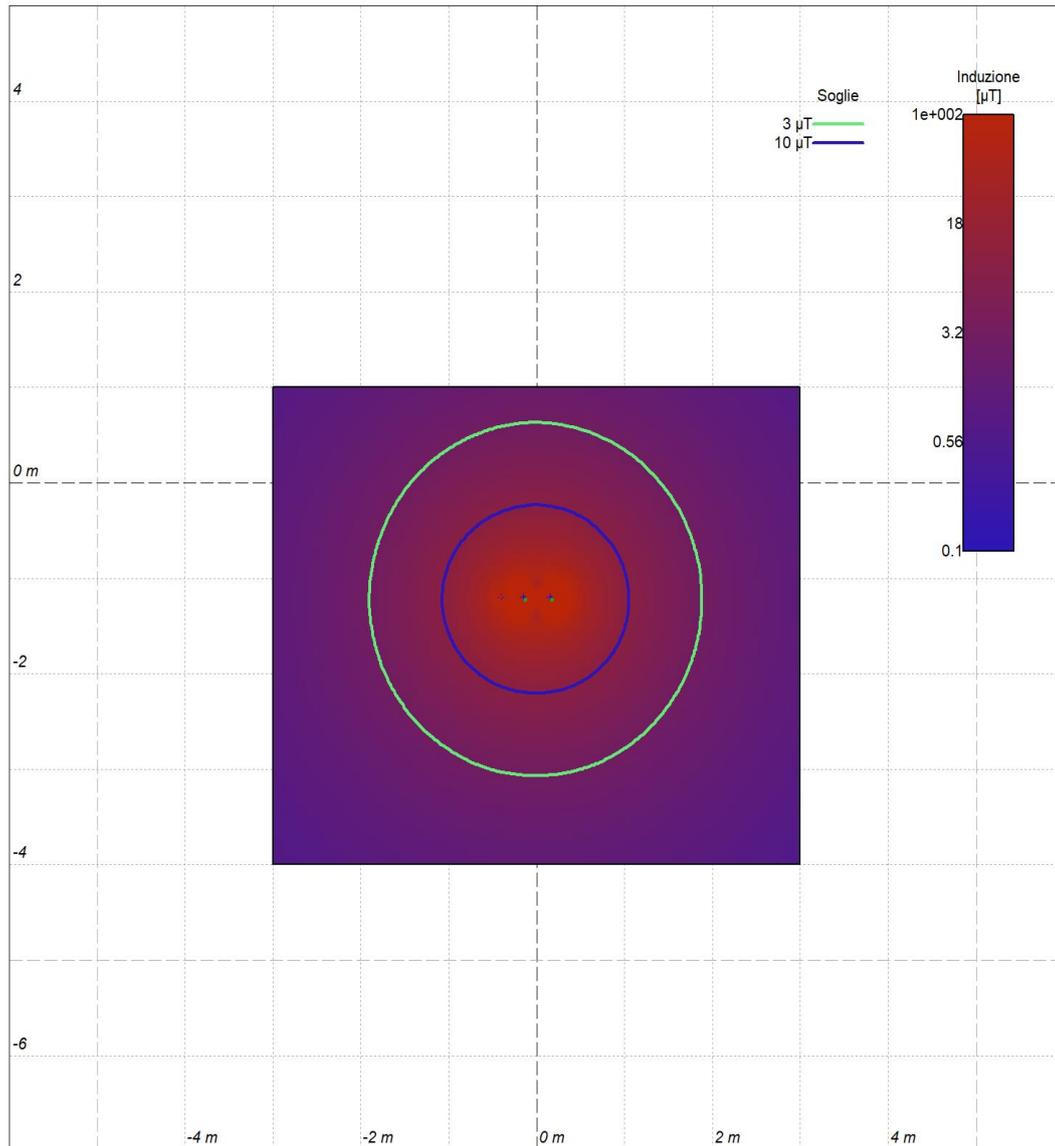
Figura 6 Grafico profilo laterale dell'induzione magnetica sezione 8 e 9

Fonte: POWERFIELD

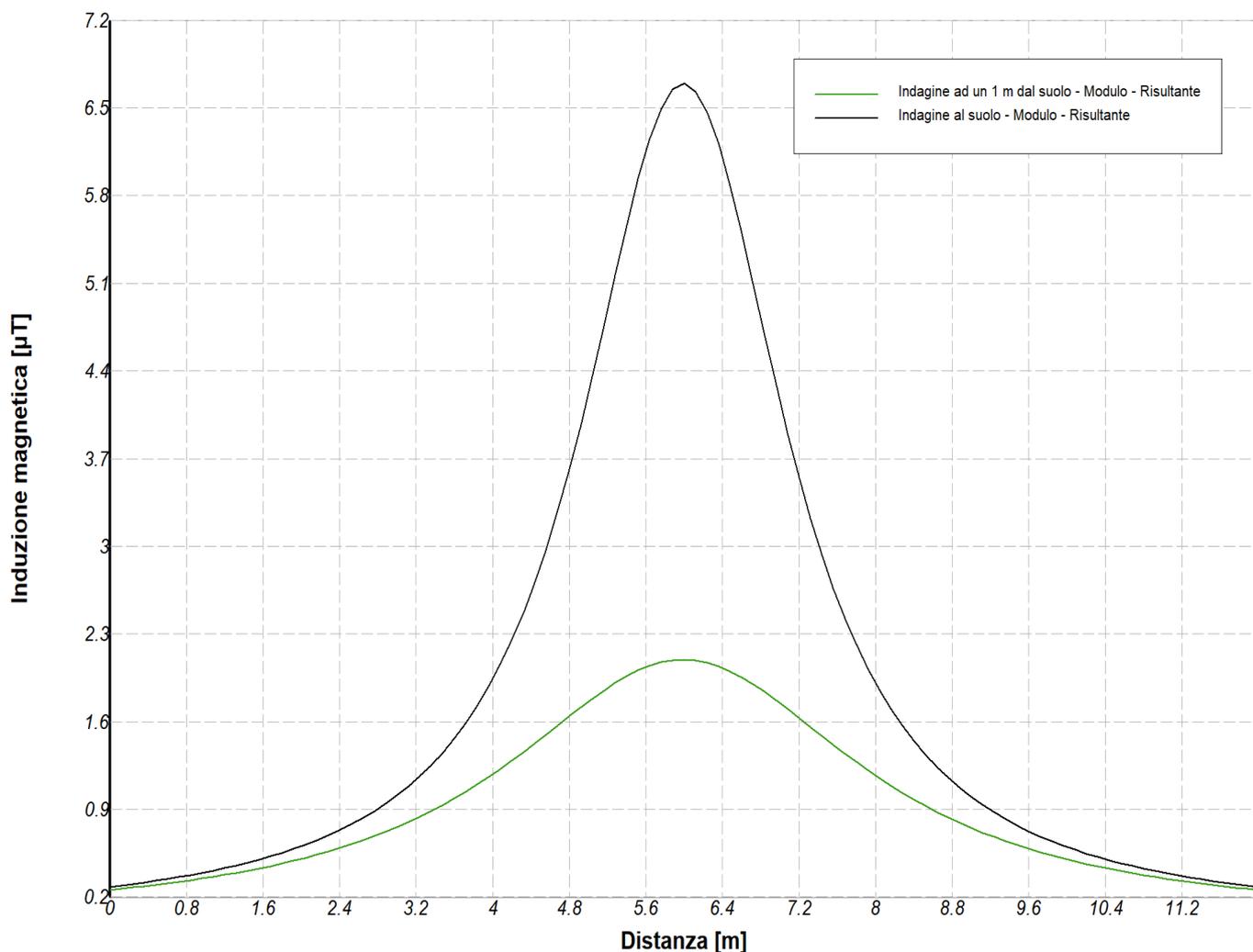
- Sezione 7: in questo cavidotto sono presenti due terne in parallelo 630 mm^2 (con corrente massima 595 A) e una terna 70 mm^2 (con corrente massima 85 A) che collegano rispettivamente:
 - La cabina MT B alla cabina MT A;
 - La WTG 9 alla WTG 5.

I cavi saranno posati su strada sterrata o terreno agricolo (sezione tipo F Norma 11-17).

Figura 7 **Curve di isolivello sezione 7**



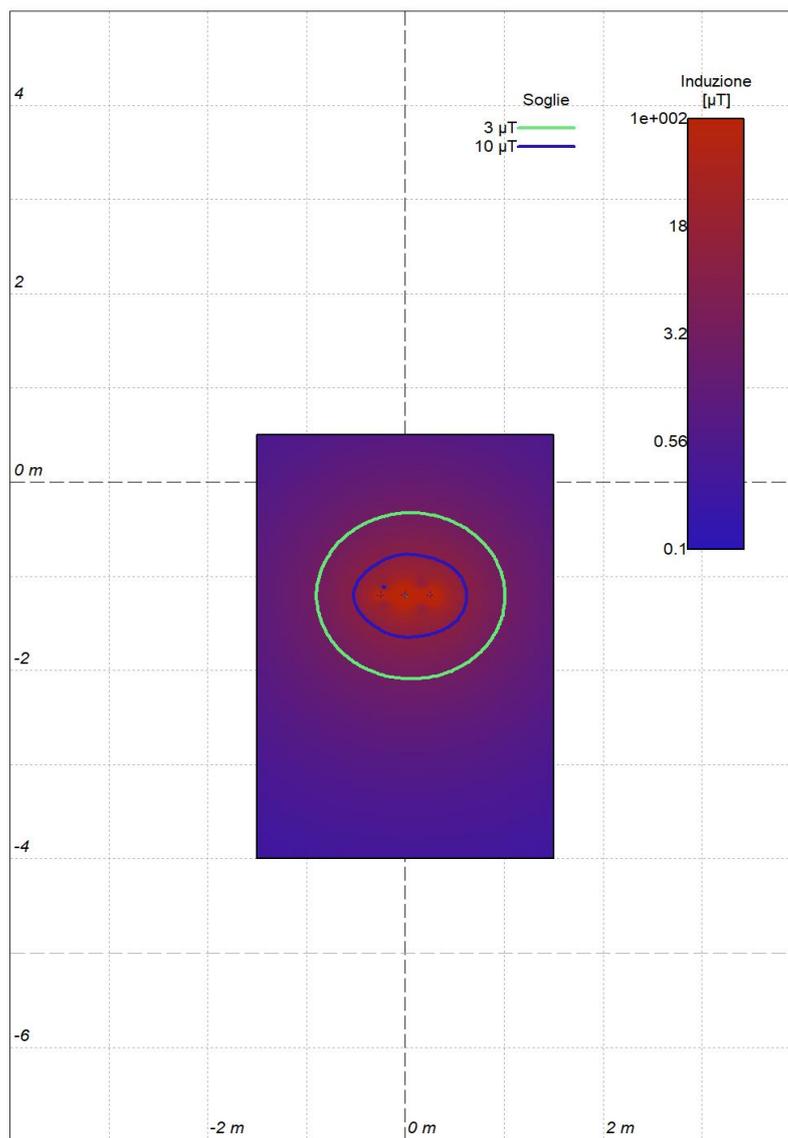
Fonte: POWERFIELD

Figura 8 Grafico profilo laterale dell'induzione magnetica sezione 7

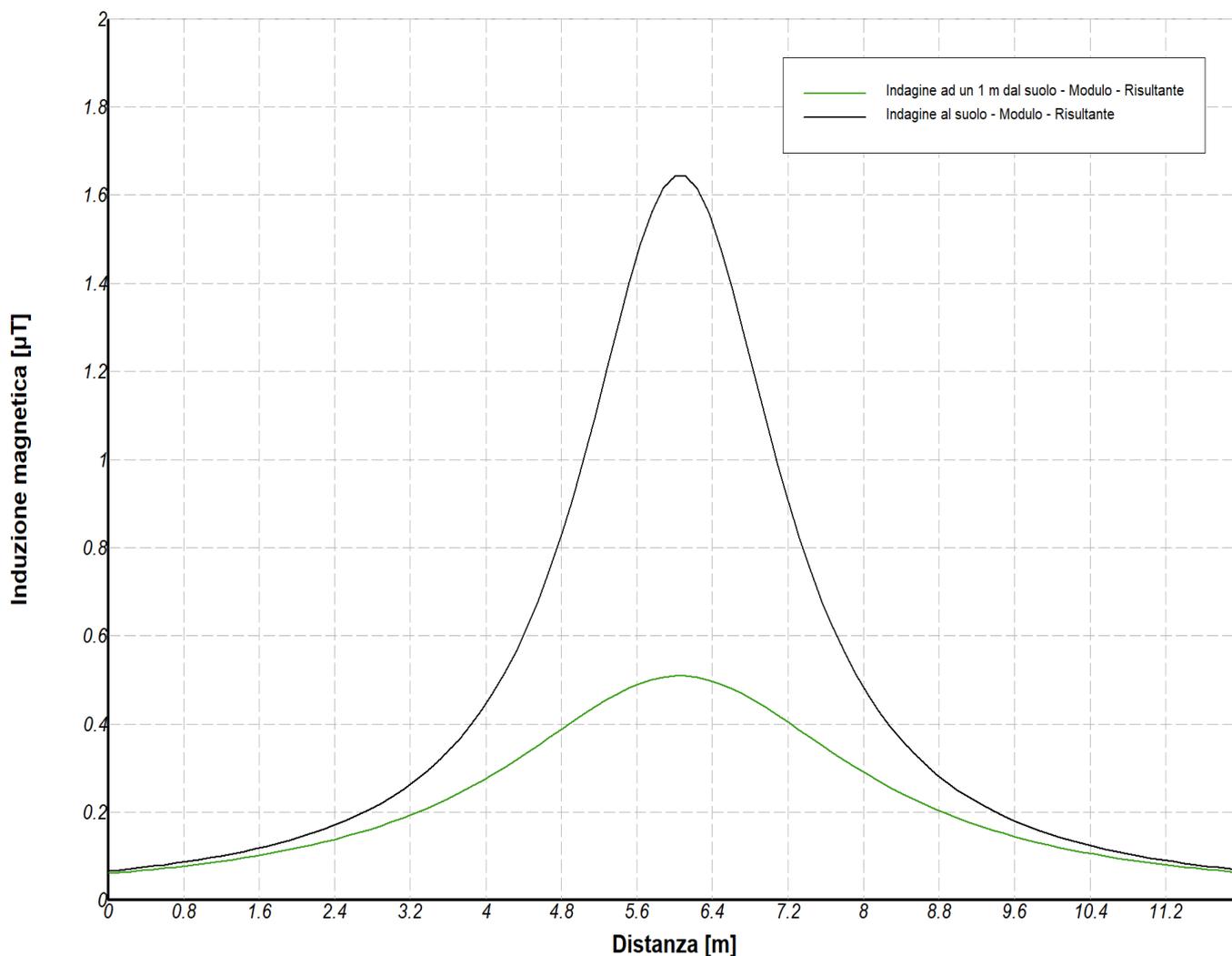
Fonte: POWERFIELD

- Sezione 5: in questo cavidotto sono presenti una terna 240 mm² (con corrente massima 340 A), una terna 120 mm² (con corrente massima 170 A) e una terna 70 mm² (con corrente massima 85 A) che collegano rispettivamente:
 - La cabina MT A con la WTG 6;
 - La WTG 7 alla WTG 5;
 - La WTG 9 alla WTG 5.

I cavi saranno posati su strada sterrata o terreno agricolo (sezione tipo F Norma 11-17).

Figura 9 Curve di isolivello sezione 5

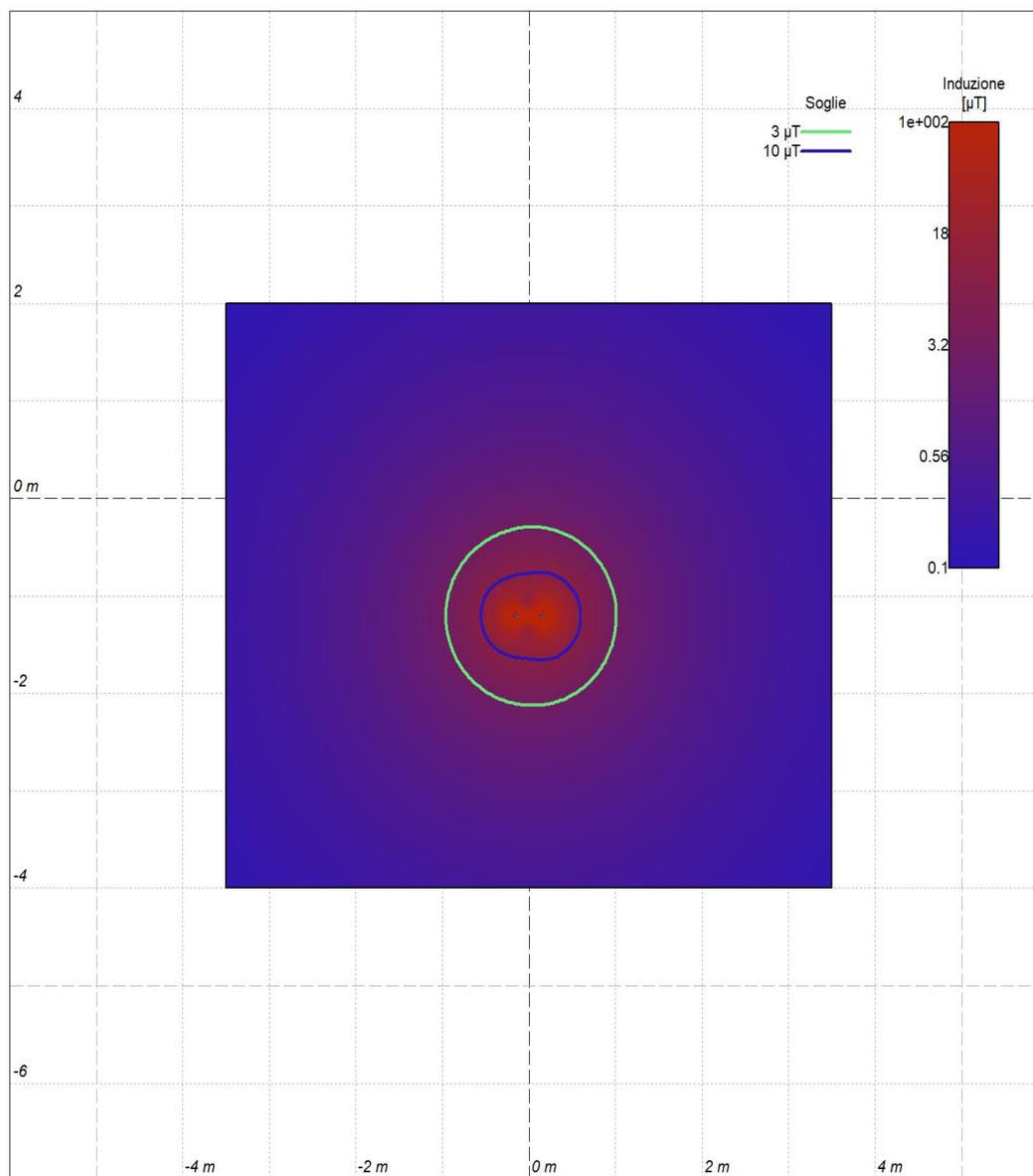
Fonte: POWERFIELD

Figura 10 Grafico profilo laterale dell'induzione magnetica sezione 5

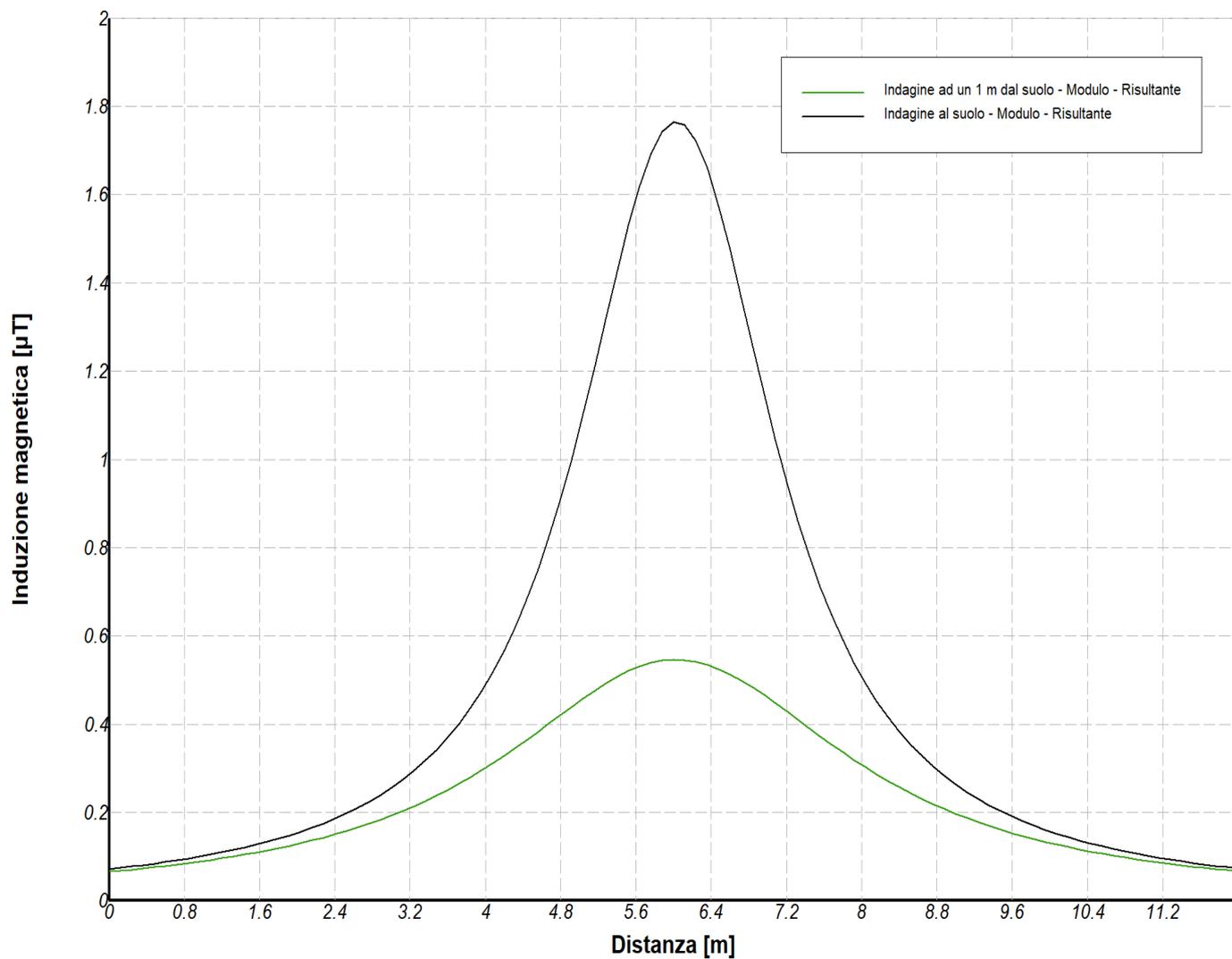
Fonte: POWERFIELD

- Sezione 3: in questo cavidotto sono presenti due terne in parallelo 240 mm^2 con corrente massima 340 A e 255 A che collegano rispettivamente:
 - La cabina MT A alla cabina WTG 6;
 - La WTG 6 alla WTG 3.

I cavi saranno posati su strada sterrata o terreno agricolo (sezione tipo D Norma 11-17).

Figura 11 Curve di isolivello sezione 3

Fonte: POWERFIELD

Figura 12 Grafico profilo laterale dell'induzione magnetica sezione 3

Fonte: POWERFIELD

- Raccordi Stazione di trasformazione 380/36 kV linea “Colunga – Calenzano”

Figura 13 Curve di isolivello

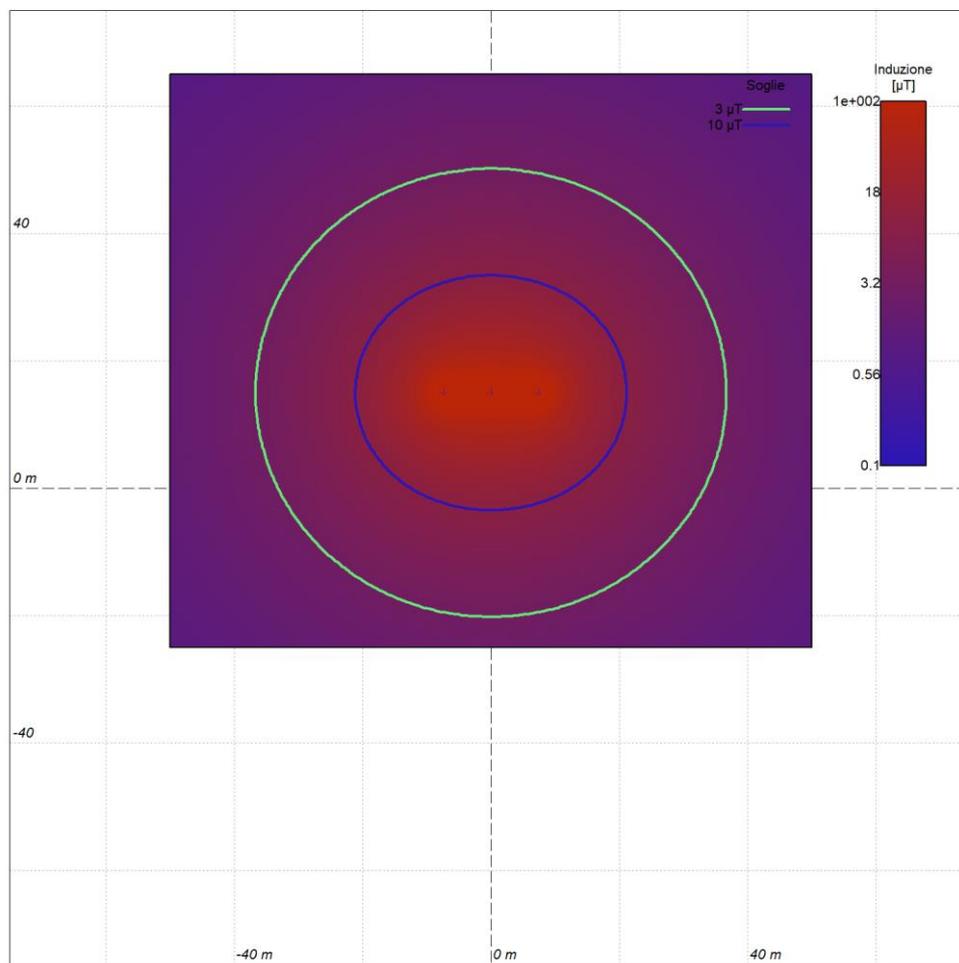
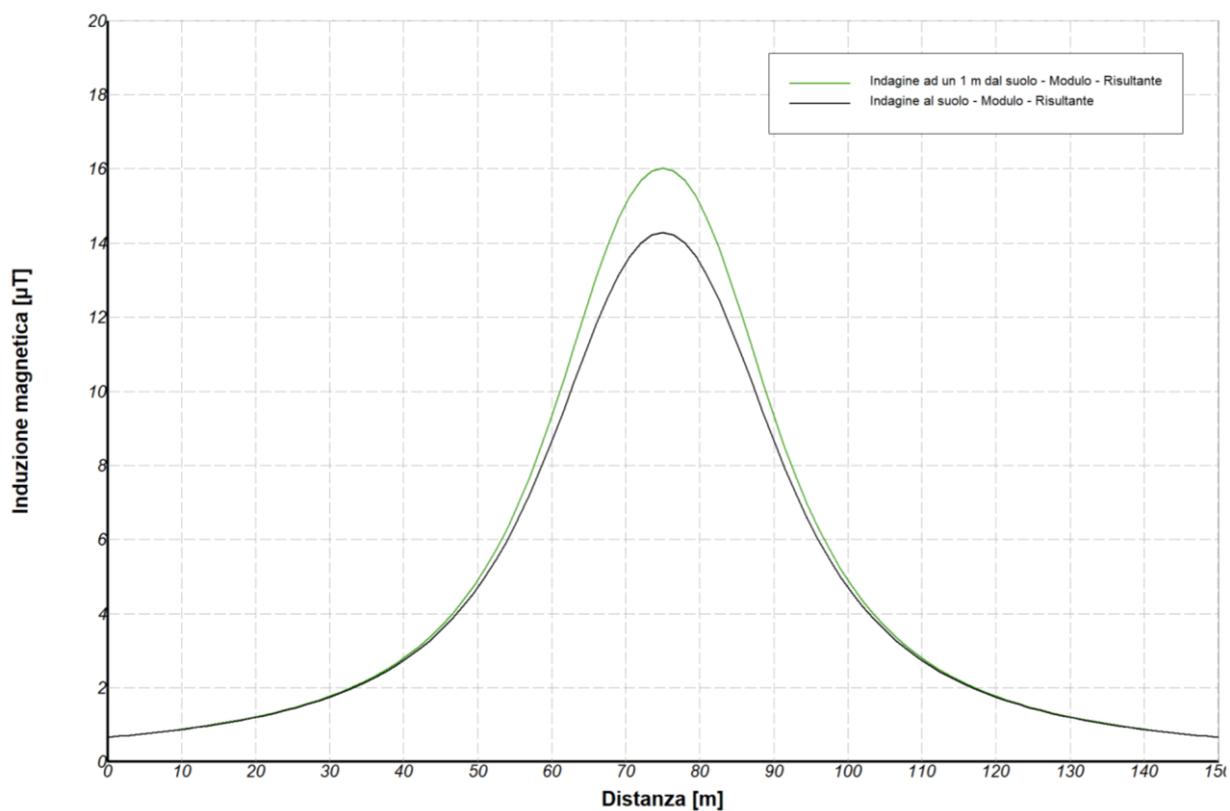


Figura 14 Grafico profilo laterale dell'induzione magnetica

Fonte: POWERFIELD

6. CAMPI ELETTRICI

Per quanto concerne l'esposizione a campi elettrici, con riferimento alla norma CEI EN 50499, risultano conformi alla Raccomandazione Europea 1999/519/CE:

- tutti i circuiti di cavi sotterranei o isolati, con qualsiasi tensione nominale;
- tutti i circuiti aerei nudi con tensione nominale non superiore a 100 kV, o le linee aeree non superiori a 125 kV che sorvolano il luogo di lavoro, o di qualsiasi tensione se il luogo di lavoro è all'interno.

Relativamente alla definizione di limiti di esposizione, valori di attenzione e obiettivi di qualità per l'esposizione della popolazione ai campi di frequenza industriale (50 Hz) relativi agli elettrodotti, il DPCM 08/07/03 propone i valori descritti in tabella 2, confrontati con la normativa europea.

Tabella 2 Limiti di esposizione, limiti di attenzione e obiettivi di Qualità del DPCM 08/07/03, confrontati con i livelli di riferimento della Raccomandazione 1999/512CE

Normativa	Limiti previsti	Induzione magnetica B (μT)	Intensità del campo elettrico E (V/m)
DPCM	Limite d'esposizione	100	5.000
	Limite d'attenzione	10	
	Obiettivo di qualità	3	
Racc. 1999/512/CE	Livelli di riferimento (ICNIRP1998, OMS)	100	5.000

Fonte: DPCM 08/07/03 e Racc. 1999/512/CE

Si sottolinea che, relativamente alla frequenza di riferimento del presente rapporto tecnico (50 Hz), il livello di riferimento della Raccomandazione Europea 1999/519/CE coincide con il limite di esposizione fissato dal DPCM 8 luglio 2003 per quanto concerne l'esposizione ai campi elettrici (ovvero 5 kV/m intesi come valori efficaci).

L'impianto eolico in oggetto presenta una tensione di consegna pari a 36 kV (media tensione); per tale ragione, e tenuto conto di quanto sopraesposto, il campo elettrico risulta essere trascurabile per quanto riguarda gli impatti sulla popolazione esterna.

È inoltre opportuno tenere presente che nella stazione non è prevista la presenza di personale se non per interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, i quali di solito vengono eseguiti in assenza di carico.