



## IMPIANTO EOLICO "NULVI"

## COMUNE DI NULVI

### PROPONENTE

Sardegna Nulvi 1 Srl  
Via Nazionale n. 39  
09024 - Nuraminis (SU)

### IMPIANTO EOLICO "NULVI" NEL COMUNE DI NULVI

OGGETTO:  
Relazione sui campi elettromagnetici

CODICE ELABORATO

NL\_SIA\_A023

### COORDINAMENTO



**BIA srl**  
P.IVA 03983480926  
cod. destinatario KRRH6B9  
+ 39 347 596 5654  
energhiabia@gmail.com  
energhiabia@pec.it  
piazza dell'Annunziata n. 7  
09123 Cagliari (CA) | Sardegna

### GRUPPO DI LAVORO S.I.A.

Dott.ssa Geol. Cosima Atzori  
Dott. Giulio Casu  
Dott.Archeol. Fabrizio Delussu  
Dott. Ing. Ivano Distinto  
Dott.ssa Ing. Silvia Exana  
Dott.Nat. Vincenzo Ferri  
Dott. Ing. Carlo Foddìs  
Dott.ssa Ing. Ilaria Giovagnorio  
Dott. Nat. Giorgio Lai  
Dott. Federico Loddo  
Dott. Ing. Giovanni Lovigu  
Dott. Ing. Bruno Manca  
Dott. Nat. Nicola Manis  
Dott. Nat. Maurizio Medda  
Dott.ssa Ing. Alessandra Scalas  
Federica Zaccheddu

### REDATTORE

Dott. Ing. Ivano Distinto  
Dott. Ing. Carlo Foddìs



00	Novembre 2023	Emissione per procedura VIA
REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE

## Sommario

1	PREMESSA.....	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO E METODOLOGIA DI CALCOLO .....	3
2.1	METODOLOGIA SEMPLIFICATA .....	5
3	CALCOLO DELLE DISTANZE DI PRIMA APPROSSIMAZIONE (DPA) .....	6
3.1	CALCOLO DELLA DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE DELLE LINEE IN CAVO MT DEL PARCO EOLICO .....	7
3.2	CALCOLO DELLA DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE DELLA CABINA COLLETTORE UTENTE .....	10
3.2.1	CALCOLO DELLA DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE DEL QUADRO ELETTRICO MT .....	10
3.2.2	CALCOLO DISTANZE PRIMA APPROSSIMAZIONE LOCALE CABINA TRASFORMATORE MT/BT .....	12
4	CONCLUSIONI.....	12

# 1 PREMESSA

Scopo della presente relazione è la valutazione dei campi elettromagnetici generati dal Parco eolico "Nulvi" da realizzare nel territorio del Comuni di Nulvi, costituito da 12 Aerogeneratori con potenza nominale unitaria pari a 6,2 MW e potenza complessiva nominale pari a 74,4 MW.

## 2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO E METODOLOGIA DI CALCOLO

La norma italiana sulla protezione dei campi elettromagnetici attualmente in vigore è la Legge Quadro n. 36 del 22 febbraio 2001 "Protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici" (G.U. n.55 del 7 marzo 2001) che ha introdotto i concetti di limite di esposizione, di valore di attenzione e di obiettivi di qualità. I primi due rappresentano i valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico che rispettivamente non devono essere superati in situazione di esposizione acuta e di esposizione prolungata; l'obiettivo di qualità è stato introdotto al fine di garantire la progressiva minimizzazione dell'esposizione. La stessa legge ha anche introdotto il termine di "fascia di rispetto in prossimità di elettrodotti", intendendo con questa un'area in cui non possono essere previste destinazioni d'uso che comportino una permanenza prolungata oltre le quattro ore giornaliere. Infine, la terminologia, "elettrodotto" comprende l'insieme delle linee elettriche e delle cabine di trasformazione.

I primi decreti applicativi della LQ 36/2001 sono stati pubblicati nel 2003. In particolare il DPCM dell'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" (G.U. n. 200 del 29-8-2003) all'art.6 "Parametri per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti" prescrive che per la determinazione delle fasce di rispetto relative all'obiettivo di qualità si dovrà far riferimento alla portata in regime permanente del cavo, come definita dalla norma CEI 11-17.

Frequenza 50 Hz	Intensità di campo elettrico E (kV/m)	Induzione Magnetica B (micro Tesla)
Limite di esposizione * (da non superare mai)	5	100
Valore di attenzione **  (da non superare in ambienti abitativi e comunque nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a 4 ore)	-	10
Obiettivo di qualità **  (da non superare per i nuovi elettrodotti o le nuove abitazioni in prossimità di elettrodotti esistenti)	-	3

\* Valori efficaci

\*\*Mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio

La metodologia di calcolo è stata definita dal DM 29 maggio 2008 (G.U. 5 luglio 2008 n.156, S.O.) "Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti" che, ai sensi dell'art. 6 comma 2 del DPCM 08/07/03, ha lo scopo di fornire la procedura da adottarsi per la determinazione delle fasce di rispetto relative alle linee elettriche aeree e interrate e delle cabine esistenti e in progetto.

Sono escluse dall'applicazione della metodologia (punto 3.2 del DM 29/05/2008), in quanto le fasce associabili hanno ampiezza ridotta, inferiori alle distanze previste dal Decreto Interministeriale n. 449/88 e dal decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 16 gennaio 1991 le seguenti tipologie:

- le linee definite di classe zero secondo il decreto interministeriale 21.03.88 n. 4491;
- le linee definite di prima classe secondo il decreto interministeriale 21.03.88 n. 4492;
- le linee in MT in cavo cordato ad elica (interrate o aeree);

Pertanto, sulla base di quanto previsto dal quadro normativo, nella progettazione di nuovi elettrodotti in prossimità dei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere si deve tener presente il rispetto dell'obiettivo di qualità definito nel DPCM 08/07/2003, secondo cui nelle fasce di rispetto calcolate secondo il DM 29/05/2008 non deve essere prevista alcuna destinazione d'uso che comporti una permanenza prolungata oltre le quattro ore giornaliere.

<sup>1</sup> Classe 0 Linee telefoniche, telegrafiche, di segnalazione o comando a distanza.

<sup>2</sup> Classe I Linee di trasporto o distribuzione di energia elettrica la cui tensione nominale è inferiore o uguale a 1000 V

<b>LIMITE DI ESPOSIZIONE</b> Valore efficace che non deve essere superato in caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti	100 $\mu$ T
<b>VALORE DI ATTENZIONE</b> Mediana dei valori nell'arco delle ventiquattro ore nelle normali condizioni di esercizio da considerare 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	10 $\mu$ T
<b>OBIETTIVO DI QUALITA'</b> Mediana dei valori nell'arco delle ventiquattro ore nelle normali condizioni di esercizio da considerare ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz 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 di nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee elettriche già presenti nel territorio	3 $\mu$ T

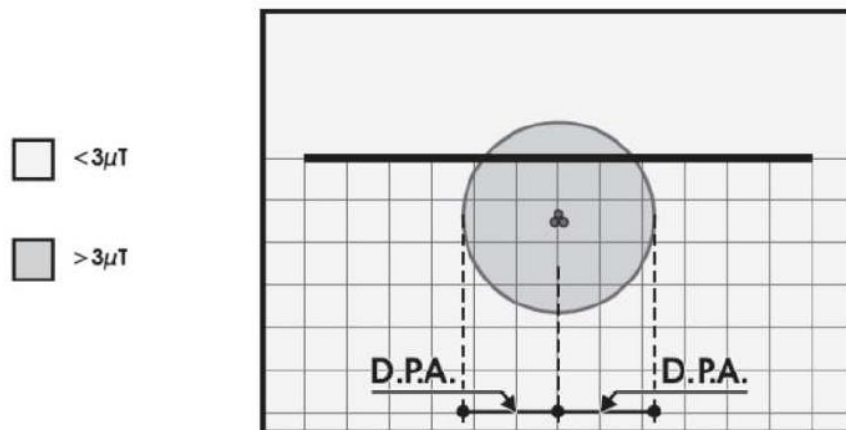
La normativa suddetta consente, in via cautelativa, di determinare le fasce di rispetto con una procedura semplificata.

### 3 METODOLOGIA SEMPLIFICATA

Nel procedimento di calcolo delle fasce di rispetto con il metodo semplificato il proprietario/gestore deve:

- calcolare la fascia di rispetto combinando la configurazione dei conduttori, geometrica e di fase, e la portata della corrente in servizio normale che forniscono il risultato più cautelativo sull'intero tronco;
- proiettare al suolo verticalmente tale fascia;
- comunicare l'estensione della fascia rispetto alla proiezione del centro linea: tale distanza (DPA) sarà adottata in modo costante lungo tutto il tronco come prima approssimazione cautelativa delle fasce.

RAPPRESENTAZIONE DELLA FASCIA DI RISPETTO E DELLA D.P.A.



Per il calcolo del campo magnetico è possibile applicare quanto previsto dalla norma CEI 211-4 "Guida ai metodi dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche".

Nella maggior parte dei casi l'analisi si esaurirà a questo livello.

Nei casi in cui si trovino degli insediamenti anche solo parzialmente all'interno della DPA calcolata, o in casi particolarmente complessi per la presenza di linee numerose o con andamenti molto irregolari, si dovrà eseguire il calcolo esatto della fascia di rispetto lungo le necessarie sezioni della linea, al fine di consentirne una corretta valutazione.

## 4 CALCOLO DELLE DISTANZE DI PRIMA APPROSSIMAZIONE (DPA)

Il calcolo verrà sviluppato per tutte le parti di impianto capaci di generare dei campi elettromagnetici, più precisamente per le linee elettriche interrate MT del parco eolico con cavo non elicordato e le apparecchiature all'interno della cabina collettore utente.

## 5 CALCOLO DELLA DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE DELLE LINEE IN CAVO MT DEL PARCO EOLICO

I cavi di potenza saranno posati, in conformità alla norma CEI 11-17, lungo i margini delle strade interne ed esterne al parco.

Per la connessione degli aerogeneratori alla Cabina Collettore Utente e da questa alla stazione Terna di nuova realizzazione vengono utilizzate due tipologie di cavo in media tensione 36 kV, una unipolare con sigla ARE4H5(AR)E e l'altra unipolare elicordato con sigla ARE4H5(AR)EX. La tipologia e il numero di terne presenti all'interno delle trincee sono desumibili dall'elaborato NL\_PE\_T005

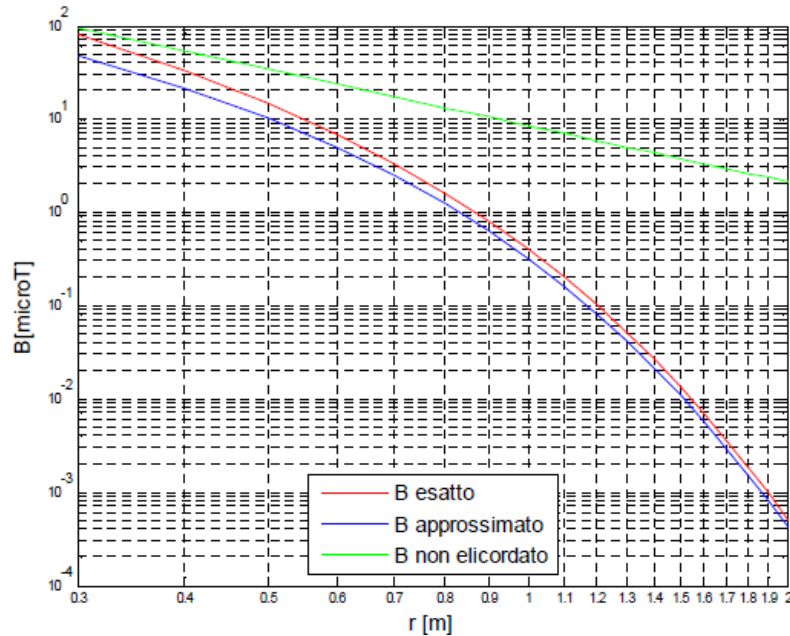
Si riportano di seguito le caratteristiche generali dell'elettrodotta interrato di parco:

- scavo della profondità di circa 1,20 metri e larghezza della base da circa 50 cm a circa 140 cm a seconda del numero di cavi presenti;
- se lo scavo è eseguito su roccia, prima di posare i cavi, si dovrà aumentare la profondità dello scavo di 10 cm e realizzare un letto di sabbia o terra vagliata, altrimenti si potrà posare direttamente il cavo nello scavo;
- se il materiale di risulta è costituito da pietrame di grosse dimensioni si dovranno ricoprire i cavi con un primo strato circa 10 cm di sabbia o terreno di scavo vagliato, altrimenti si potrà utilizzare direttamente la terra dello scavo;
- posa del nastro monitor;
- strato finale di completamento in terreno proveniente dallo scavo.

Per quanto detto in precedenza, in base al punto 3.2 del Decreto 29 maggio 2008 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, i cavi con conformazione ad elica non risultano rientranti nella tipologia di linea elettrica per la quale si debbano valutare le fasce di rispetto in quanto il campo elettromagnetico è, a livello di piano di campagna, da ritenersi trascurabile.



A titolo di esempio nella figura sottostante si mostra come la riduzione del campo totale dovuta ad un cavo elettrico in configurazione tripolare elicordata sia estremamente più rapida della riduzione del campo magnetico rispetto al caso non elicordato al crescere della distanza dall'asse di elicordatura.



Campo magnetico totale esatto, approssimato e per cavo non elicordato al variare della distanza dall'asse dell'elica in coordinate logaritmiche (passo  $p = 1$  m, raggio  $\alpha = 0,1$  m, corrente  $I = 200$  A).

Dalla figura, che mostra i valori del campo magnetico calcolati sia con la formula esatta sia con la formula approssimata, si evince che per distanze dal cavo pari a circa 70 cm il valore del campo magnetico risulta inferiore all'obiettivo di qualità. Poiché tutti i cavi elettrici MT sono interrati mediamente ad una profondità di circa 110 cm, il valore del campo magnetico al livello del terreno si attesta a circa  $0,1 \mu\text{T}$ , ne consegue che le linee elettriche interrate realizzate con cavo elicordato hanno DPA pari a zero.

Per il calcolo della DPA dei cavidotti non elicordati verrà considerata la condizione più gravosa (connessione tra Cabina Collettore Utente e stazione Terna di nuova realizzazione), assumendo la DPA così calcolata per tutti i cavidotti dove risultano posati cavi unipolari non elicordati.

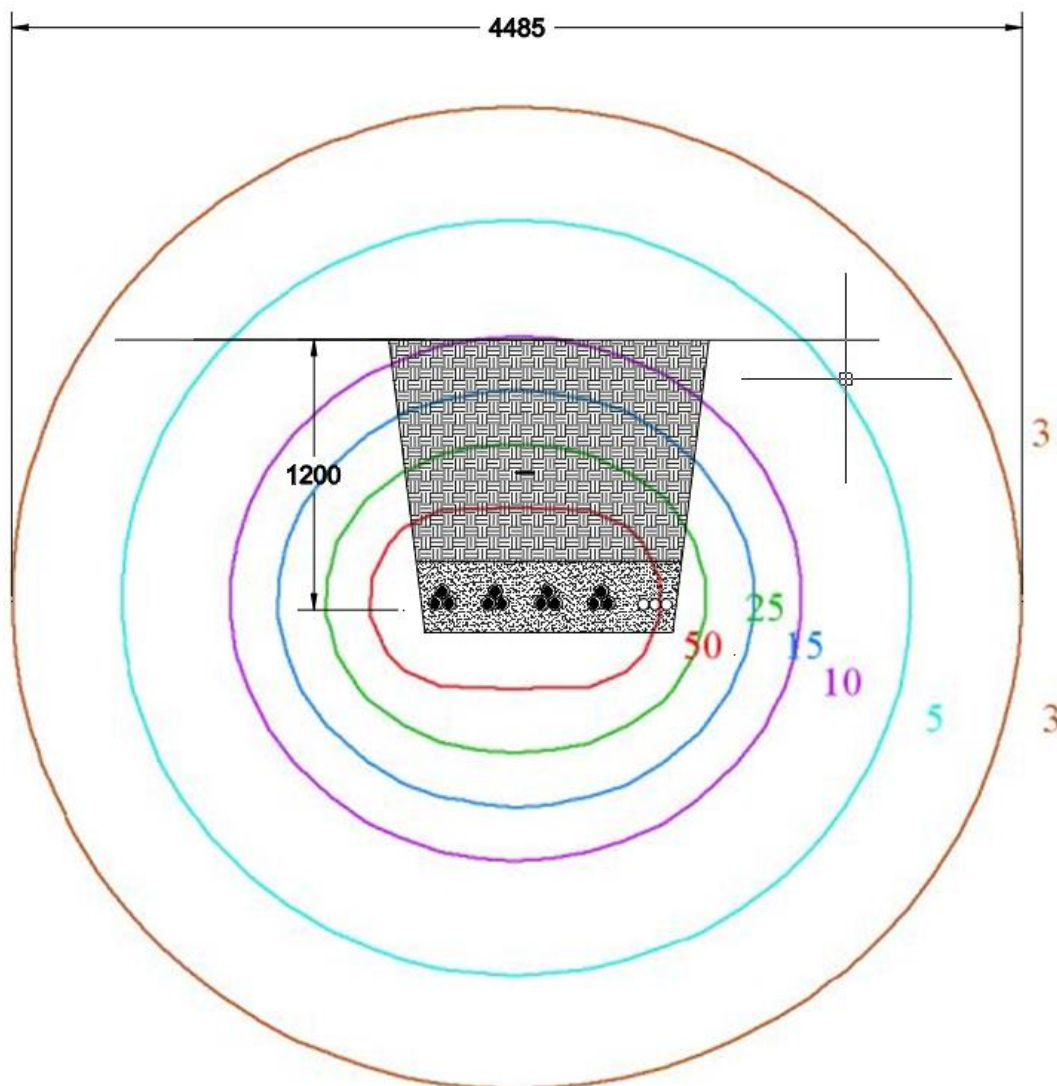
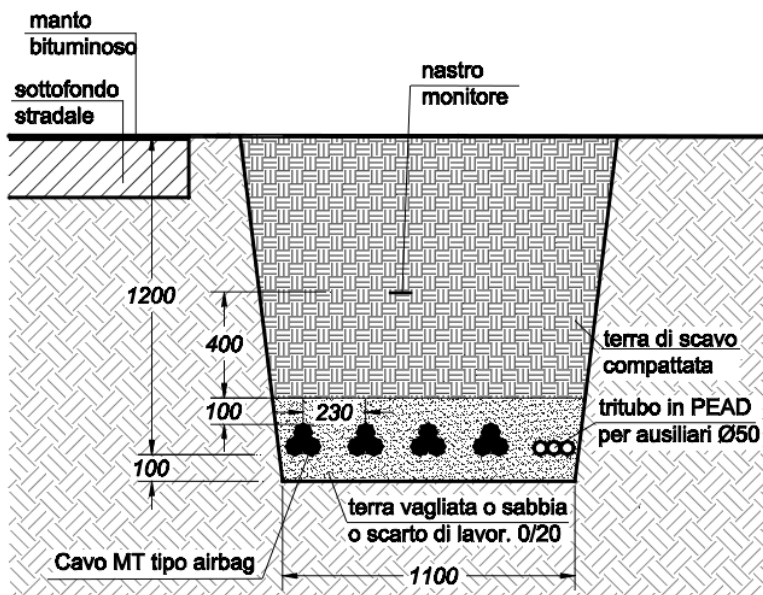
Per la condizione più gravosa, come detto rappresentata dal cavidotto di collegamento tra Cabina Collettore Utente e stazione Terna, costituita da 4 terne di cavo MT 36 kV, verrà eseguita una simulazione con un software specifico (MAGIC della Beshielding) dalla quale scaturirà la larghezza delle DPA.

Il calcolo verrà eseguito utilizzando un cavo con le seguenti caratteristiche:

- Sezione = 500 mmq
- Diametro indicativo esterno = 61 mm



- Portata in corrente nominale = 343 A
- Unipolare schermato conformazione a trifoglio



Dalla simulazione si evince che la DPA dell'elettrodotto interrato è pari a circa 2,25 m

## **6 CALCOLO DELLA DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE DELLA CABINA COLLETTORE UTENTE**

Nella Cabina Collettore Utente sono presenti un quadro MT e un trasformatore MT/BT della potenza di 100 KVA.

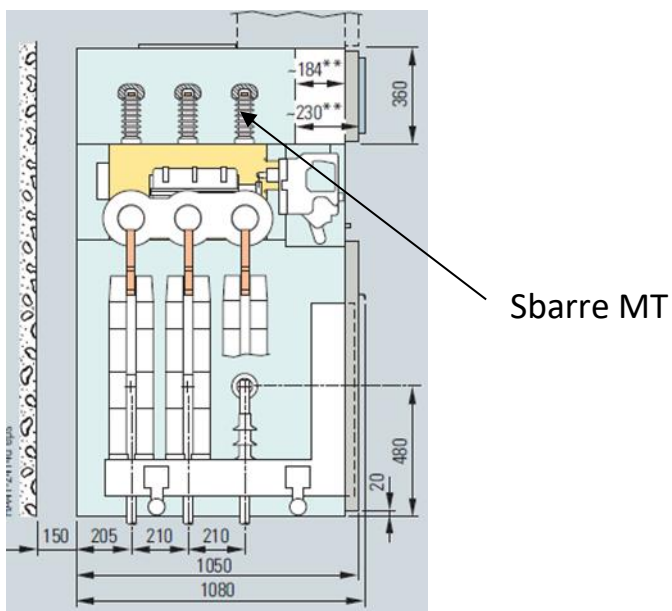
I valori di induzione magnetica all'interno della Cabina Collettore Utente sono prodotti essenzialmente, in base alla geometria del sistema, dal quadro elettrico MT e dal locale cabina di trasformazione MT/BT.

In base a quanto riportato si valuteranno separatamente i contributi dovuti alle seguenti tipologie di sistemi:

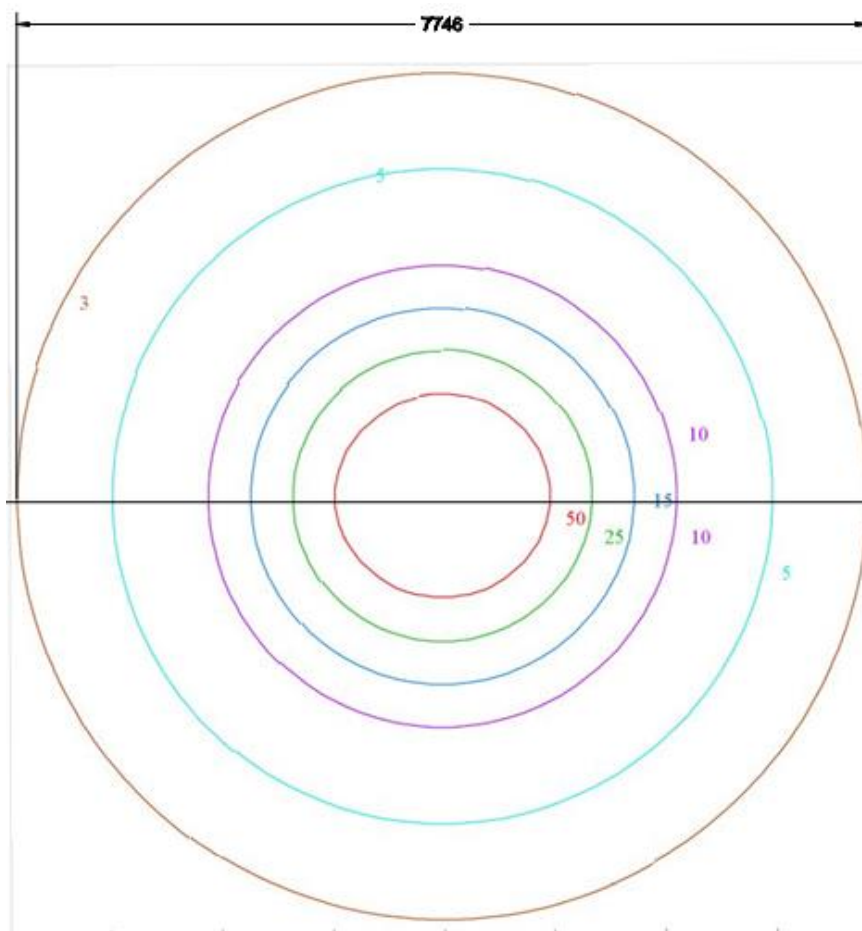
- Locale cabina trasformazione
- Quadro elettrico MT

## **7 CALCOLO DELLA DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE DEL QUADRO ELETTRICO MT**

Per simulare il campo di induzione magnetica generato dal quadro MT viene considerato un quadro MT con distanza tra i conduttori di sbarra pari a 210 mm. La corrente che utilizzeremo per il calcolo è quella della semisbarra del quadro MT pari alla massima corrente prodotta da 6 aerogeneratori con tensione 36 kV.



Il calcolo verrà eseguito utilizzando il software della MAGIC della Beshielding



Dalla simulazione si evince che la DPA del quadro MT è pari a circa 3,87 m

## 8 CALCOLO DISTANZE PRIMA APPROSSIMAZIONE LOCALE CABINA TRASFORMATORE MT/BT

La metodologia riportata nel DM 29/05/08 prevede l'individuazione di una distanza di prima approssimazione intesa come distanza da ciascuna delle pareti (tetto, pavimento e pareti laterali) della cabina oltre la quale il campo magnetico dovrebbe presentare valori inferiori ai 3  $\mu$ T.

La metodologia indicata dal DM 29/05/08 per l'individuazione delle distanze di prima approssimazione si riferisce a cabine di ultima generazione, realizzate secondo gli standard di riferimento nazionali. In questa simulazione pur non essendo una cabina di tipo standar, per la valutazione della distanza di prima approssimazione possiamo ugualmente utilizzare la formula semplificata.

La struttura semplificata sulla base della quale viene calcolata la Dpa è un sistema trifase, percorso da una corrente pari alla corrente nominale di bassa tensione in uscita dal trasformatore e con distanza tra le fasi pari al diametro reale dei cavi in uscita dal trasformatore stesso. I dati di ingresso per il calcolo della Dpa per le cabine di trasformazione sono pertanto la corrente nominale di bassa tensione del trasformatore ed il diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore.

La formula utilizzata è la seguente:

$$\frac{Dpa}{\sqrt{I}} = 0.40942 * x^{0.5241}$$

dove:

Dpa = distanza di prima approssimazione [m]

I = corrente nominale del trasformatore pari a 144 [A]

x = diametro dei cavi in uscita dal trasformatore pari a 0.015 [m]

Ricavato il valore di Dpa esatto si approssima al mezzo metro superiore.

Dalla formula  $Dpa = 0,54$  per cui la Dpa risulta pari a 1 m.

## 9 CONCLUSIONI

Da quanto sopra esposto si ricava che i cavi di media tensione di interconnessione del tipo ad elica visibile, evidenziano valori del campo elettromagnetico sempre inferiori al limite di legge (DPA=0), mentre l'elettrodotto in media tensione interrato non elicordato ha una DPA di 2,25 m. Poiché i cavi sono interrati

nella banchina stradale, una parte della DPA, quella ricade all'interno della sede stradale, mentre l'altra parte della DPA fiancheggia il percorso stradale per una distanza massima di 3 m. Possiamo comunque affermare che i fabbricati più prossimi al tracciato dell'elettrodotto non ricadono nella fascia della DPA poiché si trovano a distanze abbondantemente superiori.

I valori del campo di induzione magnetica  $< 3\mu\text{T}$  generati dalle apparecchiature elettriche della Cabina Collettore Utente ricadono all'interno del recinto.

Si può ancora osservare che la Cabina Collettore Utente e il parco eolico essendo telegestiti non richiedono la presenza costante di personale. La presenza di persone è limitata all'effettuazione di controlli e verifiche delle apparecchiature presenti nella Cabina Collettore.

Sulla base dei risultati ottenuti, si ricava che sia i cavi di media tensione sia le apparecchiature presenti all'interno della Cabina Collettore soddisfano i criteri definiti dalla L.36/2001, dal D.P.C.M. 08/07/2003 e dal Decreto 29 maggio 2008, relativamente all'obiettivo di qualità per l'induzione magnetica.