

REGIONE BASILICATA

Provincia di Potenza

COMUNI DI FORENZA E MASCHITO

PROGETTO

**PARCO EOLICO FORENZA – MASCHITO
POTENZIAMENTO IMPIANTO DI FORENZA**



INTEGRAZIONI

COMMITTENTE

ERG Wind 4



PROGETTISTA



OGGETTO DELL'ELABORATO

C0004895 - A.12 - Relazione tecnica specialistica sull'impatto elettromagnetico -SSE di Banzi

ERG Wind 4 srl

Società con unico socio ERG Wind Holdings (Italy) srl, soggetta all'attività di direzione e coordinamento di ERG spa

www.erg.eu

Torre WTC Via De Marini 1
16149 Genova Italia
ph +39 010 24011
fax +39 010 2401490

Sede Legale: Torre WTC Via De Marini 1 16149 Genova Italia Cap. Soc. euro 6.632.732,00 I.V. R.E.A. Genova 477792 Reg. Impr. GE Cod. Fisc. e P.IVA 02269650640

Rev.
Data di emissione

00
27/03/2020

RAPPORTO

USO RISERVATO

APPROVATO

C0004895

Cliente ERG Power Generation S.p.A.

Oggetto Parco eolico Forenza-Maschito
Potenziamento impianto di Forenza

A.12 - Relazione tecnica specialistica sull'impatto elettromagnetico -SSE di Banzi

Ordine n. 4700026705 del 14.11.2018 - C0004846

Note A1300002442 – Lettera trasm. C0004896

La parziale riproduzione di questo documento è permessa solo con l'autorizzazione scritta del CESI.

N. pagine 15 **N. pagine fuori testo** -

Data 14/04/2020

Elaborato ESC - Capra Davide
C0004895 3293 AUT

Verificato ESC - Pertot Cesare
C0004895 3840 VER

Approvato ESC - Ghilardi Marina (Project Manager)
C0004895 114978 APP

CESI S.p.A.

Via Rubattino 54
I-20134 Milano - Italy
Tel: +39 02 21251
Fax: +39 02 21255440
e-mail: info@cesi.it
www.cesi.it

Capitale sociale € 8.550.000 interamente versato
C.F. e numero iscrizione Reg. Imprese di Milano 00793580150
P.I. IT00793580150
N. R.E.A. 429222

© Copyright 2020 by CESI. All rights reserved

Pag. 1/15

Indice

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | PREMESSA | 3 |
| 2 | CODICE DI CALCOLO UTILIZZATO | 4 |
| 3 | RISULTATI DELLE SIMULAZIONI..... | 5 |
| 3.1 | Configurazioni considerate per i collegamenti in cavo interrato | 5 |
| 3.1.1 | Collegamenti tra gli aerogeneratori e la SSE utente | 5 |
| 3.1.2 | Collegamento tra la SSE utente e la SSE Terna..... | 7 |
| 3.2 | Stazione elettrica utente | 8 |
| 3.3 | Presentazione dei risultati..... | 8 |
| 3.3.1 | Collegamenti in cavo | 8 |
| 3.3.2 | Collegamento tra la SSE utente e la SSE Terna..... | 10 |
| 3.3.3 | Stazione elettrica..... | 11 |
| 4 | CONCLUSIONI | 14 |
| 5 | BIBLIOGRAFIA | 15 |

STORIA DELLE REVISIONI

| Numero revisione | Data | Protocollo | Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati |
|------------------|------------|------------|--|
| 0 | 27/03/2020 | C0004895 | Prima emissione |

1 PREMESSA

Il presente documento ha lo scopo di valutare il campo magnetico¹ generato dai collegamenti tra il nuovo campo eolico di Forenza (PZ) e la nuova stazione elettrica (SSE) di Banzi.

Il nuovo campo eolico sarà costituito da 12 aerogeneratori da 4.5 MW per complessivi 54 MW. Gli aerogeneratori saranno collegati fra loro e a loro volta si conetteranno alla sottostazione tramite cavidotti interrati. Nella Tavola A.16.b.6 sono indicate le posizioni di tutti gli aerogeneratori e dei collegamenti elettrici in progetto che saranno posati lungo strade sterrate e strade comunali e provinciali.

Si precisa che, poiché i collegamenti tra gli aerogeneratori saranno effettuati utilizzando cavi interrati, il campo elettrico generato è trascurabile e non verrà preso in considerazione nell'elaborato.

Inoltre, per quanto riguarda il campo magnetico generato dagli aerogeneratori, occorre considerare che, data la quota di installazione (> 110 m da terra) e la struttura metallica dei sostegni, esso è trascurabile al livello del terreno.

Infine, è prevista la realizzazione di una nuova stazione elettrica (SSE), con un singolo stallo e un trasformatore da 150/30 kV, che sarà collegata, mediante un cavo interrato a 150 kV, alla vicina stazione elettrica Terna in progetto.

¹ L'induzione magnetica B, anche chiamata densità del flusso magnetico, è espressa in Tesla o sottomultipli come il μT (10^{-6} T). Essa è una grandezza di uso più comune del campo magnetico H (espresso in A/m) ed è direttamente correlata a quest'ultimo attraverso la relazione $B=\mu\cdot H$ dove μ rappresenta la permeabilità magnetica del mezzo (che per l'aria assume il valore di $4\pi \times 10^{-7}$ henry/m). Nella presente relazione il termine campo magnetico viene usato come sinonimo di induzione magnetica.

2 CODICE DI CALCOLO UTILIZZATO

Allo scopo di predire i valori di campo magnetico associabili alle diverse configurazioni di linea, è stato utilizzato il codice di calcolo tridimensionale “Ampere3D”, sviluppato dal CESI seguendo i criteri riportati nella guida CEI 211-4 [1], per il calcolo dei campi magnetici a frequenza industriale generati da elementi circuitali arbitrariamente disposti nello spazio (vedi [2], [3], [4]).

Il codice di calcolo sopra citato rappresenta ogni conduttore del circuito elettrico simulato come un insieme di segmenti di lunghezza finita disposti in modo tale da approssimare anche eventuali andamenti non rettilinei. L'applicazione della legge di “Biot-Savart” ai conduttori di lunghezza finita, congiuntamente all'applicazione del principio di sovrapposizione degli effetti, consente la determinazione del campo magnetico in ogni punto dello spazio.

Il modello è stato validato per confronto, sia con i risultati sperimentali disponibili in letteratura [5], sia con quelli ottenuti mediante formule analitiche approssimate (valevoli cioè solo per assegnate distribuzioni bidimensionali dei conduttori [6]) evidenziando un'ottima corrispondenza fra misure e simulazioni e un buon accordo fra i valori del campo calcolati con i due metodi.

Il modello è stato quindi utilizzato per determinare la fascia di rispetto, intesa come luogo dei punti in cui il campo magnetico è maggiore o uguale a $3 \mu\text{T}$ (obiettivo di qualità definito dal DPCM 8/7/03 [7]), relativa a diverse configurazioni di posa dei conduttori e allo stallo della SSE utente in progetto.

3 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI

3.1 Configurazioni considerate per i collegamenti in cavo interrato

3.1.1 *Collegamenti tra gli aerogeneratori e la SSE utente*

Per i collegamenti tra gli aerogeneratori e la SSE verranno utilizzati cavi unipolari posati a trifoglio secondo le diverse configurazioni di seguito descritte.

Per le simulazioni sono stati cautelativamente considerati cavi con diametro esterno pari a 55 mm, caratteristico di conduttori con sezione nominale di 630 mm².

Come evidenziato in Figura 1 (tratta dalla Tavola A.16.b.7.II), l'energia prodotta dagli aerogeneratori sarà trasportata alla SSE mediante 3 cavi tripolari a 30 kV che raccolgono l'energia da 4 aerogeneratori ciascuno. Alla SSE saranno quindi connessi 3 cavi tripolari che trasportano 18 MW ciascuno (4.5 MW x 4 corrispondenti a circa 350 A).

Per i calcoli del campo magnetico sono quindi state considerate le configurazioni di posa riportate schematicamente nelle figure 2÷4.

Per le configurazioni schematizzate nelle figure 2÷4 sono state determinate le fasce di rispetto per la portata dei cavi pari a 350 A (18 MW).

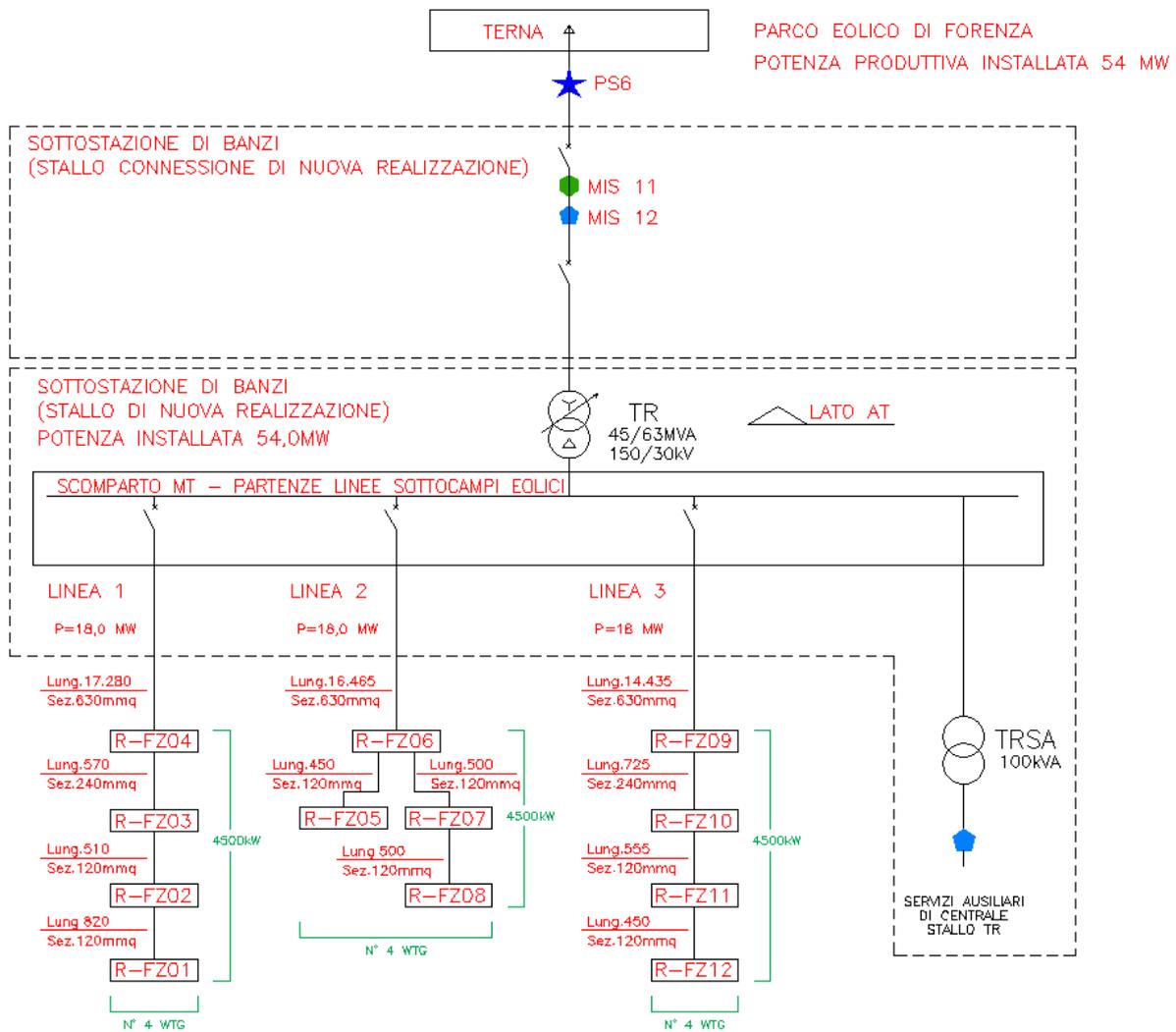


Figura 1- Schema a blocchi dei collegamenti del nuovo parco eolico

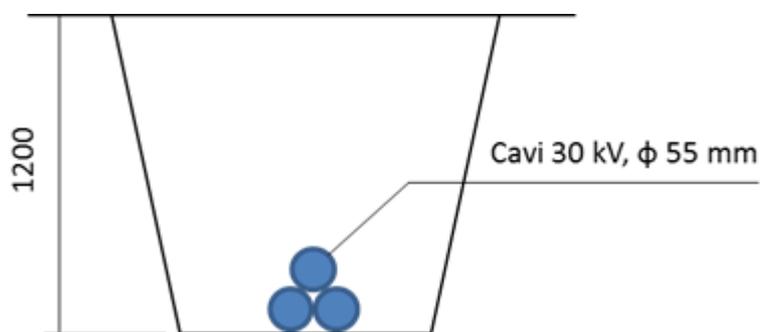


Figura 2- Configurazione di posa con una terna di cavi (disegno non in scala)

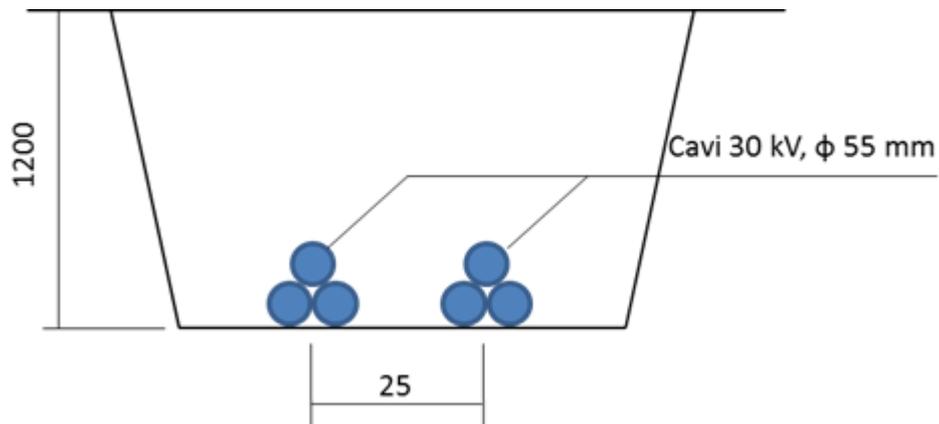


Figura 3- Configurazione di posa con due terne di cavi (disegno non in scala)

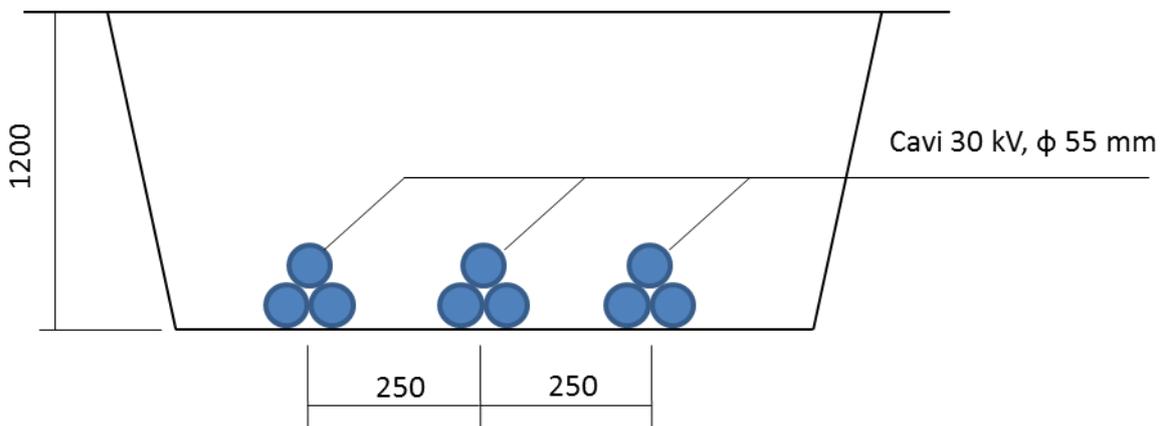


Figura 4- Configurazione di posa con tre terne di cavi (disegno non in scala)

3.1.2 Collegamento tra la SSE utente e la SSE Terna

Per il collegamento tra la SSE utente e la SSE Terna verrà realizzato un elettrodotto a 150 kV costituito da una trina di cavi unipolari in alluminio, isolamento in polietilene reticolato (XLPE), schermatura in alluminio e guaina esterna in polietilene.

Per le simulazioni sono stati cautelativamente considerati cavi con diametro esterno pari a 100 mm, caratteristico di conduttori con sezione nominale di 400 mm² (vedi Figura 5). È stata considerata una portata in corrente pari a 208 A a 150 kV.

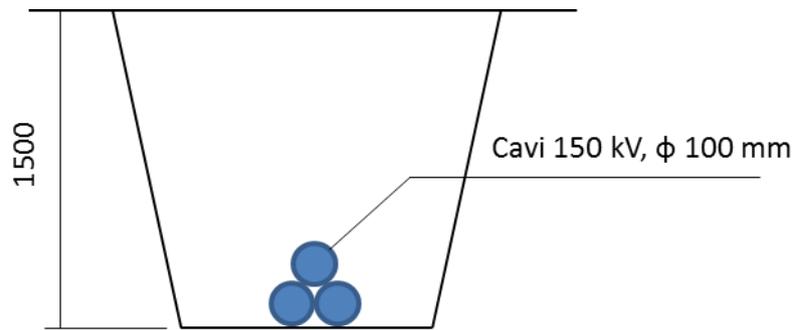


Figura 5- Configurazione di posa dei cavi a 150 kV (disegno non in scala)

3.2 Stazione elettrica utente

La tavola A.16.a.13.I allegata al progetto riporta il layout della nuova stazione elettrica che prevede la realizzazione di uno stallo con trasformatore 150/30 kV. Lo stallo è collegato alla vicina futura SSE Terna.

La fascia di rispetto della nuova SSE è stata calcolata prendendo in considerazione i collegamenti aerei interni alla stazione elettrica considerando una portata in corrente di 208 A a 150 kV.

I conduttori nella SSE sono stati modellati nel loro percorso dal trasformatore fino al portale di collegamento con la stazione Terna adiacente (vedi Tavola A.16.a.13.I). Si evidenzia inoltre che non è stato effettuato il calcolo del campo magnetico generato dal trasformatore 30/150 kV presente nella stazione in quanto questo può essere considerato trascurabile. È noto infatti che il campo magnetico generato dai trasformatori (soprattutto quelli isolati in olio) è trascurabile rispetto a quello generato dai collegamenti presenti, come suggerito al § 4.1.1 del Rapporto Tecnico CEI CLC/TR 50453 [8].

3.3 Presentazione dei risultati

3.3.1 Collegamenti in cavo

Nei grafici delle figure 5÷7 seguenti sono riportate le curve isolivello del campo magnetico a 3 μ T che determinano le fasce di rispetto per le diverse configurazioni di posa dei cavi descritte al § 3.1.1. In sintesi, nella tabella seguente vengono riassunte le estensioni della fascia di rispetto per ciascuna configurazione considerata.

| Configurazione | Riferimento configurazione | Riferimento calcolo | Ampiezza della fascia di rispetto [m] |
|----------------|----------------------------|---------------------|---------------------------------------|
| Una terna | Figura 2 | Figura 6 | 1.3 |
| Due terne | Figura 3 | Figura 7 | 2.8 |
| Tre terne | Figura 4 | Figura 8 | 3.8 |

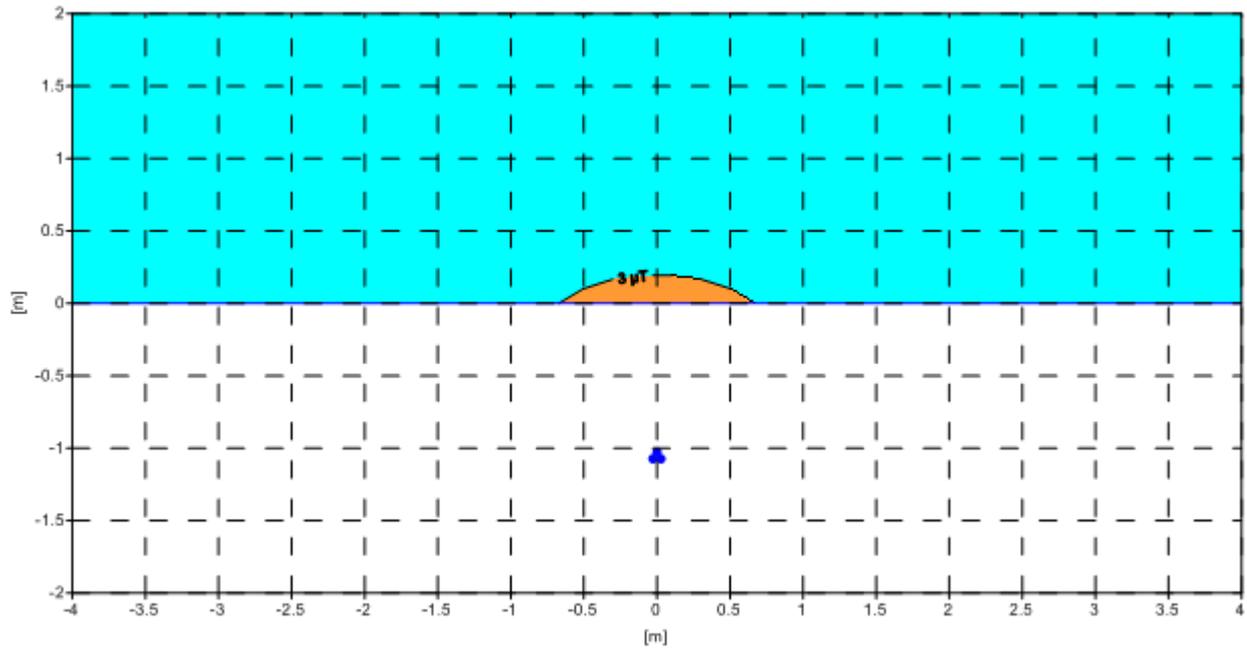


Figura 6- Fascia di rispetto (curva isolivello a 3 μT) per la configurazione di posa con una terna (350 A)

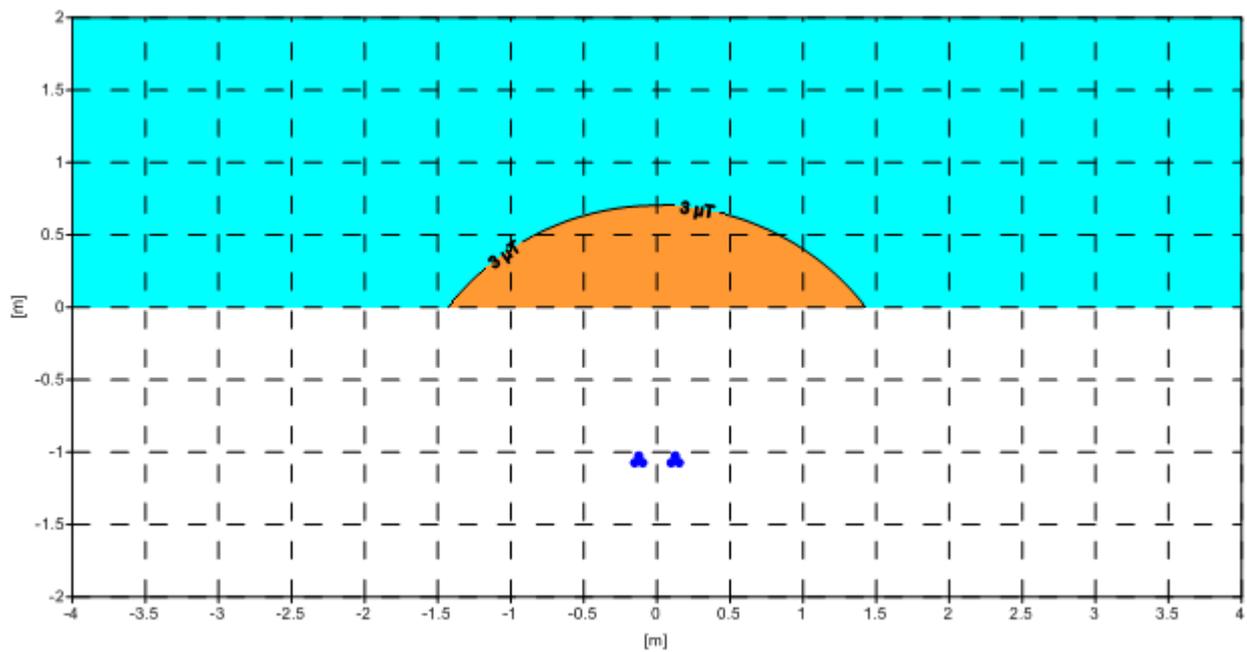


Figura 7- Fascia di rispetto (curva isolivello a 3 μT) per la configurazione di posa con due terne (350 A ciascuna)

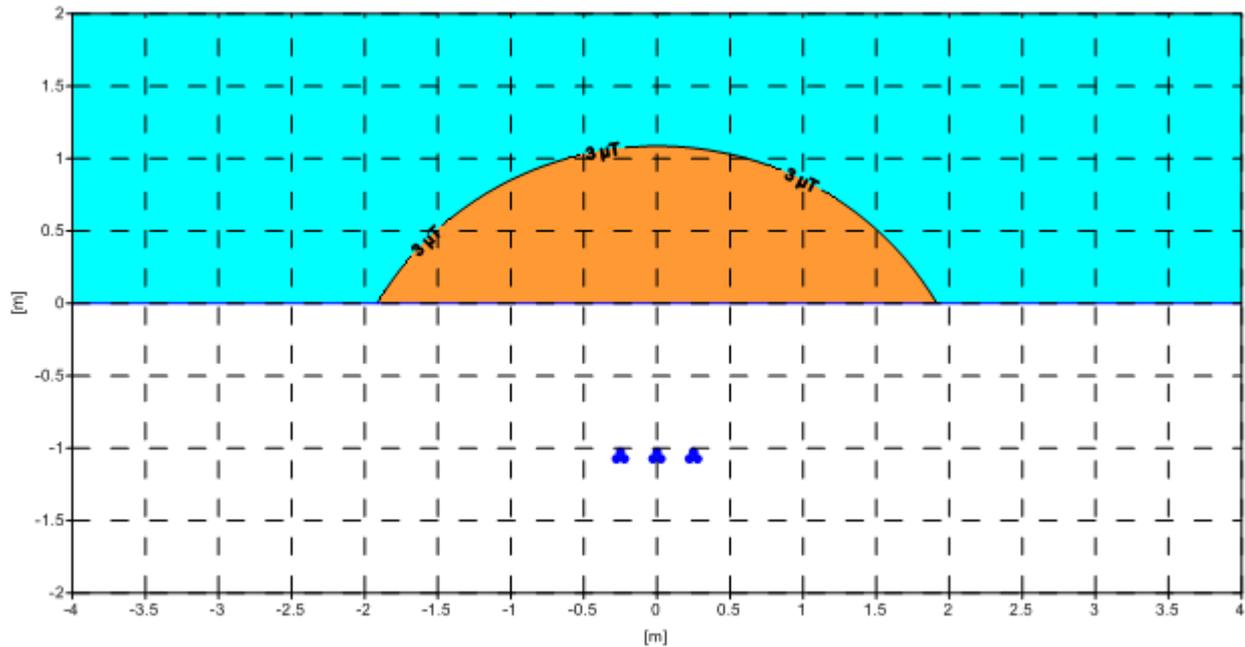


Figura 8- Fascia di rispetto (curva isolivello a 3 μT) per la configurazione di posa con tre terne (350 A ciascuna)

3.3.2 Collegamento tra la SSE utente e la SSE Terna

Nel grafico di Figura 9 sono riportate le curve isolivello del campo magnetico al di sopra del cavo AT per la configurazione di posa descritta al § 3.1.2. Si nota come al livello del suolo il campo magnetico è sempre inferiore a 3 μT (valore massimo al suolo pari a 2.5 μT).

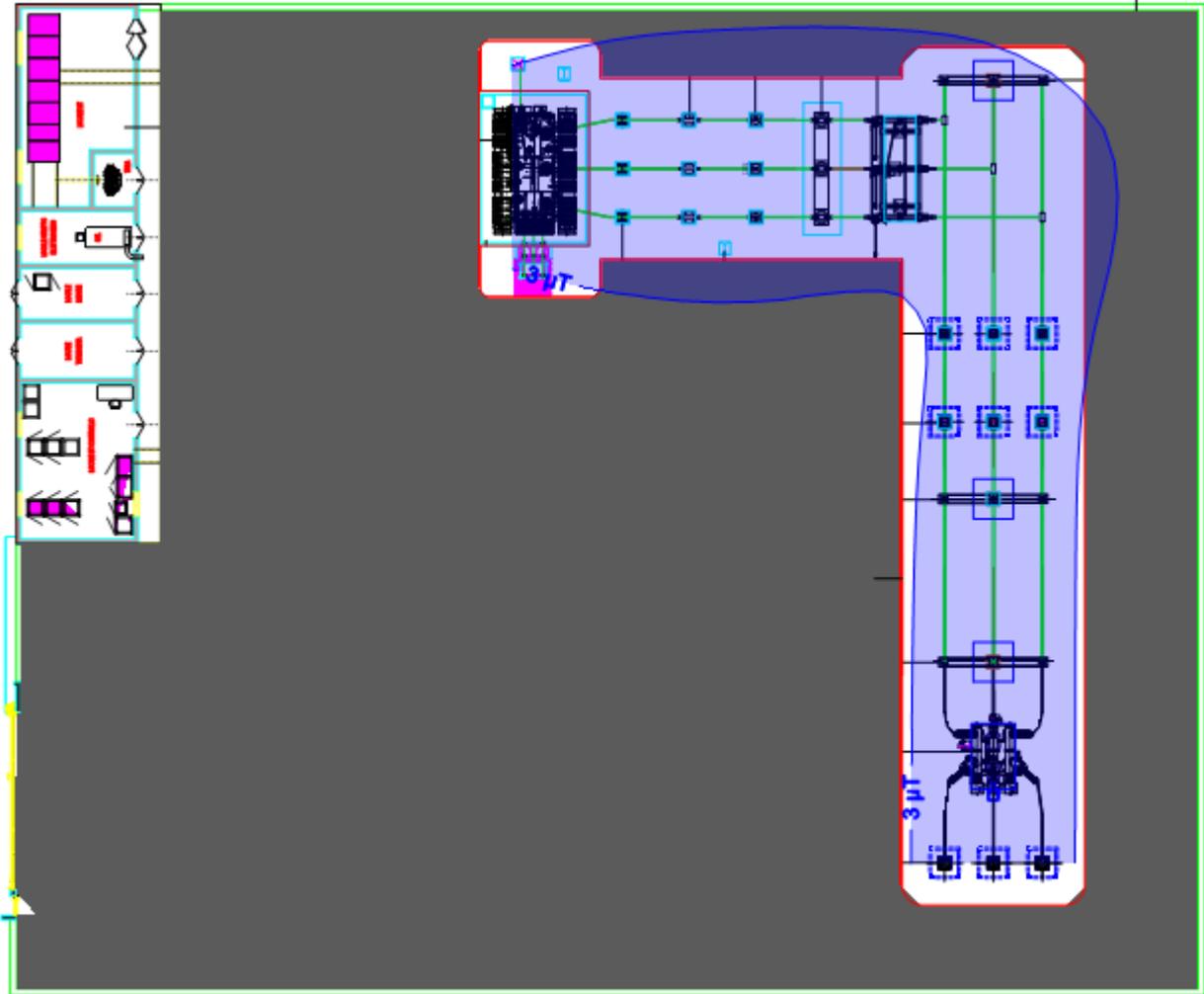


Figura 10 –Curva isolivello del campo magnetico a 1 m da terra a 3 μT, nella SSE Banzi.

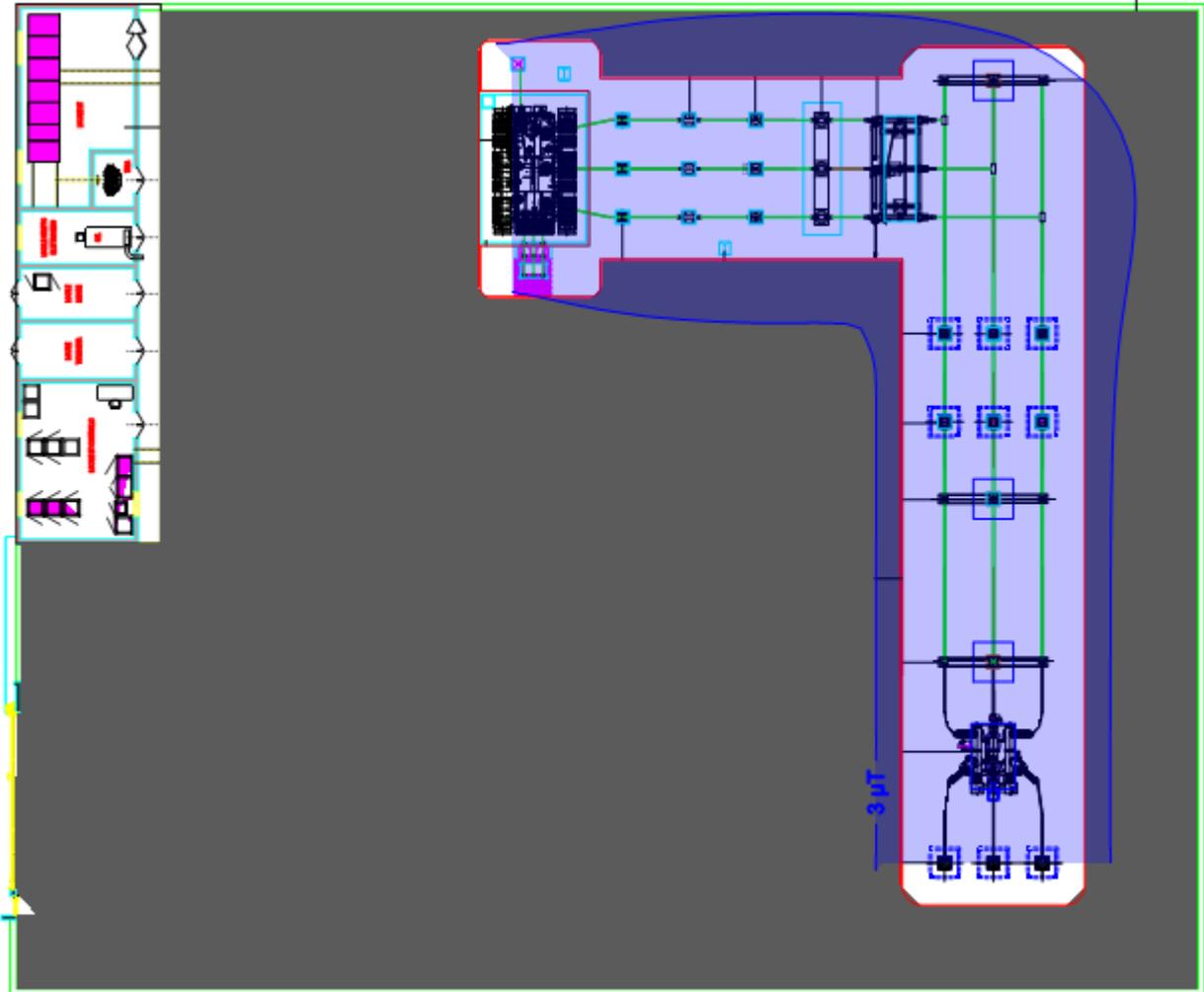


Figura 11 –Curva isolivello del campo magnetico a 2 m da terra a 3 μ T, nella SSE Banzi.

4 CONCLUSIONI

La presente relazione descrive i risultati dello studio condotto per valutare i campi magnetici generati dalle opere da realizzare per la costruzione del nuovo campo eolico di Forenza.

Sono quindi state determinate le fasce di rispetto relative ai diversi collegamenti previsti per l'impianto che seguiranno i tracciati di strade già esistenti. In particolare, le fasce di rispetto dei collegamenti in cavo interrato tra il campo eolico e la SSE utente, nelle condizioni di carico cautelative considerate, sono tali da rimanere in stretta vicinanza della carreggiata stradale senza interferire con aree gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici e luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere.

Per quanto riguarda la nuova SSE, la fascia di rispetto sarà contenuta all'interno del confine della stazione, mentre il collegamento in cavo con la SSE Terna è tale da non generare campi magnetici superiori all'obiettivo di qualità definito dal DPCM 8/7/2003 [7].

In conclusione, si può affermare che per tutte le sorgenti di campi magnetici individuate, le emissioni risultano essere inferiori ai limiti imposti dalla normativa vigente.

5 BIBLIOGRAFIA

- [1] Norma Tecnica CEI n° 211-4: "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche." 2008.
- [2] G. Geri, M. Veca, R. Conti: "Calcolo del campo magnetico prodotto dai sistemi elettrici di potenza". 96a Riunione Annuale dell'AEI - Roma, 1995.
- [3] D. Capra, R. Conti, F. Deponti, N. Fanelli, L. Pedretti: "CESI's experience in the areas of characterisation, assessment and reduction of human exposure to extremely low frequency electromagnetic fields ". Atti del Convegno nazionale di ARPA-Ivrea su "Problemi e tecniche di misura degli agenti fisici in campo ambientale". Ivrea, 3/5 aprile 2001. (in Radiation Protection Dosimetry - special issue).
- [4] D. Capra, R. Conti, F. Deponti, N. Fanelli, L. Pedretti: "Metodi sperimentali e modelli numerici per la valutazione dei campi elettrici e magnetici a frequenza industriale: utili sinergismi", Riunione Generale AEI, Padova, 3-5 ottobre, 2001.
- [5] J.E. Bridges, M. Preache, "Biological influences of power frequency electric fields - A tutorial review from a physical and experimental viewpoint". Proceedings of the IEEE, vol. 69, n°. 9, September 1981.
- [6] W. T. Kaune and L. E. Zaffanella, "Analysis of magnetic fields produced far from electric power lines", IEEE Transaction on Power Delivery, vol. 7, n°. 4, pp 2082-2089, October 1992.
- [7] Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 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.", pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale Italiana n° 200 del 29/8/2003.
- [8] Norma Tecnica CEI CLC/TR 50453 del 02/2008: "Valutazione dei campi elettromagnetici attorno ai trasformatori di potenza".