

REGIONE SICILIA

Provincia di Catania e Enna

COMUNI DI CASTEL DI IUDICA, RAMACCA, RADDUSA E ASSORO

PROGETTO

POTENZIAMENTO "PARCO ENNESE"



PROGETTO DEFINITIVO

COMMITTENTE



PROGETTISTA



Hydro Engineering s.s.
di Damiano e Mariano Galbo
via Rossotti, 39
91011 Alcamo (TP) Italy



OGGETTO DELL'ELABORATO

RELAZIONE TECNICA SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO

| REV. | DATA | ATTIVITA' | REDATTO | VERIFICATO | APROVATO | | | | | |
|--------------------|----------------|-----------------|---------|------------|----------|--------------------|-------|-----------|--------|------|
| 0 | Settembre 2022 | PRIMA EMISSIONE | VF | MG | DG | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| CODICE PROGETTISTA | | DATA | SCALA | FORMATO | FOGLIO | CODICE COMMITTENTE | | | | |
| REN-PD-R06 | | 09/2022 | / | A4 | 1 di 43 | IMP. | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV. |

NOME FILE: REN-PD-R06_Relazione tecnica sull'impatto elettromagnetico.dwg

Alpiq Wind Italia S.r.l. si riserva tutti i diritti su questo documento che non può essere riprodotto neppure parzialmente senza la sua autorizzazione scritta.

INDICE

| | |
|--|-----------|
| 1. PREMESSA..... | 2 |
| 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 3 |
| 3. FONTI DI EMISSIONE | 4 |
| 4. VALORI LIMITE DI RIFERIMENTO..... | 5 |
| 4.1. VALORI LIMITE DEL CAMPO MAGNETICO | 5 |
| 4.2. VALORI LIMITE DEL CAMPO ELETTRICO | 5 |
| 5. CAMPO ELETTROMAGNETICO GENERATO DAGLI ELETTRODOTTI..... | 6 |
| 5.1. CAVI POSA ELICORDATA SEZIONE 185 -300 MM2 | 6 |
| 5.2. CAVI POSA A TRIFOGLIO SEZIONE 630 MM ² | 7 |
| 5.2.1. CASO A – 1 TERNA DI CAVI | 8 |
| 5.2.2. CASO B – 2 TERNE DI CAVI | 12 |
| 5.2.3. CASO C – 3 TERNE DI CAVI..... | 17 |
| 5.2.4. CASO D – 4 TERNE DI CAVI | 21 |
| 5.2.5. CASO E – 7 TERNE DI CAVI..... | 25 |
| 5.2.6. CASO E – 8 TERNE DI CAVI..... | 30 |
| 5.3. RIEPILOGO DPA ELETTRODOTTI | 35 |
| 1. CAMPO ELETTROMAGNETICO GENERATO DAGLI AEROGENERATORI | 36 |
| 2. CAMPO ELETTROMAGNETICO GENERATO DALLA SSEU | 37 |
| 3. CONCLUSIONI | 38 |
| 4. ALLEGATO: DPA ELETTRODOTTI | 39 |
| 5. ALLEGATO B: DPA SOTTOSTAZIONE ELETTRICA DI UTENTE E STAZIONE TERNA | 41 |

1. PREMESSA

La società Alpiq Wind Italia S.r.l. è proprietaria del parco eolico denominato “Ennese” che ha una potenza complessiva di 70,50 MW e risulta composto da 47 aerogeneratori del tipo ECOTECHNIA 80 aventi una potenza pari a 1,5 MW ciascuno.

Dei 47 aerogeneratori esistenti, 20 unità sono ubicati nel Comune di Ramacca, 9 unità nel Comune di Castel di Judica e 18 unità nel Comune di Raddusa. La sottostazione di consegna dell'energia prodotta alla Rete Elettrica Nazionale è ubicata nel comune di Assoro.

La società Hydro Engineering s.s. è stata incaricata di redigere il progetto definitivo relativo al potenziamento dell'esistente impianto eolico.

Il progetto di potenziamento consiste nella sostituzione dei n°47 aerogeneratori esistenti con 22 nuovi aerogeneratori, ciascuno dei quali di potenza massima pari a 6,6 MW, per una potenza complessiva di 145,20 MW. L'installazione del più moderno tipo di generatore comporterà la consistente riduzione del numero di torri eoliche, dalle 47 esistenti alle 22 proposte, riducendo l'impatto visivo, che talvolta può trasformarsi nel cosiddetto effetto selva.

Nel complesso il progetto di potenziamento si compone delle seguenti fasi:

- smantellamento dei n°47 aerogeneratori esistenti e la realizzazione di n°22 aerogeneratori, ciascuno di potenza pari a 6,6 MW, per una potenza complessiva di 145,20 MW;
- costruzione di un elettrodotto MT da 30 kV, di collegamento tra gli aerogeneratori e la stazione di trasformazione utente 30/150 kV;
- adeguamento della stazione di trasformazione utente esistente da 21/150 kV a 30/150Kv;
- potenziamento delle linee RTN 150 kV “Dittaino CP – Assoro Sm”, già autorizzato con D.A. n. 233/GAB del 15/11/2021

La presente relazione tecnica specialistica ha per oggetto nell'ambito dello studio di impatto ambientale la valutazione dell'impatto elettromagnetico delle opere in progetto, individuando le potenziali sorgenti di emissione e valutandone i potenziali rischi legati all'esposizione delle persone.

Nel seguito della relazione si darà in particolare descrizione della normativa di riferimento, dei campi generati dagli aerogeneratori, dalla sottostazione elettrica di collegamento alla rete di trasmissione nazionale, ed infine dalle linee elettriche in MT di collegamento fra gli aerogeneratori e la sottostazione elettrica.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per la realizzazione del presente progetto si è fatto riferimento, tra l'altro, alla seguente normativa:

- Regio Decreto 11 dicembre 1933, n. 1775 "Testo unico delle disposizioni di legge sulle acque e impianti elettrici;
- Legge 23 luglio 2009, n°99, "Disposizioni per lo sviluppo e l'internazionalizzazione delle imprese, nonché in materia di energia";
- Decreto del 27/02/09, Ministero della Sviluppo Economico;
- Decreto del 29/05/08, "Approvazione delle procedure di misura e valutazione dell'induzione magnetica";
- DM del 29.5.2008, "Approvazione della metodologia di calcolo delle fasce di rispetto per gli elettrodotti";
- Decreto del Presidente del Consiglio dei ministri 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", G.U. 28 agosto 2003, n. 200;
- Legge quadro 22/02/2001, n. 36, "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici", G.U. 7 marzo 2001, n.55;
- Norma 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";
- Norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche";
- Norma CEI 211-6 "Guida per la misura e la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz – 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana".
- Norma CEI 11-17: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo;

3. FONTI DI EMISSIONE

Le apparecchiature elettromeccaniche previste nella realizzazione del parco eolico in oggetto generano normalmente, durante il loro funzionamento, campi elettromagnetici con radiazioni non ionizzanti.

In particolare, sono da considerarsi come sorgenti di campo elettromagnetico le seguenti componenti del parco eolico:

- i generatori eolici.
- le cabine di trasformazione primarie (Stazione Elettrica TERNA, SE 150 Kv) e secondarie (Sotto-Stazione Elettrica Utente, SSEU 30/150 Kv e raccordi AT);
- tutte le linee elettriche a servizio dell'impianto:
 - elettrodotto in MT di interconnessione fra gli aerogeneratori;
 - elettrodotto MT di vettoriamento dell'energia prodotta dai sottocampi verso la SSEU;
 - elettrodotto in AT di collegamento tra SSEU.

La fonte di campo elettromagnetico identificata con le linee elettriche aeree in AT, di connessione tra la SE e la Rete di Trasmissione Nazionale, è stata analizzata nel Progetto elettrico per l'ottenimento del benessere TERNA, nell'ambito del quale sono state definite le relative DPA.

Le rimanenti componenti dell'impianto (sezione BT, apparecchiature del sistema di controllo, etc.) sono state giudicate non significative dal punto di vista delle emissioni elettromagnetiche; pertanto, non verranno trattate ai fini della valutazione.

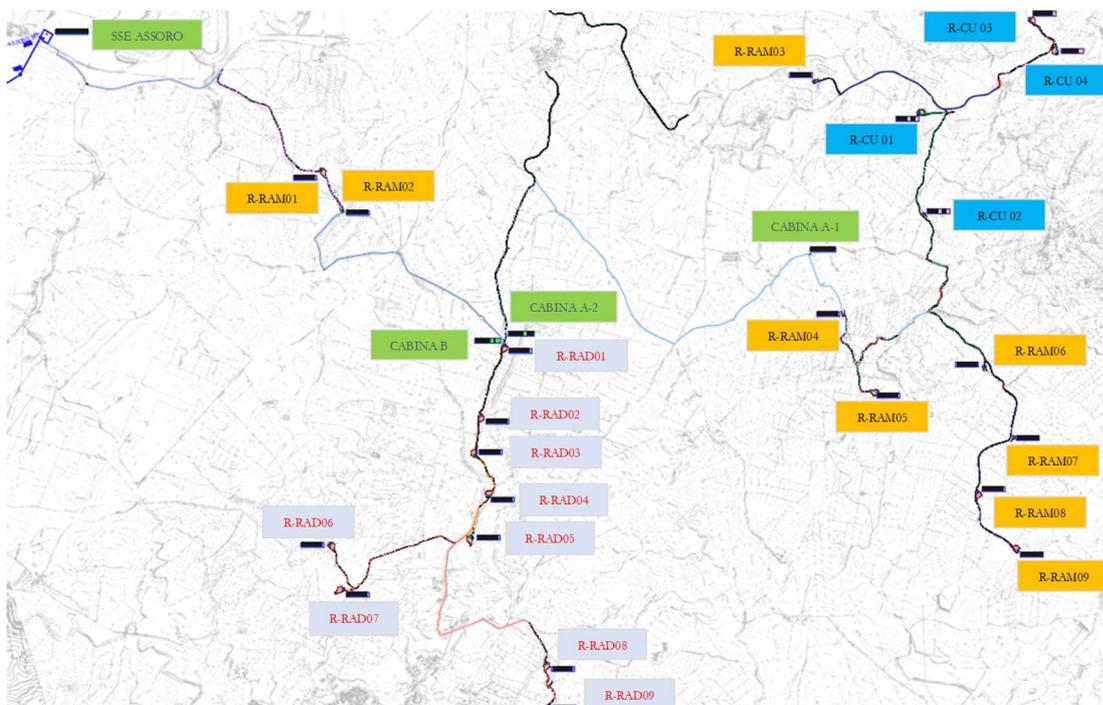


Fig.1- Inquadramento impianto su CTR 1:10.000

4. VALORI LIMITE DI RIFERIMENTO

Nella redazione della relazione tecnica sui campi elettromagnetici e sul contenimento del rischio di elettrocuzione è stato tenuto conto della normativa vigente in materia.

In particolare, sono state recepite le indicazioni contenute nel DPCM 08/07/2003, il quale fissa i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete generati dagli elettrodotti. Si è, inoltre, tenuto conto di quanto previsto dal DM 29/05/2008 per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti (metodologia di calcolo indicata dall'APAT), e della Legge quadro 22/02/2001, n. 36, "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici", G.U. 7 marzo 2001, n.55.

4.1. VALORI LIMITE DEL CAMPO MAGNETICO

Per quanto concerne il campo magnetico generato dagli elettrodotti, esistono tre diverse soglie cui fare riferimento, fissate attraverso il DPCM 8/07/2003.

L'art. 3 del citato decreto indica come soglie i valori dell'induzione magnetica mostrati in tabella.

| Soglia | Valore limite del campo magnetico |
|--|---|
| Limite di esposizione | 100 μT (da intendersi come valore efficace) |
| Valore di attenzione (misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, nelle aree di gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere) | 10 μT (da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio) |
| Obiettivo di qualità (nella progettazione di nuovi elettrodotti in aree di gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, e nella progettazione di nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità delle linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio) | 3 μT (da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio) |

4.2. VALORI LIMITE DEL CAMPO ELETTRICO

Per quanto concerne il campo elettrico, il DPCM 8/07/2003 stabilisce il valore limite di tale campo pari a 5kV/m, inteso come valore efficace.

5. CAMPO ELETTROMAGNETICO GENERATO DAGLI ELETTRODOTTI

Quella che viene presentata in questi paragrafi è una valutazione analitica del campo magnetico generato dagli elettrodotti, basata sulle metodologie di calcolo suggerite dall'APAT (Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici), approvate dal D.M. 29/05/2008, e specificate dalla norma CEI 106-11.

Per la valutazione del campo magnetico generato dall'elettrodotto occorre innanzitutto distinguere gli elettrodotti in funzione della tipologia dei cavi utilizzati.

Il progetto, infatti, prevede l'utilizzo di cavi del tipo in alluminio schermati in posa a trifoglio a elica visibile per sezioni fino a 500 mm², mentre a semplice trifoglio per i cavi di sezione maggiore.

La tabella che segue mostra le differenti tipologie di cavi da utilizzare e le caratteristiche di posa

| | Cavi con isolamento in EPR | | |
|---------------------------------|----------------------------|--------------------------|-----------|
| Tensione | 30 kV | 30 kV | 30 kV |
| Sezione (mm²) | 185 | 300 | 630 |
| Tipo posa | Cordato a elica visibile | Cordato a elica visibile | Trifoglio |
| Profondità posa (m) | 1,10 | 1,10 | 1,10 |

5.1. CAVI POSA ELICORDATA SEZIONE 185 -300 MM2

Si fa presente che, date le caratteristiche costruttive, i cavi in progetto presentano una configurazione ad elica visibile per le sezioni fino a 300 mm².

Come già anticipato, trattasi di cavi elicordati ad elica visibile. Come noto dalla normativa citata in materia, le particolarità costruttive di questi cavi, ossia la ridotta distanza tra le fasi e la loro continua trasposizione dovuta alla cordatura, fanno sì che il campo magnetico prodotto sia notevolmente inferiore a quello prodotto da cavi analoghi posati in piano o a trifoglio.

In aggiunta a questa prima considerazione, si fa notare come le metodologie di calcolo suggerite dall'APAT (Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici), approvate dal D.M. 29/05/2008, con le quali verranno condotti i calcoli nel seguito, fanno esplicito riferimento al caso in questione come un caso per il quale non è richiesto alcun calcolo delle fasce di rispetto. All'art. 3.2 dell'allegato al suddetto decreto viene infatti detto che:

“sono escluse dall'applicazione della metodologia:

.....

- *Le linee in MT in cavo cordato ad elica (interrate o aeree);*

In tutti questi casi 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”.

Trattandosi nei casi in questione di un elettrodotto costituito da linee in MT in cavo cordato ad elica, come evidenziato in precedenza, si ritiene a maggior ragione non essere necessario alcuno studio circa i campi magnetici generati dai cavi di sezione 185 – 300 mm².

Il campo elettromagnetico generato dai cavi di sezione 185 mm² e 300 mm² risulta essere infatti di gran lunga inferiore ai valori limite richiesti e, pertanto, già dopo una prima analisi qualitativa, se ne può escludere la valutazione numerica, così come previsto dalla normativa e dalle leggi vigenti.

5.2. CAVI POSA A TRIFOGLIO SEZIONE 630 MM²

Per la valutazione del campo magnetico generato da tali elettrodotti occorre innanzitutto individuare le possibili diverse configurazioni che si presentano nel caso in esame, e sulla base di questi individuare i diversi casi sui quali effettuare la valutazione del campo.

Si possono individuare nel parco eolico in progetto le seguenti tipologie di elettrodotti:

- CASO A: Linea elettrica in cavo interrato costituita da 1 terne cavi MT posata a trifoglio;
- CASO B: Linea elettrica in cavo interrato costituita da 2 terne cavi MT posata a trifoglio;
- CASO C: Linea elettrica in cavo interrato costituita da 3 terne cavi MT posata a trifoglio.
- CASO D: Linea elettrica in cavo interrato costituita da 4 terne cavi MT posata a trifoglio.
- CASO E: Linea elettrica in cavo interrato costituita da 7 terne cavi MT posata a trifoglio.
- CASO F: Linea elettrica in cavo interrato costituita da 8 terne cavi MT posata a trifoglio.

Tali casistiche sono riferite alle sezioni costituite da cavi di sezione 630 mm², della tipologia ARP1H5(AR)E o equivalente, ossia cavi unipolari, in quanto, come già detto al paragrafo precedente, per i cavi di sezioni inferiori è previsto l'utilizzo di cavi tripolari elicordati i cui campi elettromagnetici generati sono già definiti trascurabili dalla normativa.

Occorre inoltre tenere in considerazione la tipologia dei cavi usati per la realizzazione degli elettrodotti; si tratta, infatti, di cavi sotterranei in posa a trifoglio, posati ad una profondità di 1,10 m.

Si procederà adesso, per ognuno dei casi precedentemente introdotti, ad una valutazione specifica del campo magnetico.

5.2.1. Caso a – 1 terna di cavi

Per quanto concerne il caso di una singola terna di cavi sotterranei di media tensione posati a trifoglio, la norma CEI 106-11 al cap.7.1 indica che con una profondità di posa pari a 0,80 m già al livello del suolo sulla verticale del cavo e nelle condizioni limite di portata si determina una induzione magnetica inferiore a 3 μT . A maggior ragione, considerata una reale profondità di posa pari a 1,10 m, risulta al livello del suolo un valore ancora inferiore.

A scopo cautelativo, si è comunque effettuato il calcolo analitico dei campi magnetici generati da questa configurazione.

Si terrà conto nel seguito per il modello del sistema di cavi unipolari posati a trifoglio e non elicordati, come di seguito riportato.

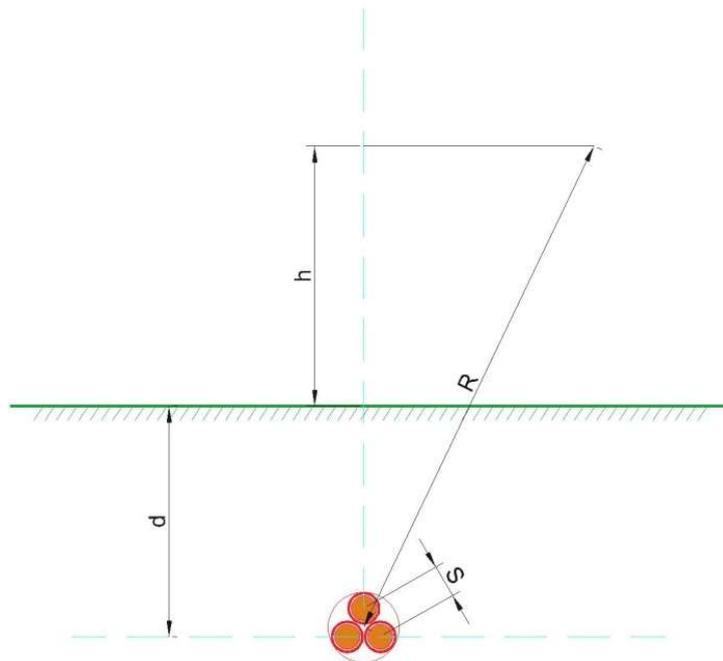


Fig. 2

Come infatti suggerito dalla norma CEI 106-11 al cap. 6.2.3, per i cavi unipolari posati a trifoglio è possibile ricorrere ad una espressione approssimata del campo magnetico, come di seguito riportato.

$$B = 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S * I}{R^2}$$

dove B [μT] è l'induzione magnetica in un generico punto distante R [m] dal conduttore centrale, S [m] è la distanza fra i conduttori adiacenti, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di

ampiezza pari a I [A].

Le condizioni operative per le quali sono stati eseguiti i calcoli sono le seguenti:

| | |
|------------------------------------|-------------------------|
| Profondità di posa dei cavi | -1,10 m |
| distanza terna dall'asse y | 0 m |
| Sezione terna | 3x1x630 mm ² |
| Portata cavo nominale | 725 A |
| Portata cavo corretta | 675 A |

Ai fini del calcolo relativo a una terna di cavi, è stato preso in esame il caso di una terna di cavi della sezione di 630 mm².

Per la portata dei cavi, si è tenuto conto della portata corretta secondo i fattori di correzione di cui al paragrafo 4.1.1, che tiene conto delle condizioni di esercizio e della compresenza di più cavi nello stesso scavo.

La tabella che segue mostra i valori della distribuzione, con un intervallo di campionamento dei valori in ascissa (ossia della distanza dall'asse centrale) pari a 0,5 m.

| Distanza dall'asse centrale [m] | B _{tot} a 1 m dal suolo [μ T] | B _{tot} a 1,5 m dal suolo [μ T] | B _{tot} a 2 m dal suolo [μ T] | B _{tot} a 2,5 m dal suolo [μ T] | B _{tot} a 3 m dal suolo [μ T] |
|---------------------------------|---|---|---|---|---|
| -10,00 | 0,10 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,08 |
| -9,50 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,09 |
| -9,00 | 0,12 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,10 |
| -8,50 | 0,13 | 0,13 | 0,12 | 0,12 | 0,11 |
| -8,00 | 0,15 | 0,14 | 0,13 | 0,13 | 0,12 |
| -7,50 | 0,16 | 0,16 | 0,15 | 0,14 | 0,14 |
| -7,00 | 0,19 | 0,18 | 0,17 | 0,16 | 0,15 |
| -6,50 | 0,21 | 0,20 | 0,19 | 0,18 | 0,17 |
| -6,00 | 0,25 | 0,23 | 0,22 | 0,20 | 0,19 |
| -5,50 | 0,29 | 0,27 | 0,25 | 0,23 | 0,21 |
| -5,00 | 0,34 | 0,31 | 0,29 | 0,26 | 0,24 |
| -4,50 | 0,40 | 0,37 | 0,33 | 0,30 | 0,27 |
| -4,00 | 0,49 | 0,44 | 0,39 | 0,34 | 0,30 |
| -3,50 | 0,60 | 0,52 | 0,45 | 0,39 | 0,34 |
| -3,00 | 0,74 | 0,63 | 0,53 | 0,45 | 0,38 |
| -2,50 | 0,93 | 0,76 | 0,63 | 0,52 | 0,43 |
| -2,00 | 1,18 | 0,92 | 0,73 | 0,58 | 0,48 |
| -1,50 | 1,49 | 1,10 | 0,84 | 0,65 | 0,52 |
| -1,00 | 1,83 | 1,28 | 0,94 | 0,71 | 0,56 |
| -0,50 | 2,13 | 1,42 | 1,01 | 0,75 | 0,58 |
| 0,00 | 2,25 | 1,47 | 1,03 | 0,77 | 0,59 |
| 0,50 | 2,13 | 1,42 | 1,01 | 0,75 | 0,58 |
| 1,00 | 1,83 | 1,28 | 0,94 | 0,71 | 0,56 |
| 1,50 | 1,49 | 1,10 | 0,84 | 0,65 | 0,52 |
| 2,00 | 1,18 | 0,92 | 0,73 | 0,58 | 0,48 |
| 2,50 | 0,93 | 0,76 | 0,63 | 0,52 | 0,43 |
| 3,00 | 0,74 | 0,63 | 0,53 | 0,45 | 0,38 |
| 3,50 | 0,60 | 0,52 | 0,45 | 0,39 | 0,34 |
| 4,00 | 0,49 | 0,44 | 0,39 | 0,34 | 0,30 |
| 4,50 | 0,40 | 0,37 | 0,33 | 0,30 | 0,27 |
| 5,00 | 0,34 | 0,31 | 0,29 | 0,26 | 0,24 |
| 5,50 | 0,29 | 0,27 | 0,25 | 0,23 | 0,21 |
| 6,00 | 0,25 | 0,23 | 0,22 | 0,20 | 0,19 |
| 6,50 | 0,21 | 0,20 | 0,19 | 0,18 | 0,17 |
| 7,00 | 0,19 | 0,18 | 0,17 | 0,16 | 0,15 |
| 7,50 | 0,16 | 0,16 | 0,15 | 0,14 | 0,14 |
| 8,00 | 0,15 | 0,14 | 0,13 | 0,13 | 0,12 |
| 8,50 | 0,13 | 0,13 | 0,12 | 0,12 | 0,11 |
| 9,00 | 0,12 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,10 |
| 9,50 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,09 |
| 10,00 | 0,10 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,08 |

Il grafico che segue mostra la distribuzione di tali valori in funzione della distanza dall'asse centrale. Le varie curve mostrano il valore dell'intensità del campo al variare del parametro h (da 1 m a 3 m da terra), ossia la distribuzione del campo su piani fuori terra paralleli al suolo.

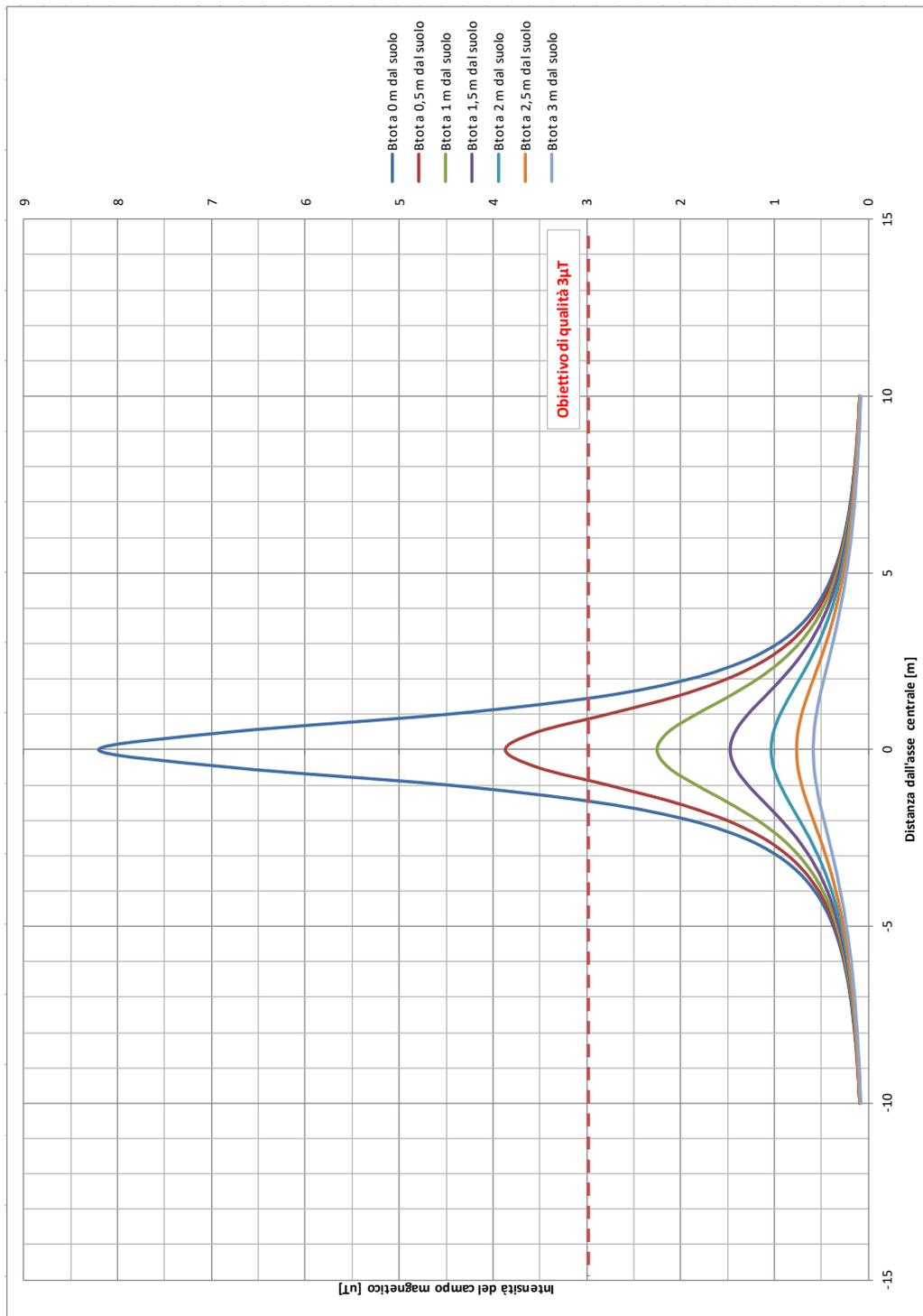


Fig. 3

Ricordando che il vincolo da rispettare per il caso in esame è l'obiettivo di qualità, pari a $3 \mu\text{T}$, si rileva che l'elettrodotto oggetto di studio produce un campo magnetico massimo, in corrispondenza all'asse centrale, pari a $2,25 \mu\text{T}$, inferiore al limite fissato.

Per il caso A in esame, risulta pertanto abbondantemente rispettato il valore limite di esposizione pari a $100 \mu\text{T}$ lungo tutto il percorso dei cavi, così pure l'obiettivo di qualità pari a $3 \mu\text{T}$.

5.2.2. Caso B – 2 terne di cavi

Per tener conto della presenza di due o più terne nella stessa sezione di scavo si è fatto ricorso ad un modello matematico che tenesse conto del campo magnetico generato da ogni singola terna.

Il modello costituito, secondo quanto previsto e suggerito dalla norma CEI 211-4 cap. 4.3, tiene conto delle componenti spaziali dell'induzione magnetica, calcolate come somma del contributo delle correnti nei diversi conduttori.

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

È possibile a questo punto effettuare una semplificazione del modello, che consideri il contributo non del singolo conduttore ma dell'intera terna, della quale sono note le caratteristiche geometriche. Si terrà conto nel seguito per il modello del sistema di cavi unipolari posati a trifoglio e non elicordati: in questo modo viene introdotto un grado di protezione maggiore nel sistema, essendo il campo magnetico generato da un cavo elicordato meno intenso di quello di una terna posata a trifoglio.

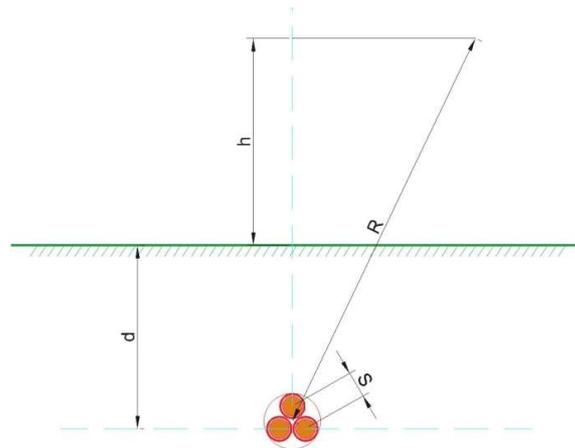


Fig. 4

Come infatti suggerito dalla norma CEI 106-11 al cap. 6.2.3, per i cavi unipolari posati a trifoglio è possibile ricorrere ad una espressione approssimata del campo magnetico, come di seguito riportato.

$$B = 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S * I}{R^2}$$

dove B [μ T] è l'induzione magnetica in un generico punto distante R [m] dal conduttore centrale, S [m] è la distanza fra i conduttori adiacenti, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a I [A].

Considerata la natura vettoriale del campo magnetico, è possibile sommare i contributi dovuti alle singole terne e calcolare, attraverso il modello semplificato di cui prima, il valore del campo

magnetico nello spazio circostante l'elettrodotto.

Considerata quindi la disposizione spaziale delle due terne, e fissando l'**asse centrale** del sistema come riportato in figura, si può calcolare il campo magnetico generato dall'elettrodotto attraverso la seguente formula:

$$B = 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_1 * I_1}{(x - x_1)^2 + (y - d)^2} + 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_2 * I_2}{(x - x_2)^2 + (y - d)^2}$$

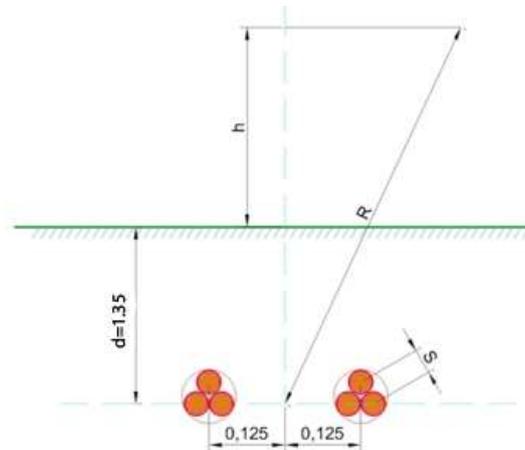


Fig. 5

dove B [μ T] è l'induzione magnetica in un generico punto distante R [m] dal centro del sistema (baricentro delle due terne di cavi), S_i [m] è la distanza fra i conduttori adiacenti della terna i -esima, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a I_i [A] (specificata della terna i -esima).

Per quanto riguarda la corrente I_i , il DPCM 8/07/2003 all'art.6 indica di fare riferimento alla portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto, così come definita dalla norma CEI 11-60, la quale regolamenta la portata al limite termico delle linee aeree esterne con tensione maggiore di 100 kV. Trattandosi nel caso specifico invece di linea interrata in media tensione (30 kV), e non potendosi fare riferimento a quanto previsto dal decreto, si è fatto riferimento alla portata in corrente in regime permanente, così come definita dalla norma CEI 11-17.

Sono stati quindi calcolate, fissando vari valori di h , le distribuzioni dell'intensità del campo magnetico su piani fuori terra paralleli al suolo.

Le condizioni operative per le quali sono stati eseguiti i calcoli sono le seguenti:

| | |
|-------------------------------------|-------------------------|
| Profondità di posa dei cavi | -1,10 m |
| distanza terna 1 dall'asse y | -0,125 m |
| distanza terna 2 dall'asse y | 0,125 m |
| Sezione terne | 3x1x630 mm ² |
| Portata cavo nominale | 725 A |
| Portata cavo corretta | 607 A |

Ai fini del calcolo relativo a due terne di cavi, è stato preso in esame il caso con la compresenza nello stesso scavo di due terne di cavi della sezione di 630 mm².

Per la portata dei cavi, si è tenuto conto della portata corretta secondo i fattori di correzione di cui al paragrafo 4.1.1, che tiene conto delle condizioni di esercizio e della compresenza di più cavi nello stesso scavo. La tabella che segue mostra i valori della distribuzione, con un intervallo di campionamento dei valori in ascissa (ossia della distanza dall'asse centrale) pari a 0,5 m.

| Distanza dall'asse centrale [m] | B _{tot} a 1 m dal suolo [μT] | B _{tot} a 1,5 m dal suolo [μT] | B _{tot} a 2 m dal suolo [μT] | B _{tot} a 2,5 m dal suolo [μT] | B _{tot} a 3 m dal suolo [μT] |
|---------------------------------|---------------------------------------|---|---------------------------------------|---|---------------------------------------|
| -10,00 | 0,17 | 0,17 | 0,16 | 0,16 | 0,15 |
| -9,50 | 0,19 | 0,18 | 0,18 | 0,17 | 0,17 |
| -9,00 | 0,21 | 0,20 | 0,20 | 0,19 | 0,18 |
| -8,50 | 0,23 | 0,23 | 0,22 | 0,21 | 0,20 |
| -8,00 | 0,26 | 0,25 | 0,24 | 0,23 | 0,22 |
| -7,50 | 0,29 | 0,28 | 0,27 | 0,26 | 0,24 |
| -7,00 | 0,33 | 0,32 | 0,30 | 0,29 | 0,27 |
| -6,50 | 0,38 | 0,36 | 0,34 | 0,32 | 0,30 |
| -6,00 | 0,44 | 0,42 | 0,39 | 0,36 | 0,34 |
| -5,50 | 0,52 | 0,48 | 0,45 | 0,41 | 0,38 |
| -5,00 | 0,61 | 0,56 | 0,52 | 0,47 | 0,43 |
| -4,50 | 0,72 | 0,66 | 0,60 | 0,54 | 0,48 |
| -4,00 | 0,88 | 0,78 | 0,70 | 0,62 | 0,54 |
| -3,50 | 1,07 | 0,94 | 0,82 | 0,71 | 0,61 |
| -3,00 | 1,33 | 1,13 | 0,96 | 0,81 | 0,69 |
| -2,50 | 1,68 | 1,37 | 1,13 | 0,93 | 0,77 |
| -2,00 | 2,13 | 1,66 | 1,31 | 1,05 | 0,86 |
| -1,50 | 2,68 | 1,98 | 1,50 | 1,17 | 0,94 |
| -1,00 | 3,30 | 2,30 | 1,68 | 1,28 | 1,00 |
| -0,50 | 3,82 | 2,54 | 1,81 | 1,35 | 1,04 |
| 0,00 | 4,03 | 2,63 | 1,85 | 1,38 | 1,06 |
| 0,50 | 3,82 | 2,54 | 1,81 | 1,35 | 1,04 |
| 1,00 | 3,30 | 2,30 | 1,68 | 1,28 | 1,00 |
| 1,50 | 2,68 | 1,98 | 1,50 | 1,17 | 0,94 |
| 2,00 | 2,13 | 1,66 | 1,31 | 1,05 | 0,86 |
| 2,50 | 1,68 | 1,37 | 1,13 | 0,93 | 0,77 |
| 3,00 | 1,33 | 1,13 | 0,96 | 0,81 | 0,69 |
| 3,50 | 1,07 | 0,94 | 0,82 | 0,71 | 0,61 |
| 4,00 | 0,88 | 0,78 | 0,70 | 0,62 | 0,54 |
| 4,50 | 0,72 | 0,66 | 0,60 | 0,54 | 0,48 |
| 5,00 | 0,61 | 0,56 | 0,52 | 0,47 | 0,43 |
| 5,50 | 0,52 | 0,48 | 0,45 | 0,41 | 0,38 |
| 6,00 | 0,44 | 0,42 | 0,39 | 0,36 | 0,34 |
| 6,50 | 0,38 | 0,36 | 0,34 | 0,32 | 0,30 |
| 7,00 | 0,33 | 0,32 | 0,30 | 0,29 | 0,27 |
| 7,50 | 0,29 | 0,28 | 0,27 | 0,26 | 0,24 |
| 8,00 | 0,26 | 0,25 | 0,24 | 0,23 | 0,22 |
| 8,50 | 0,23 | 0,23 | 0,22 | 0,21 | 0,20 |
| 9,00 | 0,21 | 0,20 | 0,20 | 0,19 | 0,18 |
| 9,50 | 0,19 | 0,18 | 0,18 | 0,17 | 0,17 |
| 10,00 | 0,17 | 0,17 | 0,16 | 0,16 | 0,15 |

Il grafico che segue mostra la distribuzione di tali valori in funzione della distanza dall'asse centrale. Le varie curve mostrano il valore dell'intensità del campo al variare del parametro h (da 1 m a 3 m da terra), ossia la distribuzione del campo su piani fuori terra paralleli al suolo.

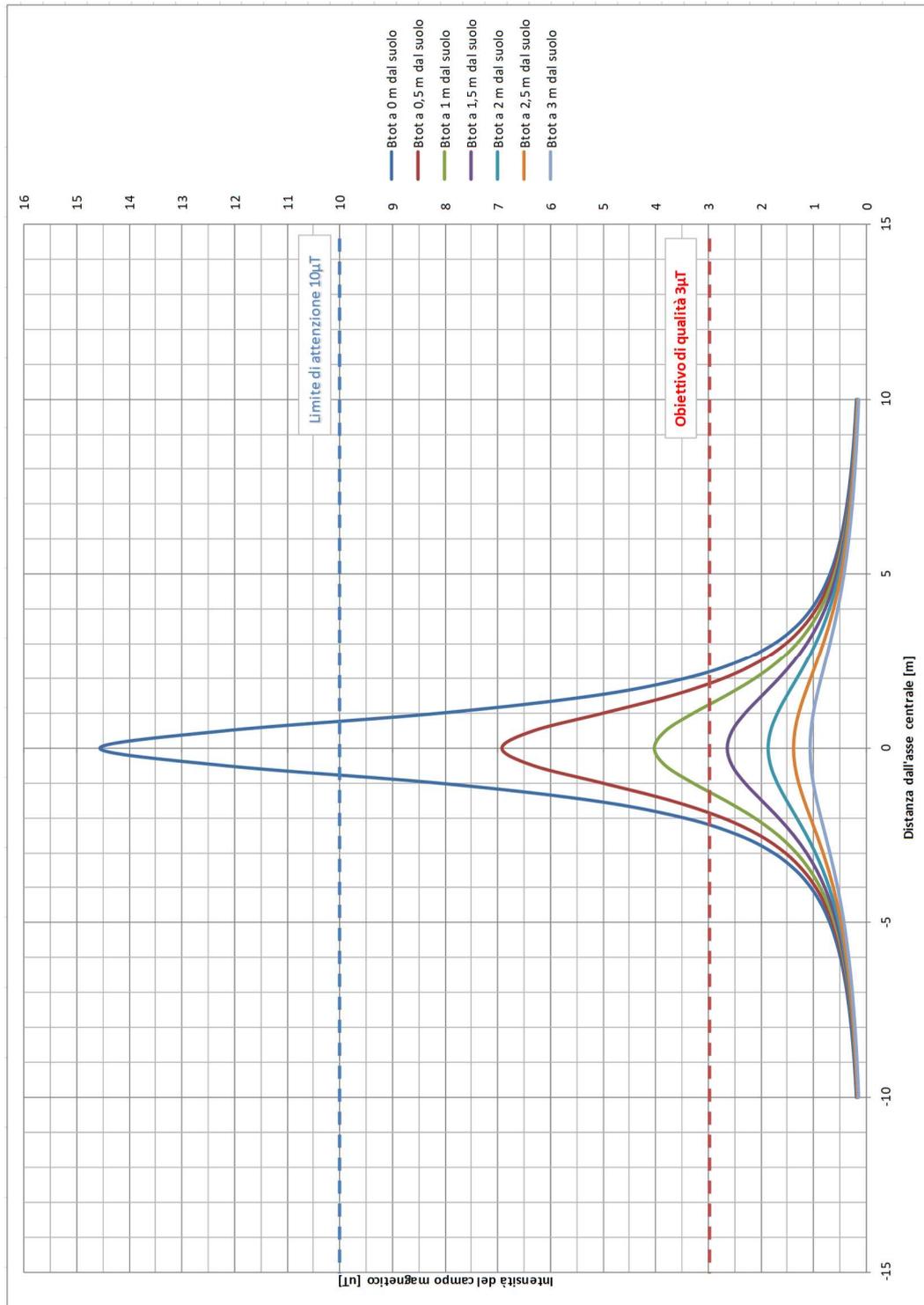


Fig. 6

Ricordando che l'obiettivo da rispettare per il caso in esame è l'obiettivo di qualità, pari a $3 \mu\text{T}$, si rileva che l'elettrodotto oggetto di studio produce un campo magnetico massimo, in corrispondenza all'asse centrale ad 1m dal piano di calpestio, pari a $4,03 \mu\text{T}$, superiore all'obiettivo di qualità fissato dalla norma, ma comunque inferiore al limite di esposizione di $100 \mu\text{T}$.

Risulta quindi necessario individuare una fascia di rispetto, definita, secondo la normativa citata, come la distanza sul piano orizzontale (ad altezza $h=1\text{m}$) dalla proiezione verticale della sorgente alla quale il campo elettromagnetico risulta essere inferiore all'obiettivo di qualità pari a $3 \mu\text{T}$. Utilizzando tali valori per il calcolo, la DPA risulta essere pari a circa 1,30 m, alla quale il campo residuo risulta essere pari a $2,93 \mu\text{T}$.

Pertanto, relativamente all'elettrodotto costituito da 2 terne (caso B), viene individuata una fascia di rispetto complessiva di 2,6 m, centrata sull'asse del cavo (DPA pari a 1,30 m), al di fuori della quale è garantito il rispetto dell'obiettivo di qualità richiesto.

Si ricorda inoltre che le condizioni nelle quali è stato effettuato il calcolo sono peggiorative rispetto alla reale configurazione del sistema.

Infatti, per il calcolo si è fatto riferimento alle portate massime dei cavi, corrette in funzione delle specifiche condizioni di posa. Tale ipotesi, prevista dalla norma, è comunque molto cautelativa, in quanto, trattandosi di impianto di produzione con potenza predeterminata, le massime correnti realmente transittanti nei conduttori (e di conseguenza i relativi campi elettromagnetici generati) saranno inferiori alle portate nominali, con fattori di sovradimensionamento del 30-40%. Pertanto, i campi realmente generati saranno inferiori a quelli calcolati di un fattore pari al 30-40 %.

Infine, sia l'obiettivo di qualità di $3 \mu\text{T}$ che il limite di attenzione di $10 \mu\text{T}$ fanno riferimento al valore della mediana nelle 24 ore di esercizio. Tutti i dimensionamenti, invece, sono stati eseguiti tenendo conto delle potenze nominali degli aerogeneratori, ipotizzando il funzionamento a piena potenza.

Data la natura non programmabile della fonte eolica, e la sua aleatorietà nel tempo, i valori reali saranno certamente inferiori a quelli utilizzati nei calcoli, con una significativa diminuzione del valore dei campi elettromagnetici generati, ben al di sotto dei valori normativi precedentemente illustrati.

5.2.3. Caso C – 3 terne di cavi

Analogamente a quanto visto nel paragrafo precedente, viene condotto lo studio nel caso di un elettrodotto costituito da tre terne di cavi.

Considerata quindi la disposizione spaziale delle terne, e fissando l'asse centrale del sistema come riportato in figura, si può calcolare il campo magnetico generato dall'elettrodotto attraverso la seguente formula:

$$B = 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_1 * I_1}{(x - x_1)^2 + (y - d)^2} + 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_2 * I_2}{(x - x_2)^2 + (y - d)^2} + 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_3 * I_3}{(x - x_3)^2 + (y - d)^2}$$

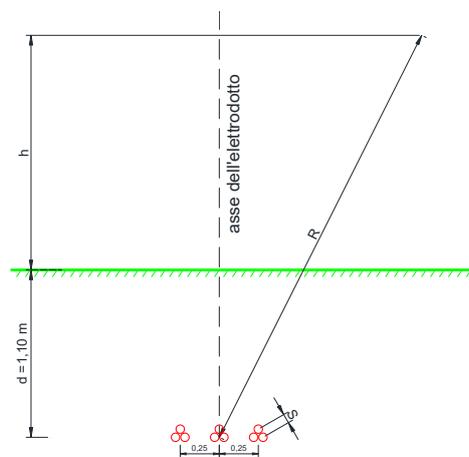


Fig. 7

dove B [μ T] è l'induzione magnetica in un generico punto distante R [m] dal centro del sistema (baricentro delle terne di cavi), Si [m] è la distanza fra i conduttori adiacenti della terna i-esima, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a I_i [A] (specificata della terna i-esima). Sono stati quindi calcolate, fissando vari valori di h, le distribuzioni dell'intensità del campo magnetico su piani fuori terra paralleli al suolo.

Le condizioni operative per le quali sono stati eseguiti i calcoli sono le seguenti:

| | |
|-------------------------------------|-------------------------|
| Profondità di posa dei cavi | -1,10 m |
| distanza terna 1 dall'asse y | -0,250 m |
| distanza terna 2 dall'asse y | 0 m |
| distanza terna 3 dall'asse y | + 0,250 m |
| Sezione terne | 3x1x630 mm ² |
| Portata cavo nominale | 725 A |
| Portata cavo corretta | 574 A |

Ai fini del calcolo relativo a due terne di cavi, a scopo cautelativo è stato preso in esame il caso della compresenza nello stesso scavo di tre terne di cavi della sezione di 630 mm².

Per la portata dei cavi, si è tenuto conto della portata corretta secondo i fattori di correzione di cui al paragrafo 4.1.1, che tiene conto delle condizioni di esercizio e della compresenza di più cavi nello stesso scavo. La tabella che segue mostra i valori della distribuzione, con un intervallo di campionamento dei valori in ascissa (ossia della distanza dall'asse centrale) pari a 0,5 m.

| Distanza dall'asse centrale [m] | B _{tot} a 1 m dal suolo [μT] | B _{tot} a 1,5 m dal suolo [μT] | B _{tot} a 2 m dal suolo [μT] | B _{tot} a 2,5 m dal suolo [μT] | B _{tot} a 3 m dal suolo [μT] |
|---------------------------------|---------------------------------------|---|---------------------------------------|---|---------------------------------------|
| -10 | 0,24 | 0,24 | 0,23 | 0,22 | 0,22 |
| -9,5 | 0,27 | 0,26 | 0,25 | 0,25 | 0,24 |
| -9 | 0,30 | 0,29 | 0,28 | 0,27 | 0,26 |
| -8,5 | 0,33 | 0,32 | 0,31 | 0,30 | 0,28 |
| -8 | 0,37 | 0,36 | 0,34 | 0,33 | 0,31 |
| -7,5 | 0,42 | 0,40 | 0,38 | 0,37 | 0,35 |
| -7 | 0,47 | 0,45 | 0,43 | 0,41 | 0,39 |
| -6,5 | 0,54 | 0,52 | 0,49 | 0,46 | 0,43 |
| -6,00 | 0,63 | 0,59 | 0,56 | 0,52 | 0,48 |
| -5,50 | 0,73 | 0,69 | 0,64 | 0,59 | 0,54 |
| -5,00 | 0,86 | 0,80 | 0,73 | 0,67 | 0,61 |
| -4,50 | 1,03 | 0,94 | 0,85 | 0,76 | 0,68 |
| -4,00 | 1,25 | 1,12 | 0,99 | 0,88 | 0,77 |
| -3,50 | 1,53 | 1,34 | 1,16 | 1,01 | 0,87 |
| -3,00 | 1,90 | 1,61 | 1,36 | 1,15 | 0,98 |
| -2,50 | 2,39 | 1,95 | 1,60 | 1,32 | 1,10 |
| -2,00 | 3,02 | 2,36 | 1,86 | 1,49 | 1,22 |
| -1,50 | 3,81 | 2,81 | 2,13 | 1,66 | 1,33 |
| -1,00 | 4,67 | 3,25 | 2,38 | 1,81 | 1,42 |
| -0,50 | 5,39 | 3,59 | 2,56 | 1,91 | 1,48 |
| 0,00 | 5,69 | 3,72 | 2,62 | 1,95 | 1,50 |
| 0,50 | 5,39 | 3,59 | 2,56 | 1,91 | 1,48 |
| 1,00 | 4,67 | 3,25 | 2,38 | 1,81 | 1,42 |
| 1,50 | 3,81 | 2,81 | 2,13 | 1,66 | 1,33 |
| 2,00 | 3,02 | 2,36 | 1,86 | 1,49 | 1,22 |
| 2,50 | 2,39 | 1,95 | 1,60 | 1,32 | 1,10 |
| 3,00 | 1,90 | 1,61 | 1,36 | 1,15 | 0,98 |
| 3,50 | 1,53 | 1,34 | 1,16 | 1,01 | 0,87 |
| 4,00 | 1,25 | 1,12 | 0,99 | 0,88 | 0,77 |
| 4,50 | 1,03 | 0,94 | 0,85 | 0,76 | 0,68 |
| 5,00 | 0,86 | 0,80 | 0,73 | 0,67 | 0,61 |
| 5,50 | 0,73 | 0,69 | 0,64 | 0,59 | 0,54 |
| 6,00 | 0,63 | 0,59 | 0,56 | 0,52 | 0,48 |
| 6,50 | 0,54 | 0,52 | 0,49 | 0,46 | 0,43 |
| 7,00 | 0,47 | 0,45 | 0,43 | 0,41 | 0,39 |
| 7,50 | 0,42 | 0,40 | 0,38 | 0,37 | 0,35 |
| 8,00 | 0,37 | 0,36 | 0,34 | 0,33 | 0,31 |
| 8,50 | 0,33 | 0,32 | 0,31 | 0,30 | 0,28 |
| 9,00 | 0,30 | 0,29 | 0,28 | 0,27 | 0,26 |
| 9,50 | 0,27 | 0,26 | 0,25 | 0,25 | 0,24 |
| 10,00 | 0,24 | 0,24 | 0,23 | 0,22 | 0,22 |

Il grafico che segue mostra la distribuzione di tali valori in funzione della distanza dall'asse centrale. Le varie curve mostrano il valore dell'intensità del campo al variare del parametro h (da 1 m a 3 m da terra), ossia la distribuzione del campo su piani fuori terra paralleli al suolo.

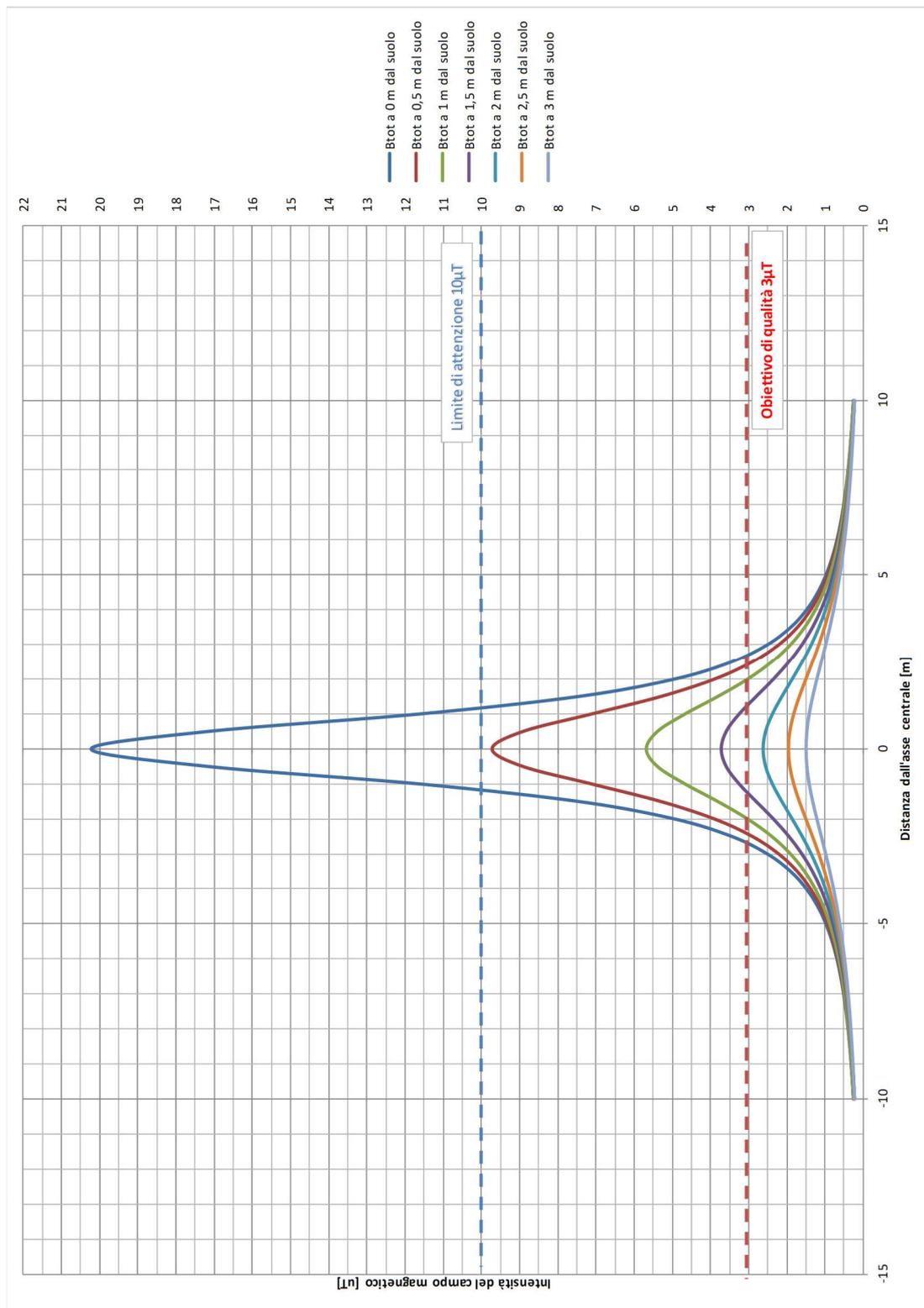


Fig. 8

Ricordando che l'obiettivo da rispettare per il caso in esame è l'obiettivo di qualità, pari a 3 µT, si rileva che l'elettrodotto oggetto di studio produce un campo magnetico massimo, in corrispondenza all'asse centrale ad 1m dal piano di calpestio, pari a 5,68 µT, superiore

all'obiettivo di qualità fissato dalla norma, ma comunque inferiore al limite di esposizione di 100 μT .

Risulta quindi necessario individuare una fascia di rispetto, definita, secondo la normativa citata, come la distanza sul piano orizzontale (ad altezza $h=1\text{m}$) dalla proiezione verticale della sorgente alla quale il campo elettromagnetico risulta essere inferiore all'obiettivo di qualità pari a 3 μT .

Utilizzando tali valori per il calcolo, la DPA risulta essere pari a circa 2,1 m, alla quale il campo residuo risulta essere pari a 2,88 μT .

Pertanto, relativamente all'elettrodotto costituito da 3 terne (caso C), viene individuata una fascia di rispetto complessiva di 4,2 m, centrata sull'asse del cavo (DPA pari a 2,1 m), al di fuori della quale è garantito il rispetto dell'obiettivo di qualità richiesto.

Si ricorda inoltre che le condizioni nelle quali è stato effettuato il calcolo sono peggiorative rispetto alla reale configurazione del sistema.

Infatti, per il calcolo si è fatto riferimento alle portate massime dei cavi, corrette in funzione delle specifiche condizioni di posa. Tale ipotesi, prevista dalla norma, è comunque molto cautelativa, in quanto, trattandosi di impianto di produzione con potenza predeterminata, le massime correnti realmente transittanti nei conduttori (e di conseguenza i relativi campi elettromagnetici generati) saranno inferiori alle portate nominali, con fattori di sovradimensionamento del 30-40%. Pertanto, i campi realmente generati saranno inferiori a quelli calcolati di un fattore pari al 30-40 %.

Infine, sia l'obiettivo di qualità di 3 μT che il limite di attenzione di 10 μT fanno riferimento al valore della mediana nelle 24 ore di esercizio. Tutti i dimensionamenti, invece, sono stati eseguiti tenendo conto delle potenze nominali degli aerogeneratori, ipotizzando il funzionamento a piena potenza.

Data la natura non programmabile della fonte eolica, e la sua aleatorietà nel tempo, i valori reali saranno certamente inferiori a quelli utilizzati nei calcoli, con una significativa diminuzione del valore dei campi elettromagnetici generati, ben al di sotto dei valori normativi precedentemente illustrati.

5.2.4. Caso D – 4 terne di cavi

Analogamente a quanto visto nel paragrafo precedente, viene condotto lo studio nel caso di un elettrodotto costituito da quattro terne di cavi.

Considerata quindi la disposizione spaziale delle terne, e fissando l'asse centrale del sistema come riportato in figura, si può calcolare il campo magnetico generato dall'elettrodotto attraverso la seguente formula:

$$B = 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_1 * I_1}{(x - x_1)^2 + (y - d)^2} + 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_2 * I_2}{(x - x_2)^2 + (y - d)^2} + 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_3 * I_3}{(x - x_3)^2 + (y - d)^2} + 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_4 * I_4}{(x - x_4)^2 + (y - d)^2}$$

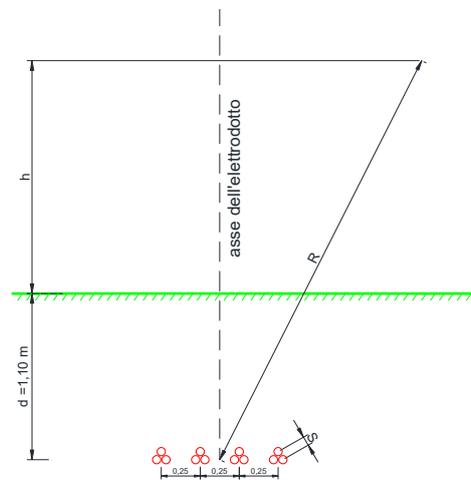


Fig. 9

dove B [μT] è l'induzione magnetica in un generico punto distante R [m] dal centro del sistema (baricentro delle terne di cavi), S_i [m] è la distanza fra i conduttori adiacenti della terna i -esima, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a I_i [A] (specificata della terna i -esima). Sono stati quindi calcolate, fissando vari valori di h , le distribuzioni dell'intensità del campo magnetico su piani fuori terra paralleli al suolo.

Le condizioni operative per le quali sono stati eseguiti i calcoli sono le seguenti:

| | |
|-------------------------------------|-------------------------|
| Profondità di posa dei cavi | -1,10 m |
| distanza terna 1 dall'asse y | -0,375 m |
| distanza terna 2 dall'asse y | -0,125 m |
| distanza terna 3 dall'asse y | + 0,125 m |
| distanza terna 4 dall'asse y | + 0,375 m |
| Sezione terne cavi | 3x1x630 mm ² |
| Portata cavo nominale cavi | 725 A |
| Portata cavo corretta cavi | 540 A |

Ai fini del calcolo relativo a due terne di cavi, a scopo cautelativo è stato preso in esame il caso

più gravoso riscontrato nell'intero impianto, ossia la compresenza nello stesso scavo di tre terne di cavi della sezione di 630 mm²

Per la portata dei cavi, si è tenuto conto della portata corretta secondo i fattori di correzione di cui al paragrafo 4.1, che tiene conto delle condizioni di esercizio e della compresenza di più cavi nello stesso scavo. La tabella che segue mostra i valori della distribuzione, con un intervallo di campionamento dei valori in ascissa (ossia della distanza dall'asse centrale) pari a 0,5 m.

| Distanza dall'asse centrale [m] | B _{tot} a 1 m dal suolo [μT] | B _{tot} a 1,5 m dal suolo [μT] | B _{tot} a 2 m dal suolo [μT] | B _{tot} a 2,5 m dal suolo [μT] | B _{tot} a 3 m dal suolo [μT] |
|---------------------------------|---------------------------------------|---|---------------------------------------|---|---------------------------------------|
| -10 | 0,30 | 0,30 | 0,29 | 0,28 | 0,27 |
| -9,5 | 0,34 | 0,33 | 0,32 | 0,31 | 0,30 |
| -9 | 0,37 | 0,36 | 0,35 | 0,34 | 0,33 |
| -8,5 | 0,42 | 0,40 | 0,39 | 0,37 | 0,36 |
| -8 | 0,47 | 0,45 | 0,43 | 0,41 | 0,39 |
| -7,5 | 0,53 | 0,51 | 0,48 | 0,46 | 0,44 |
| -7 | 0,60 | 0,57 | 0,54 | 0,51 | 0,48 |
| -6,5 | 0,68 | 0,65 | 0,61 | 0,58 | 0,54 |
| -6,00 | 0,79 | 0,75 | 0,70 | 0,65 | 0,60 |
| -5,50 | 0,92 | 0,86 | 0,80 | 0,74 | 0,68 |
| -5,00 | 1,09 | 1,00 | 0,92 | 0,84 | 0,76 |
| -4,50 | 1,30 | 1,18 | 1,07 | 0,96 | 0,86 |
| -4,00 | 1,57 | 1,40 | 1,25 | 1,10 | 0,97 |
| -3,50 | 1,92 | 1,68 | 1,46 | 1,26 | 1,09 |
| -3,00 | 2,39 | 2,03 | 1,71 | 1,45 | 1,23 |
| -2,50 | 3,01 | 2,45 | 2,01 | 1,65 | 1,38 |
| -2,00 | 3,81 | 2,96 | 2,33 | 1,87 | 1,52 |
| -1,50 | 4,78 | 3,52 | 2,67 | 2,08 | 1,66 |
| -1,00 | 5,84 | 4,07 | 2,98 | 2,26 | 1,78 |
| -0,50 | 6,72 | 4,49 | 3,20 | 2,39 | 1,85 |
| 0,00 | 7,07 | 4,64 | 3,28 | 2,43 | 1,88 |
| 0,50 | 6,72 | 4,49 | 3,20 | 2,39 | 1,85 |
| 1,00 | 5,84 | 4,07 | 2,98 | 2,26 | 1,78 |
| 1,50 | 4,78 | 3,52 | 2,67 | 2,08 | 1,66 |
| 2,00 | 3,81 | 2,96 | 2,33 | 1,87 | 1,52 |
| 2,50 | 3,01 | 2,45 | 2,01 | 1,65 | 1,38 |
| 3,00 | 2,39 | 2,03 | 1,71 | 1,45 | 1,23 |
| 3,50 | 1,92 | 1,68 | 1,46 | 1,26 | 1,09 |
| 4,00 | 1,57 | 1,40 | 1,25 | 1,10 | 0,97 |
| 4,50 | 1,30 | 1,18 | 1,07 | 0,96 | 0,86 |
| 5,00 | 1,09 | 1,00 | 0,92 | 0,84 | 0,76 |
| 5,50 | 0,92 | 0,86 | 0,80 | 0,74 | 0,68 |
| 6,00 | 0,79 | 0,75 | 0,70 | 0,65 | 0,60 |
| 6,50 | 0,68 | 0,65 | 0,61 | 0,58 | 0,54 |
| 7,00 | 0,60 | 0,57 | 0,54 | 0,51 | 0,48 |
| 7,50 | 0,53 | 0,51 | 0,48 | 0,46 | 0,44 |
| 8,00 | 0,47 | 0,45 | 0,43 | 0,41 | 0,39 |
| 8,50 | 0,42 | 0,40 | 0,39 | 0,37 | 0,36 |
| 9,00 | 0,37 | 0,36 | 0,35 | 0,34 | 0,33 |
| 9,50 | 0,34 | 0,33 | 0,32 | 0,31 | 0,30 |
| 10,00 | 0,30 | 0,30 | 0,29 | 0,28 | 0,27 |

Il grafico che segue mostra la distribuzione di tali valori in funzione della distanza dall'asse

centrale. Le varie curve mostrano il valore dell'intensità del campo al variare del parametro h (da 1 m a 3 m da terra), ossia la distribuzione del campo su piani fuori terra paralleli al suolo.

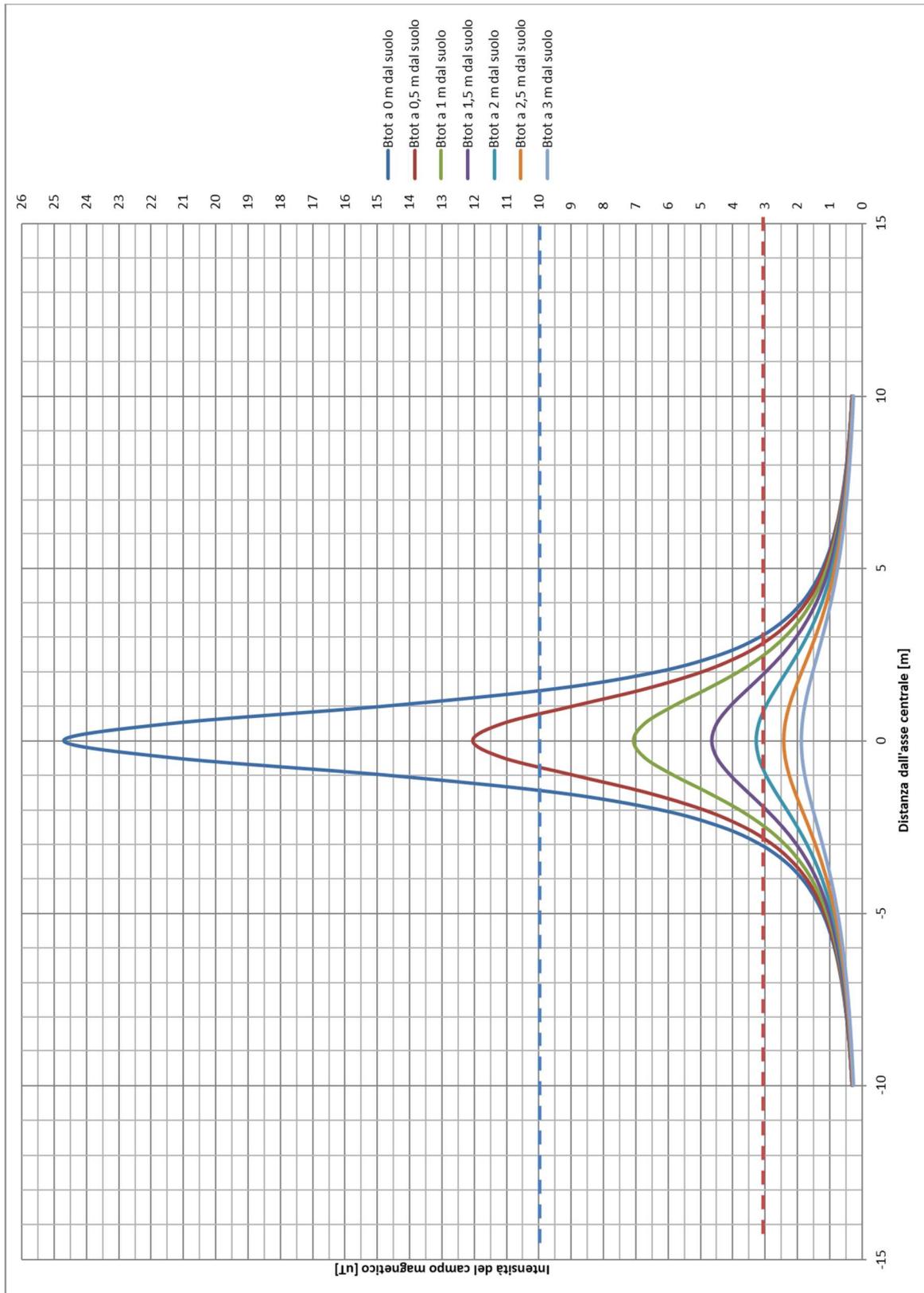


Fig. 10

Ricordando che l'obiettivo da rispettare per il caso in esame è l'obiettivo di qualità, pari a $3 \mu\text{T}$, si rileva che l'elettrodotto oggetto di studio produce un campo magnetico massimo, in corrispondenza all'asse centrale ad 1m dal piano di calpestio, pari a $7,07 \mu\text{T}$, superiore all'obiettivo di qualità fissato dalla norma, ma comunque inferiore al limite di esposizione di $100 \mu\text{T}$.

Risulta quindi necessario individuare una fascia di rispetto, definita, secondo la normativa citata, come la distanza sul piano orizzontale (ad altezza $h=1\text{m}$) dalla proiezione verticale della sorgente alla quale il campo elettromagnetico risulta essere inferiore all'obiettivo di qualità pari a $3 \mu\text{T}$.

Utilizzando tali valori per il calcolo, la DPA risulta essere pari a circa 2,6 m, alla quale il campo residuo risulta essere pari a $2,87 \mu\text{T}$.

Pertanto, relativamente all'elettrodotto costituito da 4 terne (caso D), viene individuata una fascia di rispetto complessiva di 5,2 m, centrata sull'asse del cavo (DPA pari a 2,6 m), al di fuori della quale è garantito il rispetto dell'obiettivo di qualità richiesto.

Si ricorda inoltre che le condizioni nelle quali è stato effettuato il calcolo sono peggiorative rispetto alla reale configurazione del sistema.

Innanzitutto, è stata presa in considerazione la posa dei cavi di massima sezione possibile (630mm^2). Il valore reale dei campi risulterà, quindi, inferiore a quello calcolato, laddove la sezione dei cavi è inferiore a quella usata per il calcolo.

Inoltre, per il calcolo si è fatto riferimento alle portate massime dei cavi, corrette in funzione delle specifiche condizioni di posa. Tale ipotesi, prevista dalla norma, è comunque molto cautelativa, in quanto, trattandosi di impianto di produzione con potenza predeterminata, le massime correnti realmente transittanti nei conduttori (e di conseguenza i relativi campi elettromagnetici generati) saranno inferiori alle portate nominali, con fattori di sovradimensionamento del 30-40%. Pertanto, i campi realmente generati saranno inferiori a quelli calcolati di un fattore pari al 30-40 %.

Infine, sia l'obiettivo di qualità di $3 \mu\text{T}$ che il limite di attenzione di $10 \mu\text{T}$ fanno riferimento al valore della mediana nelle 24 ore di esercizio. Tutti i dimensionamenti, invece, sono stati eseguiti tenendo conto delle potenze nominali degli aerogeneratori, ipotizzando il funzionamento a piena potenza. Data la natura non programmabile della fonte eolica, e la sua aleatorietà nel tempo, i valori reali saranno certamente inferiori a quelli utilizzati nei calcoli, con una significativa diminuzione del valore dei campi elettromagnetici generati, ben al di sotto dei valori normativi precedentemente illustrati.

5.2.5. Caso E – 7 terne di cavi

Analogamente a quanto visto nel paragrafo precedente, viene condotto lo studio nel caso di un elettrodotto costituito da sei terne di cavi.

Considerata quindi la disposizione spaziale delle terne, e fissando l'asse centrale del sistema come riportato in figura, si può calcolare il campo magnetico generato dall'elettrodotto attraverso la seguente formula:

$$\begin{aligned}
 B = & 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_1 * I_1}{(x - x_1)^2 + (y - d)^2} + 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_2 * I_2}{(x - x_2)^2 + (y - d)^2} + 0,1 * \sqrt{6} \\
 & * \frac{S_3 * I_3}{(x - x_3)^2 + (y - d)^2} + 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_4 * I_4}{(x - x_4)^2 + (y - d)^2} + 0,1 * \sqrt{6} \\
 & * \frac{S_5 * I_5}{(x - x_5)^2 + (y - d)^2} + 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_6 * I_6}{(x - x_6)^2 + (y - d)^2} + 0,1 * \sqrt{6} \\
 & * \frac{S_6 * I_6}{(x - x_6)^2 + (y - d)^2}
 \end{aligned}$$

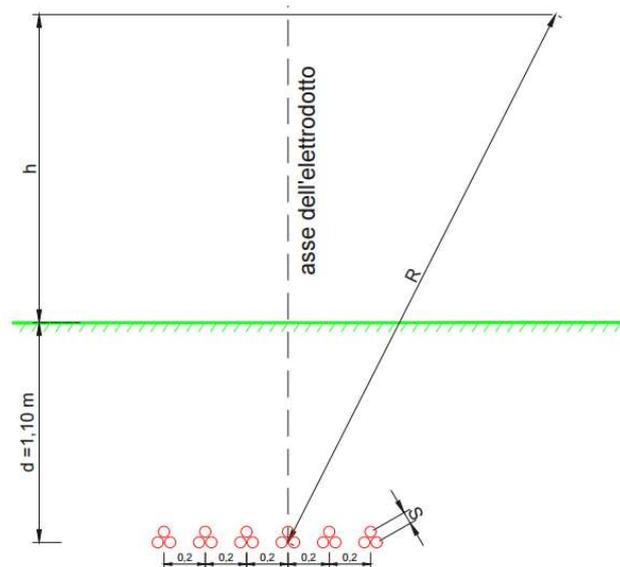


Fig. 11

dove B [μT] è l'induzione magnetica in un generico punto distante R [m] dal centro del sistema (baricentro delle terne di cavi), S_i [m] è la distanza fra i conduttori adiacenti della terna i -esima, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a I_i [A] (specifica della terna i -esima). Sono stati quindi calcolate, fissando vari valori di h , le distribuzioni dell'intensità del campo magnetico su piani fuori terra paralleli al suolo.

Le condizioni operative per le quali sono stati eseguiti i calcoli sono le seguenti:

| | |
|-------------------------------------|-------------------------|
| Profondità di posa dei cavi | -1,10 m |
| distanza terna 1 dall'asse y | -0,6 m |
| distanza terna 2 dall'asse y | -0,4 m |
| distanza terna 3 dall'asse y | -0,2 m |
| distanza terna 4 dall'asse y | 0,0 m |
| distanza terna 5 dall'asse y | + 0,2m |
| distanza terna 6 dall'asse y | + 0,4 m |
| distanza terna 7 dall'asse y | + 0,6 m |
| Sezione terne cavi | 3x1x630 mm ² |
| Portata cavo nominale cavi | 725 A |
| Portata cavo corretta cavi | 540 A |

Ai fini del calcolo relativo a due terne di cavi, a scopo cautelativo è stato preso in esame il caso più gravoso riscontrato nell'intero impianto, ossia la compresenza nello stesso scavo di tre terne di cavi della sezione di 630 mm² relativi al parco B, affiancati ad ulteriore quattro terne di cavi di medesima sezione, relativi al parco eolico Parco A.

Per la portata dei cavi, si è tenuto conto della portata corretta secondo i fattori di correzione di cui al paragrafo 4.1, che tiene conto delle condizioni di esercizio e della compresenza di più cavi nello stesso scavo. La tabella che segue mostra i valori della distribuzione, con un intervallo di campionamento dei valori in ascissa (ossia della distanza dall'asse centrale) pari a 0,5 m.

| Distanza dall'asse centrale [m] | B _{tot} a 1 m dal suolo [μ T] | B _{tot} a 1,5 m dal suolo [μ T] | B _{tot} a 2 m dal suolo [μ T] | B _{tot} a 2,5 m dal suolo [μ T] | B _{tot} a 3 m dal suolo [μ T] |
|---------------------------------|---|---|---|---|---|
| -10 | 0,53 | 0,52 | 0,51 | 0,49 | 0,48 |
| -9,5 | 0,59 | 0,58 | 0,56 | 0,54 | 0,52 |
| -9 | 0,65 | 0,64 | 0,62 | 0,59 | 0,57 |
| -8,5 | 0,73 | 0,71 | 0,68 | 0,65 | 0,63 |
| -8 | 0,82 | 0,79 | 0,76 | 0,73 | 0,69 |
| -7,5 | 0,92 | 0,89 | 0,85 | 0,81 | 0,76 |
| -7 | 1,05 | 1,00 | 0,95 | 0,90 | 0,85 |
| -6,5 | 1,20 | 1,14 | 1,08 | 1,01 | 0,95 |
| -6,00 | 1,39 | 1,31 | 1,23 | 1,14 | 1,06 |
| -5,50 | 1,62 | 1,52 | 1,41 | 1,29 | 1,19 |
| -5,00 | 1,91 | 1,77 | 1,62 | 1,47 | 1,34 |
| -4,50 | 2,29 | 2,08 | 1,88 | 1,68 | 1,51 |
| -4,00 | 2,77 | 2,47 | 2,19 | 1,93 | 1,70 |
| -3,50 | 3,40 | 2,96 | 2,56 | 2,22 | 1,92 |
| -3,00 | 4,23 | 3,57 | 3,01 | 2,54 | 2,16 |
| -2,50 | 5,32 | 4,32 | 3,52 | 2,90 | 2,41 |
| -2,00 | 6,71 | 5,20 | 4,09 | 3,27 | 2,66 |
| -1,50 | 8,40 | 6,16 | 4,67 | 3,64 | 2,90 |
| -1,00 | 10,18 | 7,09 | 5,19 | 3,95 | 3,10 |
| -0,50 | 11,61 | 7,77 | 5,55 | 4,16 | 3,23 |
| 0,00 | 12,17 | 8,03 | 5,69 | 4,23 | 3,27 |
| 0,50 | 11,61 | 7,77 | 5,55 | 4,16 | 3,23 |
| 1,00 | 10,18 | 7,09 | 5,19 | 3,95 | 3,10 |
| 1,50 | 8,40 | 6,16 | 4,67 | 3,64 | 2,90 |
| 2,00 | 6,71 | 5,20 | 4,09 | 3,27 | 2,66 |
| 2,50 | 5,32 | 4,32 | 3,52 | 2,90 | 2,41 |
| 3,00 | 4,23 | 3,57 | 3,01 | 2,54 | 2,16 |
| 3,50 | 3,40 | 2,96 | 2,56 | 2,22 | 1,92 |
| 4,00 | 2,77 | 2,47 | 2,19 | 1,93 | 1,70 |
| 4,50 | 2,29 | 2,08 | 1,88 | 1,68 | 1,51 |
| 5,00 | 1,91 | 1,77 | 1,62 | 1,47 | 1,34 |
| 5,50 | 1,62 | 1,52 | 1,41 | 1,29 | 1,19 |
| 6,00 | 1,39 | 1,31 | 1,23 | 1,14 | 1,06 |
| 6,50 | 1,20 | 1,14 | 1,08 | 1,01 | 0,95 |
| 7,00 | 1,05 | 1,00 | 0,95 | 0,90 | 0,85 |
| 7,50 | 0,92 | 0,89 | 0,85 | 0,81 | 0,76 |
| 8,00 | 0,82 | 0,79 | 0,76 | 0,73 | 0,69 |
| 8,50 | 0,73 | 0,71 | 0,68 | 0,65 | 0,63 |
| 9,00 | 0,65 | 0,64 | 0,62 | 0,59 | 0,57 |
| 9,50 | 0,59 | 0,58 | 0,56 | 0,54 | 0,52 |
| 10,00 | 0,53 | 0,52 | 0,51 | 0,49 | 0,48 |

Il grafico che segue mostra la distribuzione di tali valori in funzione della distanza dall'asse centrale. Le varie curve mostrano il valore dell'intensità del campo al variare del parametro h (da 1 m a 3 m da terra), ossia la distribuzione del campo su piani fuori terra paralleli al suolo.

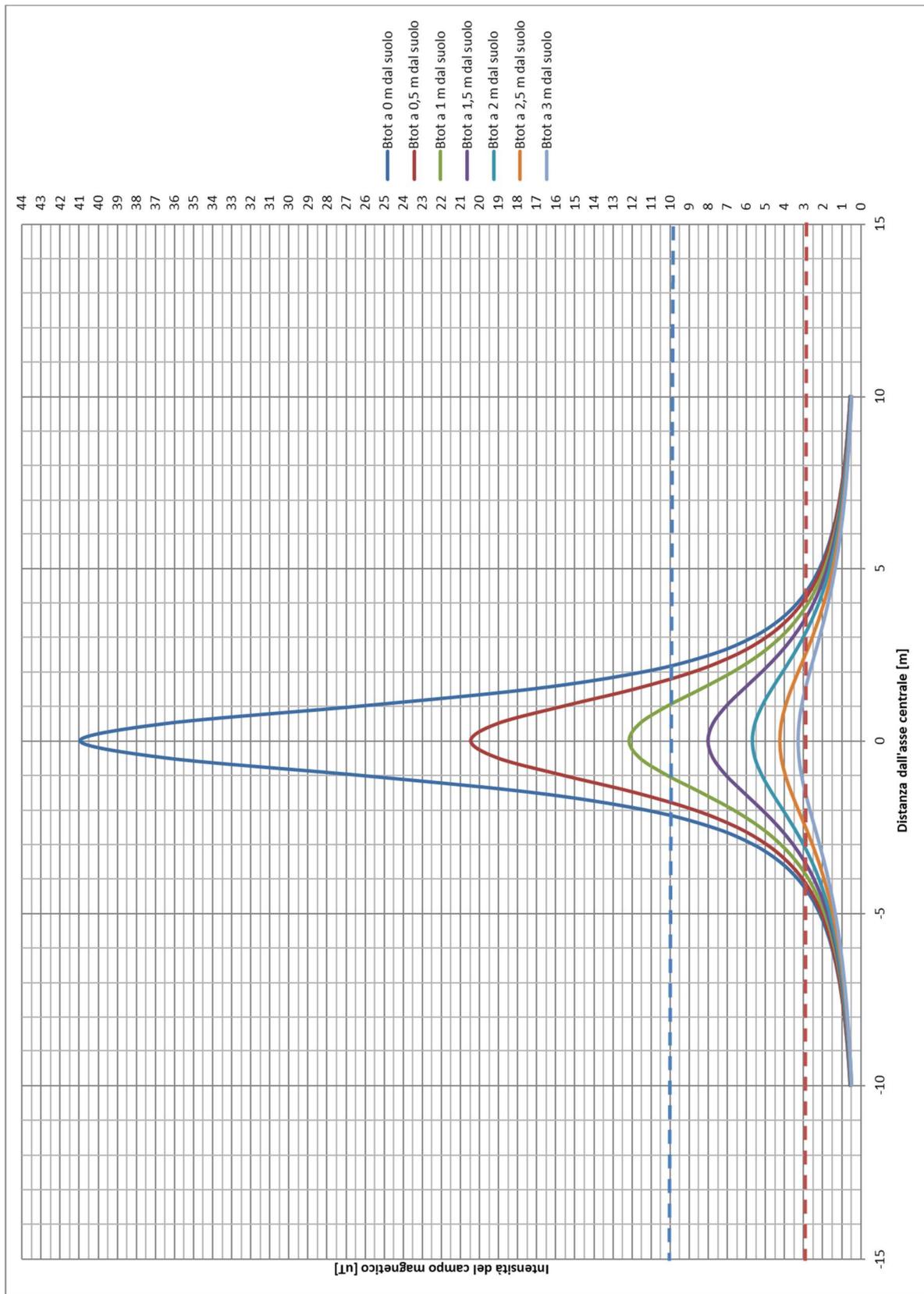


Fig. 12

Ricordando che l'obiettivo da rispettare per il caso in esame è l'obiettivo di qualità, pari a $3 \mu T$,

si rileva che l'elettrodotto oggetto di studio produce un campo magnetico massimo, in corrispondenza all'asse centrale ad 1m dal piano di calpestio, pari a $10,38 \mu\text{T}$, superiore all'obiettivo di qualità fissato dalla norma, ma comunque inferiore al limite di esposizione di $100 \mu\text{T}$.

Risulta quindi necessario individuare una fascia di rispetto, definita, secondo la normativa citata, come la distanza sul piano orizzontale (ad altezza $h=1\text{m}$) dalla proiezione verticale della sorgente alla quale il campo elettromagnetico risulta essere inferiore all'obiettivo di qualità pari a $3 \mu\text{T}$.

Utilizzando tali valori per il calcolo, la DPA risulta essere pari a circa $3,50 \text{ m}$, alla quale il campo residuo risulta essere pari a $2,92 \mu\text{T}$.

Pertanto, relativamente all'elettrodotto costituito da 7 terne (caso E), viene individuata una fascia di rispetto complessiva di $8,0 \text{ m}$, centrata sull'asse del cavo (DPA pari a $4,0 \text{ m}$), al di fuori della quale è garantito il rispetto dell'obiettivo di qualità richiesto.

Si ricorda inoltre che le condizioni nelle quali è stato effettuato il calcolo sono peggiorative rispetto alla reale configurazione del sistema.

Innanzitutto, è stata presa in considerazione la posa dei cavi di massima sezione possibile (630 mm^2). Il valore reale dei campi risulterà, quindi, inferiore a quello calcolato, laddove la sezione dei cavi è inferiore a quella usata per il calcolo.

Inoltre, per il calcolo si è fatto riferimento alle portate massime dei cavi, corrette in funzione delle specifiche condizioni di posa. Tale ipotesi, prevista dalla norma, è comunque molto cautelativa, in quanto, trattandosi di impianto di produzione con potenza predeterminata, le massime correnti realmente transittanti nei conduttori (e di conseguenza i relativi campi elettromagnetici generati) saranno inferiori alle portate nominali, con fattori di sovradimensionamento del 30-40%. Pertanto, i campi realmente generati saranno inferiori a quelli calcolati di un fattore pari al 30-40 %.

Infine, sia l'obiettivo di qualità di $3 \mu\text{T}$ che il limite di attenzione di $10 \mu\text{T}$ fanno riferimento al valore della mediana nelle 24 ore di esercizio. Tutti i dimensionamenti, invece, sono stati eseguiti tenendo conto delle potenze nominali degli aerogeneratori, ipotizzando il funzionamento a piena potenza. Data la natura non programmabile della fonte eolica, e la sua aleatorietà nel tempo, i valori reali saranno certamente inferiori a quelli utilizzati nei calcoli, con una significativa diminuzione del valore dei campi elettromagnetici generati, ben al di sotto dei valori normativi precedentemente illustrati.

5.2.6. Caso E – 8 terne di cavi

Analogamente a quanto visto nel paragrafo precedente, viene condotto lo studio nel caso di un elettrodotto costituito da sei terne di cavi.

Considerata quindi la disposizione spaziale delle terne, e fissando l'asse centrale del sistema come riportato in figura, si può calcolare il campo magnetico generato dall'elettrodotto attraverso la seguente formula:

$$B = 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_1 * I_1}{(x - x_1)^2 + (y - d)^2} + 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_2 * I_2}{(x - x_2)^2 + (y - d)^2} + 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_3 * I_3}{(x - x_3)^2 + (y - d)^2} + 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_4 * I_4}{(x - x_4)^2 + (y - d)^2} + 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_5 * I_5}{(x - x_5)^2 + (y - d)^2} + 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_6 * I_6}{(x - x_6)^2 + (y - d)^2} + 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_6 * I_6}{(x - x_6)^2 + (y - d)^2}$$

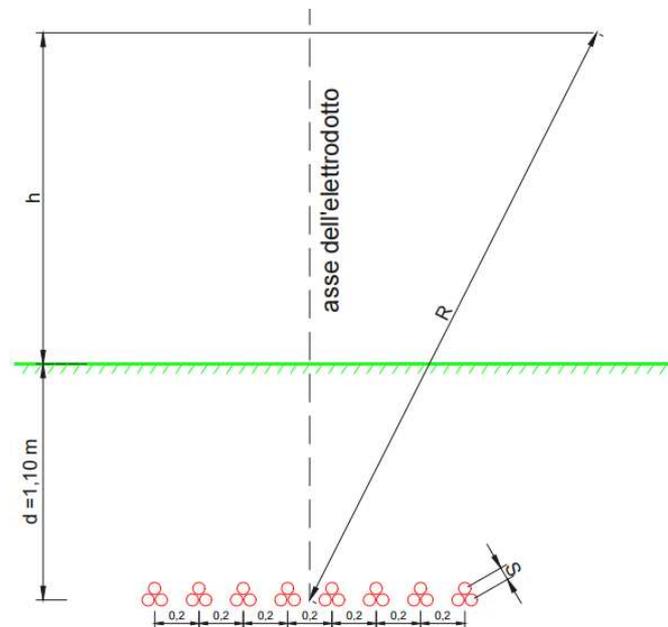


Fig. 13

dove B [μT] è l'induzione magnetica in un generico punto distante R [m] dal centro del sistema (baricentro delle terne di cavi), S_i [m] è la distanza fra i conduttori adiacenti della terna i -esima, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a I_i [A] (specificata della terna i -esima). Sono stati quindi calcolate, fissando vari valori di h , le distribuzioni dell'intensità del campo magnetico su piani fuori terra paralleli al suolo.

Le condizioni operative per le quali sono stati eseguiti i calcoli sono le seguenti:

| | |
|-------------------------------------|-------------------------|
| Profondità di posa dei cavi | -1,10 m |
| distanza terna 1 dall'asse y | -0,7 m |
| distanza terna 2 dall'asse y | -0,5 m |
| distanza terna 3 dall'asse y | -0,2 m |
| distanza terna 4 dall'asse y | -0,1 m |
| distanza terna 5 dall'asse y | + 0,1m |
| distanza terna 6 dall'asse y | + 0,3 m |
| distanza terna 7 dall'asse y | + 0,5 m |
| distanza terna 8 dall'asse y | + 0,7 m |
| Sezione terne cavi | 3x1x630 mm ² |
| Portata cavo nominale cavi | 725 A |
| Portata cavo corretta cavi | 540 A |

Ai fini del calcolo relativo a due terne di cavi, a scopo cautelativo è stato preso in esame il caso più gravoso riscontrato nell'intero impianto, ossia la compresenza nello stesso scavo di quattro terne di cavi della sezione di 630 mm² relativi al parco B, affiancati ad ulteriore quattro terne di cavi di medesima sezione, relativi al parco eolico Parco A.

Per la portata dei cavi, si è tenuto conto della portata corretta secondo i fattori di correzione di cui al paragrafo 4.1, che tiene conto delle condizioni di esercizio e della compresenza di più cavi nello stesso scavo.

La tabella che segue mostra i valori della distribuzione, con un intervallo di campionamento dei valori in ascissa (ossia della distanza dall'asse centrale) pari a 0,5 m.

| Distanza dall'asse centrale [m] | B _{tot} a 1 m dal suolo [μ T] | B _{tot} a 1,5 m dal suolo [μ T] | B _{tot} a 2 m dal suolo [μ T] | B _{tot} a 2,5 m dal suolo [μ T] | B _{tot} a 3 m dal suolo [μ T] |
|---------------------------------|---|---|---|---|---|
| -10 | 0,61 | 0,60 | 0,58 | 0,56 | 0,55 |
| -9,5 | 0,67 | 0,66 | 0,64 | 0,62 | 0,60 |
| -9 | 0,75 | 0,73 | 0,70 | 0,68 | 0,65 |
| -8,5 | 0,83 | 0,81 | 0,78 | 0,75 | 0,72 |
| -8 | 0,94 | 0,90 | 0,87 | 0,83 | 0,79 |
| -7,5 | 1,06 | 1,02 | 0,97 | 0,92 | 0,87 |
| -7 | 1,20 | 1,15 | 1,09 | 1,03 | 0,97 |
| -6,5 | 1,38 | 1,31 | 1,24 | 1,16 | 1,08 |
| -6,00 | 1,59 | 1,50 | 1,41 | 1,31 | 1,21 |
| -5,50 | 1,86 | 1,74 | 1,61 | 1,48 | 1,36 |
| -5,00 | 2,20 | 2,03 | 1,86 | 1,69 | 1,53 |
| -4,50 | 2,63 | 2,39 | 2,15 | 1,93 | 1,72 |
| -4,00 | 3,18 | 2,84 | 2,51 | 2,21 | 1,95 |
| -3,50 | 3,91 | 3,40 | 2,94 | 2,54 | 2,20 |
| -3,00 | 4,86 | 4,10 | 3,45 | 2,91 | 2,47 |
| -2,50 | 6,11 | 4,95 | 4,03 | 3,32 | 2,75 |
| -2,00 | 7,71 | 5,95 | 4,68 | 3,74 | 3,04 |
| -1,50 | 9,62 | 7,04 | 5,33 | 4,15 | 3,31 |
| -1,00 | 11,60 | 8,07 | 5,91 | 4,50 | 3,53 |
| -0,50 | 13,16 | 8,83 | 6,32 | 4,74 | 3,68 |
| 0,00 | 13,76 | 9,12 | 6,47 | 4,82 | 3,73 |
| 0,50 | 13,16 | 8,83 | 6,32 | 4,74 | 3,68 |
| 1,00 | 11,60 | 8,07 | 5,91 | 4,50 | 3,53 |
| 1,50 | 9,62 | 7,04 | 5,33 | 4,15 | 3,31 |
| 2,00 | 7,71 | 5,95 | 4,68 | 3,74 | 3,04 |
| 2,50 | 6,11 | 4,95 | 4,03 | 3,32 | 2,75 |
| 3,00 | 4,86 | 4,10 | 3,45 | 2,91 | 2,47 |
| 3,50 | 3,91 | 3,40 | 2,94 | 2,54 | 2,20 |
| 4,00 | 3,18 | 2,84 | 2,51 | 2,21 | 1,95 |
| 4,50 | 2,63 | 2,39 | 2,15 | 1,93 | 1,72 |
| 5,00 | 2,20 | 2,03 | 1,86 | 1,69 | 1,53 |
| 5,50 | 1,86 | 1,74 | 1,61 | 1,48 | 1,36 |
| 6,00 | 1,59 | 1,50 | 1,41 | 1,31 | 1,21 |
| 6,50 | 1,38 | 1,31 | 1,24 | 1,16 | 1,08 |
| 7,00 | 1,20 | 1,15 | 1,09 | 1,03 | 0,97 |
| 7,50 | 1,06 | 1,02 | 0,97 | 0,92 | 0,87 |
| 8,00 | 0,94 | 0,90 | 0,87 | 0,83 | 0,79 |
| 8,50 | 0,83 | 0,81 | 0,78 | 0,75 | 0,72 |
| 9,00 | 0,75 | 0,73 | 0,70 | 0,68 | 0,65 |
| 9,50 | 0,67 | 0,66 | 0,64 | 0,62 | 0,60 |
| 10,00 | 0,61 | 0,60 | 0,58 | 0,56 | 0,55 |

Il grafico che segue mostra la distribuzione di tali valori in funzione della distanza dall'asse centrale. Le varie curve mostrano il valore dell'intensità del campo al variare del parametro h (da 1 m a 3 m da terra), ossia la distribuzione del campo su piani fuori terra paralleli al suolo.

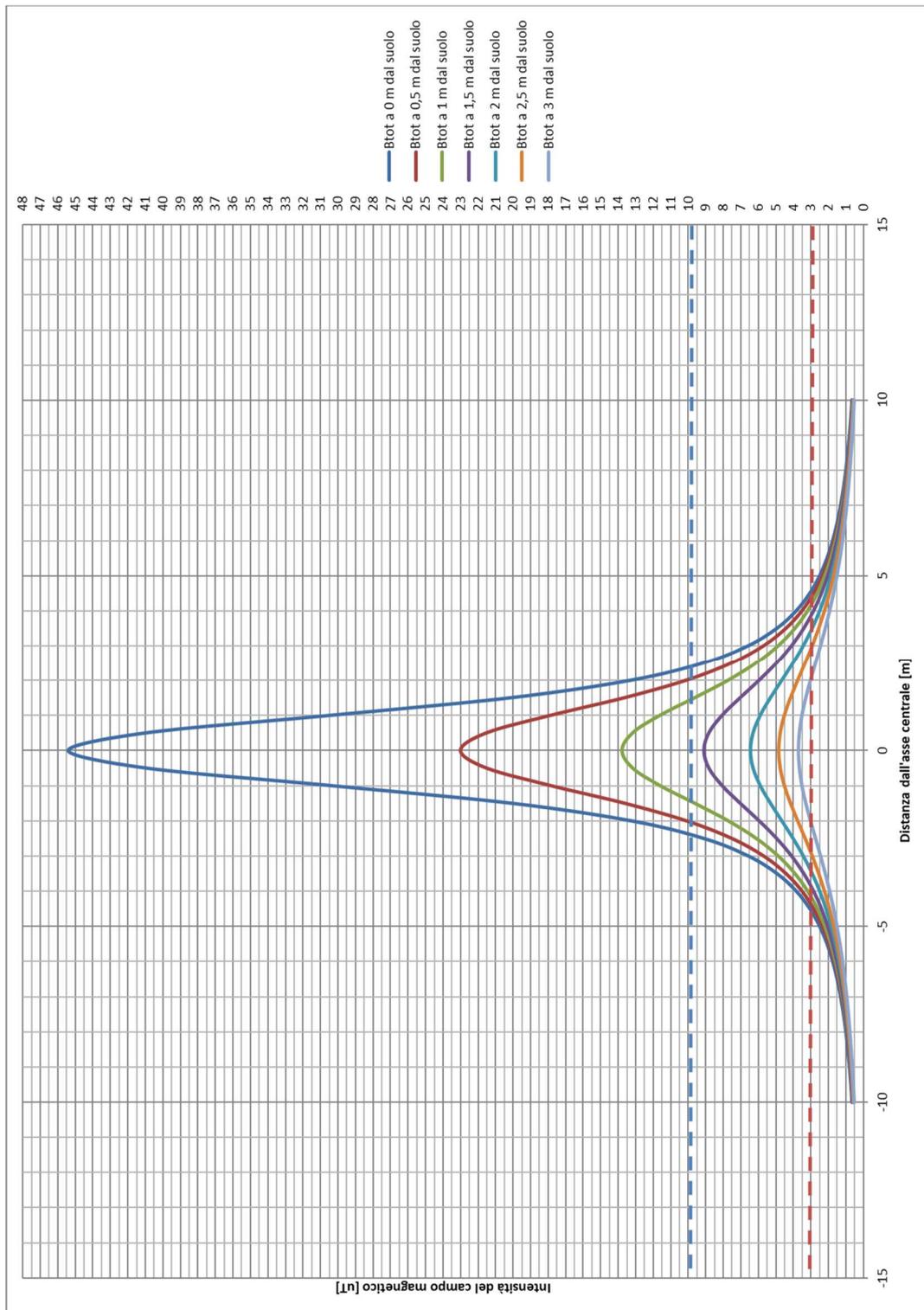


Fig. 14

Ricordando che l'obiettivo da rispettare per il caso in esame è l'obiettivo di qualità, pari a 3 µT, si rileva che l'elettrodotto oggetto di studio produce un campo magnetico massimo, in corrispondenza all'asse centrale ad 1m dal piano di calpestio, pari a 10,38 µT, superiore all'obiettivo di qualità fissato dalla norma, ma comunque inferiore al limite di esposizione di 100

μT .

Risulta quindi necessario individuare una fascia di rispetto, definita, secondo la normativa citata, come la distanza sul piano orizzontale (ad altezza $h=1\text{m}$) dalla proiezione verticale della sorgente alla quale il campo elettromagnetico risulta essere inferiore all'obiettivo di qualità pari a $3\ \mu\text{T}$.

Utilizzando tali valori per il calcolo, la DPA risulta essere pari a circa $3,50\ \text{m}$, alla quale il campo residuo risulta essere pari a $2,92\ \mu\text{T}$.

Pertanto, relativamente all'elettrodotto costituito da 8 terne (caso F), viene individuata una fascia di rispetto complessiva di $9,0\ \text{m}$, centrata sull'asse del cavo (DPA pari a $4,5\ \text{m}$), al di fuori della quale è garantito il rispetto dell'obiettivo di qualità richiesto.

Si ricorda inoltre che le condizioni nelle quali è stato effettuato il calcolo sono peggiorative rispetto alla reale configurazione del sistema.

Innanzitutto, è stata presa in considerazione la posa dei cavi di massima sezione possibile ($630\ \text{mm}^2$). Il valore reale dei campi risulterà, quindi, inferiore a quello calcolato, laddove la sezione dei cavi è inferiore a quella usata per il calcolo.

Inoltre, per il calcolo si è fatto riferimento alle portate massime dei cavi, corrette in funzione delle specifiche condizioni di posa. Tale ipotesi, prevista dalla norma, è comunque molto cautelativa, in quanto, trattandosi di impianto di produzione con potenza predeterminata, le massime correnti realmente transittanti nei conduttori (e di conseguenza i relativi campi elettromagnetici generati) saranno inferiori alle portate nominali, con fattori di sovradimensionamento del 30-40%. Pertanto, i campi realmente generati saranno inferiori a quelli calcolati di un fattore pari al 30-40 %.

Infine, sia l'obiettivo di qualità di $3\ \mu\text{T}$ che il limite di attenzione di $10\ \mu\text{T}$ fanno riferimento al valore della mediana nelle 24 ore di esercizio. Tutti i dimensionamenti, invece, sono stati eseguiti tenendo conto delle potenze nominali degli aerogeneratori, ipotizzando il funzionamento a piena potenza. Data la natura non programmabile della fonte eolica, e la sua aleatorietà nel tempo, i valori reali saranno certamente inferiori a quelli utilizzati nei calcoli, con una significativa diminuzione del valore dei campi elettromagnetici generati, ben al di sotto dei valori normativi precedentemente illustrati

5.3. RIEPILOGO DPA ELETTRODOTTI

La tabella che segue mostra un riepilogo delle DPA dagli elettrodotti interrati di media tensione, calcolate come meglio specificato nei paragrafi precedenti.

| Tipologia cavi | Sezione cavi | N. terne in parallelo | DPA |
|------------------------------------|---|-----------------------|-------|
| cavo interrato posa elicordata | 120 mm ² - 300 mm ² | Qualunque | 0 m |
| cavo interrato posa a trifoglio | 630 mm ² | 1 (caso A) | 0 m |
| | | 2 (caso B) | 1,3 m |
| | | 3 (caso C) | 2,1 m |
| | | 4 (caso D) | 2,6 m |
| | | 7 (caso E) | 4,0 m |
| | | 8 (caso E) | 4,5 m |

Si rimanda all'allegato A per l'individuazione planimetrica delle DPA relative agli elettrodotti.

1. CAMPO ELETTROMAGNETICO GENERATO DAGLI AEROGENERATORI

Le principali componenti dell'aerogeneratore che risultano essere fonte di campi elettromagnetici sono il generatore elettrico ed il trasformatore BT/MT.

Entrambe le sorgenti operano con correnti e tensioni di esercizio tali che i campi elettromagnetici prodotti risultano estinti nell'arco di pochi metri dalle sorgenti. Considerata inoltre la quota di installazione, superiore a 125 m, ne consegue che al livello del suolo si possa considerare nullo l'effetto di tali sorgenti.

Inoltre, la struttura metallica dell'aerogeneratore, entro il quale tali apparecchiature sono collocate, funge da ulteriore schermatura per i campi elettrici, attenuandone ulteriormente l'intensità.

A maggior tutela, si ricorda che gli aerogeneratori sono posti, rispetto alle abitazioni e agli edifici civili in cui vi sia una permanenza prolungata, ad una distanza tale da poter considerare l'entità dei campi elettromagnetici generati assolutamente insignificante.

2. CAMPO ELETTROMAGNETICO GENERATO DALLA SSEU

La SSEU MT/AT 30/150 Kv è una potenziale sorgente di campi elettromagnetici.

Con riferimento alla valutazione dei campi elettromagnetici, sono state individuate le seguenti possibili sorgenti in grado di generare un campo elettromagnetico significativo determinando dunque l'opportunità di definire la relativa Distanza di Prima Approssimazione (DPA):

- Sbarre AT a 150 Kv in aria;
- Condutture in cavo interrato o in aria a tensione nominale 30 kV;

Le altre possibili sorgenti di onde elettromagnetiche di minore rilevanza (linee di BT, trasformatori MT/BT, trasformatori AT/MT, apparecchiature in BT, ecc.), sono state giudicate non significative ai fini della presente valutazione, come peraltro riscontrato anche nella letteratura di settore.

Il gestore di rete ENEL Distribuzione S.p.a., nel documento "Linee Guida per l'applicazione del p.5.1.3 dell'Allegato al DM 29-05-2008 – Distanza di Prima Approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche" riporta le DPA da applicare per le sottostazioni di trasformazione analoghe a quella oggetto della presente relazione.

In particolare, nell'allegato A al sopracitato documento, vengono riportate le distanze minime da garantire dal centro sbarre AT e dal centro sbarre MT rispetto al perimetro dell'area della sottostazione. Tali distanze, per sistemi con caratteristiche analoghe a quelle della sottostazione in oggetto, risultano essere:

- circa 14 m dal centro sbarre AT
- circa 7 m dal centro sbarre MT.

Sulla base di tali indicazioni normative, sono state individuate le fasce di rispetto presso l'area della sottostazione, per il cui dettaglio si rimanda all'**Allegato B**.

3. CONCLUSIONI

Nella presente relazione è stato condotto uno studio analitico volto a valutare l'impatto elettromagnetico delle opere da realizzare, e, sulla base delle risultanze, individuare eventuali fasce di rispetto da apporre al fine di garantire il raggiungimento degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici, secondo il vigente quadro normativo. Una volta individuate le possibili sorgenti dei campi elettromagnetici, per ciascuna di esse è stata condotta una valutazione di tipo analitico, volta a determinare la consistenza dei campi generati dalle sorgenti e l'eventuale distanza di prima approssimazione (DPA).

Di seguito i principali risultati:

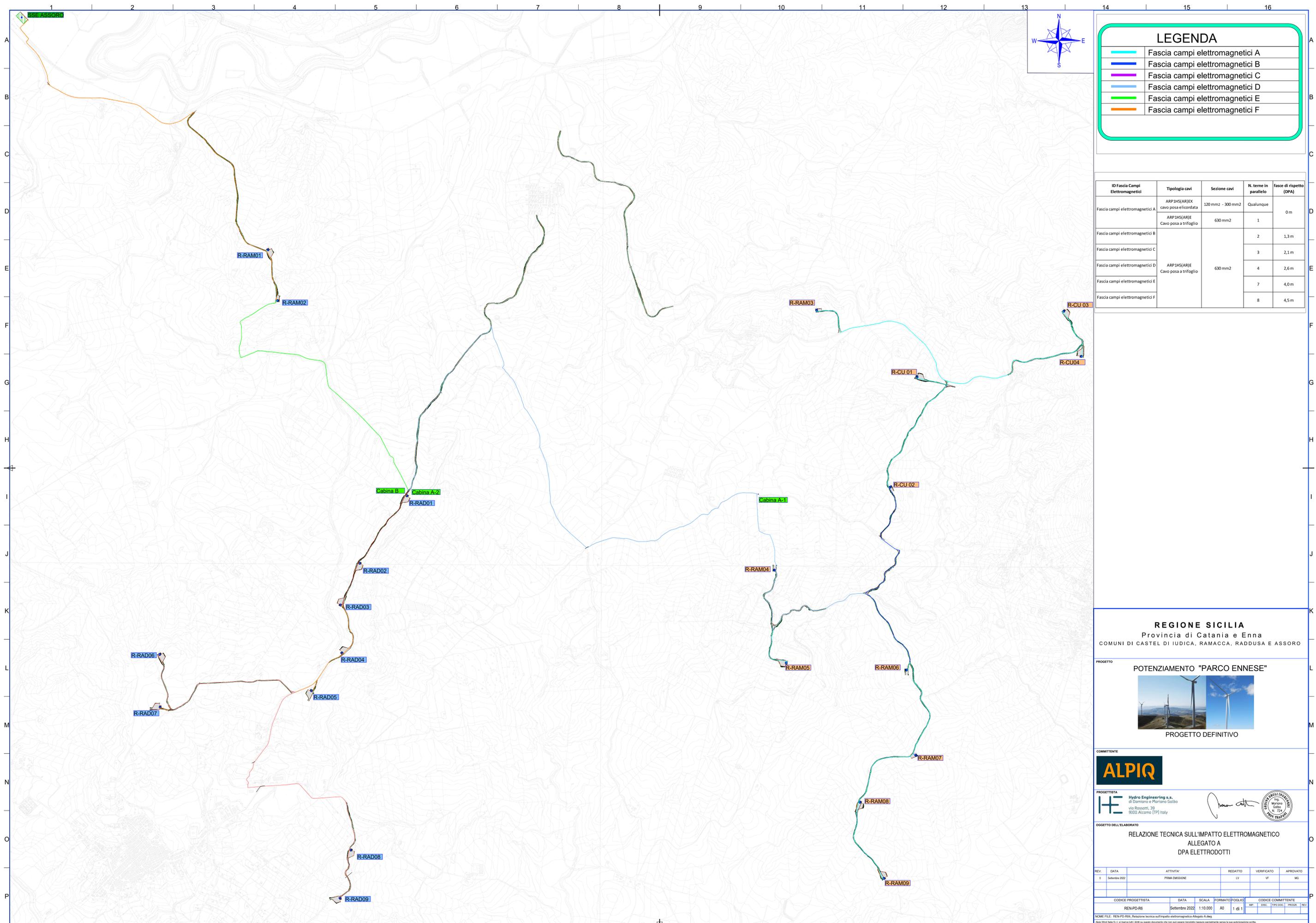
- **Elettrodotti:**
 - nel caso di cavi elicordati (sezioni 120-300 mm²) i campi elettromagnetici sono trascurabili, non è necessaria l'apposizione di alcuna fascia di rispetto;
 - nel caso di cavi a trifoglio (sezione 630 mm²) i campi elettromagnetici sono trascurabili, non è necessaria l'apposizione di alcuna fascia di rispetto;

In questi i casi, l'entità delle DPA è tale da ricadere all'interno della carreggiata stradale lungo la quale giacciono i cavidotti, senza interferenze con luoghi da tutelare.

- **Elettrodotto AT di collegamento tra le stazioni: i campi elettromagnetici risultano più intensi in prossimità degli elettrodotti AT, ma trascurabili all'esterno dell'area delle SSEU. Il collegamento tra le Stazioni campi elettromagnetici è trascurabile, non è necessaria l'apposizione di alcuna fascia di rispetto;**
- **Aerogeneratori:** campi elettromagnetici trascurabili, non è necessaria l'apposizione di alcuna fascia di rispetto.
- **SSEU:** i campi elettromagnetici risultano più intensi in prossimità delle apparecchiature AT, ma trascurabili all'esterno dell'area della sottostazione. È stata individuata la fascia di rispetto, ricadente per lo più nelle aree di pertinenza della SSEU e della viabilità di accesso, senza interferenze con luoghi da tutelare.

A conclusione del presente studio, è possibile affermare che per tutte le sorgenti di campi elettromagnetici individuate, le emissioni risultano essere al di sotto dei limiti imposti dalla vigente normativa.

4. ALLEGATO: DPA ELETTRODOTTI



| LEGENDA | |
|--|---------------------------------|
| — | Fascia campi elettromagnetici A |
| — | Fascia campi elettromagnetici B |
| — | Fascia campi elettromagnetici C |
| — | Fascia campi elettromagnetici D |
| — | Fascia campi elettromagnetici E |
| — | Fascia campi elettromagnetici F |

| ID Fascia Campi Elettromagnetici | Tipologia cavi | Sezione cavi | N. terne in parallelo | fasce di rispetto (DPA) |
|----------------------------------|-----------------------------------|---|-----------------------|-------------------------|
| Fascia campi elettromagnetici A | ARP1HS(AR)EX cavo posa elicoidata | 120 mm ² - 300 mm ² | Qualunque | 0 m |
| Fascia campi elettromagnetici B | ARP1HS(AR)E Cavo posa a trifoglio | 630 mm ² | 1 | 1,3 m |
| Fascia campi elettromagnetici C | ARP1HS(AR)E Cavo posa a trifoglio | 630 mm ² | 2 | 2,1 m |
| Fascia campi elettromagnetici D | | | 3 | 2,6 m |
| Fascia campi elettromagnetici E | | | 4 | 4,0 m |
| Fascia campi elettromagnetici F | | | 7 | 4,5 m |

REGIONE SICILIA
 Provincia di Catania e Enna
 COMUNI DI CASTEL DI IUDICA, RAMACCA, RADDUSA E ASSORO



COMMITTENTE

PROGETTISTA

Hydro Engineering s.s.
 di Damiano e Mariano Gallo
 via Rossini, 39
 95033 Alcamo (TP) Italy

OGGETTO DELL'ELABORATO

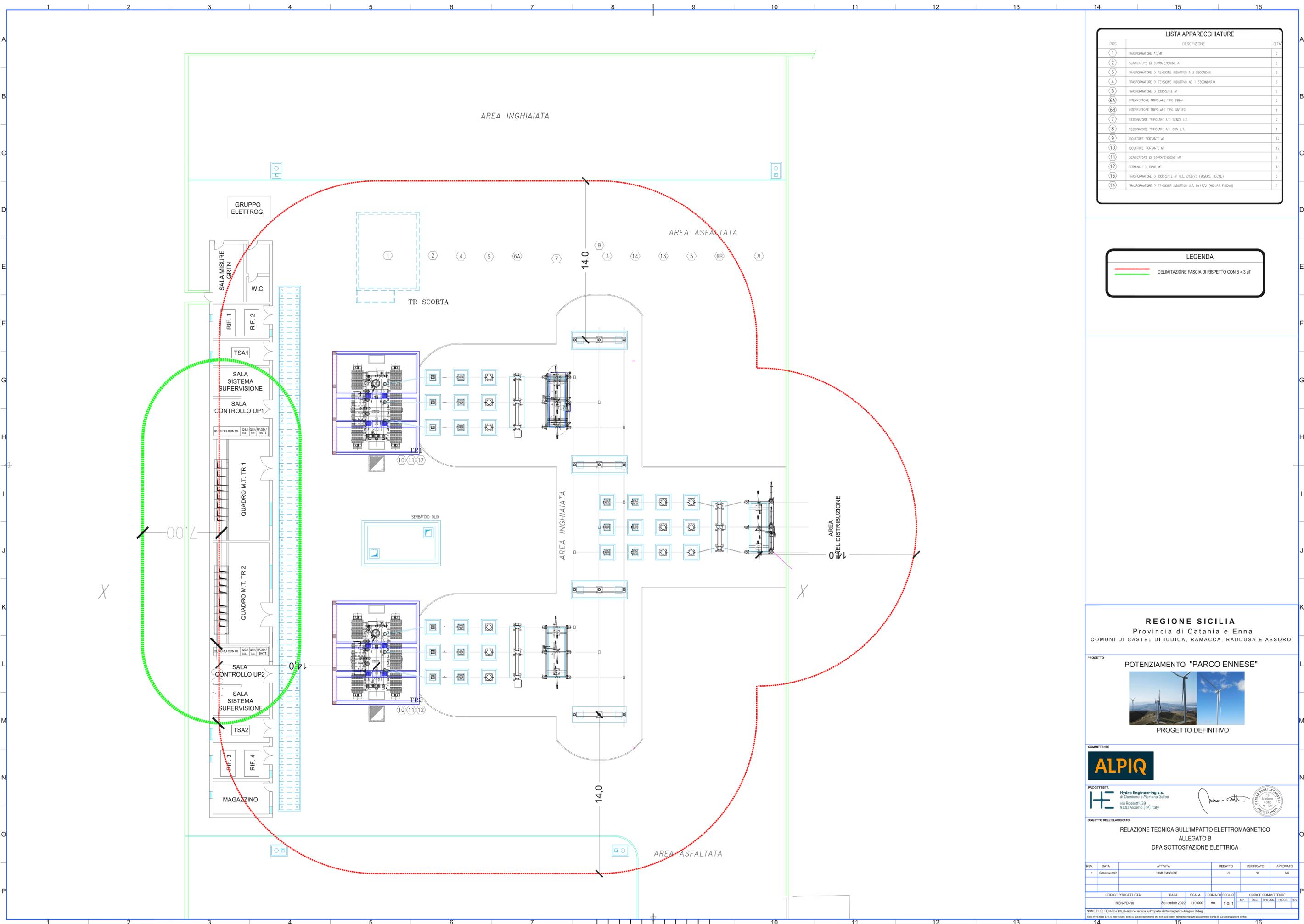
**RELAZIONE TECNICA SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO
 ALLEGATO A
 DPA ELETTRODOTTI**

| REV. | DATA | ATTIVITA' | REDATTO | VERIFICATO | APPROVATO |
|------|----------------|-----------------|---------|------------|-----------|
| 0 | Settembre 2022 | PRIMA EMISSIONE | LV | VF | MG |

| CODICE PROGETTISTA | | DATA | SCALA | FORMATO/FOGLIO | CODICE COMMITTENTE | | | |
|--------------------|--|----------------|----------|----------------|--------------------|------|-----|-------|
| REN-PD-R6 | | Settembre 2022 | 1:10.000 | A0 1 di 1 | MP | DISC | TRP | PROGR |

Nome file: REN-PD-R6_Relazione tecnica sull'impatto elettromagnetico-Allegato A.dwg
 AutoCAD 2011, in formato DWG. Questo documento non può essere riprodotto neppure parzialmente senza la sua autorizzazione scritta.

5. ALLEGATO B: DPA SOTTOSTAZIONE ELETTRICA DI UTENTE E STAZIONE TERNA



| LISTA APPARECCHIATURE | | |
|-----------------------|--|------|
| POS. | DESCRIZIONE | Q.TA |
| 1 | TRASFORMATORE AT/MT | 2 |
| 2 | SCARICATORE DI SOVRATENSIONE AT | 6 |
| 3 | TRASFORMATORE DI TENSIONE INDUTTIVO A 3 SECONDARI | 3 |
| 4 | TRASFORMATORE DI TENSIONE INDUTTIVO AD 1 SECONDARIO | 6 |
| 5 | TRASFORMATORE DI CORRENTE AT | 9 |
| 6A | INTERRUTTORE TRIPOLARE TIPO 386m | 2 |
| 6B | INTERRUTTORE TRIPOLARE TIPO 3AP1FG | 1 |
| 7 | SEZIONATORE TRIPOLARE A.T. SENZA L.T. | 2 |
| 8 | SEZIONATORE TRIPOLARE A.T. CON L.T. | 1 |
| 9 | ISOLATORE PORTANTE AT | 12 |
| 10 | ISOLATORE PORTANTE MT | 12 |
| 11 | SCARICATORE DI SOVRATENSIONE MT | 6 |
| 12 | TERMINALI DI CAVO MT | 18 |
| 13 | TRASFORMATORE DI CORRENTE AT U.E. D137/6 (MISURE FISCALI) | 3 |
| 14 | TRASFORMATORE DI TENSIONE INDUTTIVO U.E. D147/2 (MISURE FISCALI) | 3 |

LEGENDA

— DELIMITAZIONE FASCIA DI RISPETTO CON B > 3 pT

REGIONE SICILIA
 Provincia di Catania e Enna
 COMUNI DI CASTEL DI IUDICA, RAMACCA, RADDUSA E ASSORO

PROGETTO

POTENZIAMENTO "PARCO ENNESE"

PROGETTO DEFINITIVO

COMMITTENTE

ALPIQ

PROGETTISTA

Hydro Engineering s.s.
 di Damiano e Mariano Galbo
 via Rossetti, 39
 91031 Alcamo (TP) Italy

OGGETTO DELL'ELABORAZIONE

**RELAZIONE TECNICA SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO
 ALLEGATO B
 DPA SOTTOSTAZIONE ELETTRICA**

| REV. | DATA | ATTIVITA' | REDATTO | VERIFICATO | APPROVATO |
|------|----------------|-----------------|---------|------------|-----------|
| 0 | Settembre 2022 | PRIMA EMISSIONE | LV | VF | MG |

| CODICE PROGETTISTA | DATA | SCALA | FORMATO/FOGLIO | CODICE COMMITTENTE |
|--------------------|----------------|----------|----------------|--------------------|
| REN-PD-R6 | Settembre 2022 | 1:10.000 | A0 1 di 1 | |

NOTE FILE: REN-PD-R6_Relazione tecnica sull'impatto elettromagnetico Allegato B.dwg
 Alpiq Wind Italia S.r.l. si riserva tutti i diritti su questo documento che non può essere riprodotto neppure parzialmente senza la sua autorizzazione scritta.