

REGIONE CAMPANIA
Provincia di Avellino
COMUNI DI Andretta (AV) – Bisaccia (AV)

PROGETTO

POTENZIAMENTO PARCO EOLICO ANDRETTA-BISACCIA



PROGETTO DEFINITIVO

COMMITTENTE:

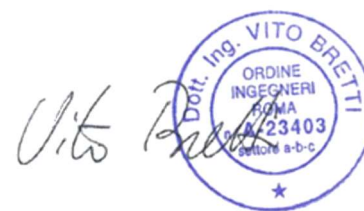
ERG Wind 4



PROGETTISTA:



GOLDER
Via Sante Bargellini, 4
00157 - Roma (RM)



OGGETTO DELL'ELABORATO:

RELAZIONE IMPATTO ELETTROMAGNETICO

CODICE PROGETTISTA	DATA	SCALA	FOGLIO	FORMATO	CODICE DOCUMENTO				
					IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROG.	REV.
	07/2019	/	1 di 37	A4	BIS	ENG	REL	0013	00

NOME FILE: BIS.ENG.REL.0013.00_Relazione impatto elettromagnetico.doc

ERG Wind 4 2 S.r.l. si riserva tutti i diritti su questo documento che non può essere riprodotto neppure parzialmente senza la sua autorizzazione scritta.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO ANDRETTA-BISACCIA RELAZIONE IMPATTO ELETTROMAGNETICO	2
BIS	ENG	REL	0013	00		

Storia delle revisioni del documento

REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
00	07/2019	PRIMA EMISSIONE	MGL	LSP	VBR

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO ANDRETTA-BISACCIA RELAZIONE IMPATTO ELETTROMAGNETICO	3
BIS	ENG	REL	0013	00		

INDICE

1.	PREMESSA	4
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
3.	DESCRIZIONE DEL PROGETTO	7
3.1.	DESCRIZIONE GENERALE.....	7
3.2.	LAYOUT IMPIANTO	8
3.3.	AEROGENERATORI	10
3.4.	SOTTOSTAZIONE.....	11
3.5.	POTENZA COMPLESSIVA E SOTTOCAMPI	12
3.6.	LINEE ELETTRICHE MT DI COLLEGAMENTO	12
4.	FONTI DI EMISSIONE	14
4.1.	CAVIDOTTI MT/AT	14
4.2.	STAZIONE DI TRASFORMAZIONE	14
4.3.	GENERATORI EOLICI	14
5.	VALORI LIMITE DI RIFERIMENTO	16
5.1.	VALORI LIMITE DEL CAMPO MAGNETICO	16
5.2.	VALORI LIMITE DEL CAMPO ELETTRICO.....	17
6.	CAMPO ELETTROMAGNETICO GENERATO DAI CAVIDOTTI.....	18
6.1.	CAVIDOTTI MT.....	18
6.1.1.	CASO A – 1 TERNA DI CAVI	19
6.1.2.	CASO B – 2 TERNE DI CAVI	19
6.1.3.	CASO C – 3 TERNE DI CAVI	24
6.1.4.	CASO D – 5 TERNE DI CAVI	28
7.	CAMPO ELETTROMAGNETICO GENERATO DALLE SSE	34
8.	CAMPO ELETTROMAGNETICO GENERATO DAGLI AEROGENERATORI.....	36
9.	CONCLUSIONI	37

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO ANDRETТА-BISACCIA RELAZIONE IMPATTO ELETTROMAGNETICO	4
BIS	ENG	REL	0013	00		

1. PREMESSA

La società Golder è stata incaricata di redigere il progetto relativo al potenziamento di un impianto eolico esistente con aerogeneratori ubicati nei comuni di Andretta (AV) e di Bisaccia (AV) in Regione Campania, con relative opere di connessione che si sviluppano nei suddetti comuni.

Attualmente l'impianto è connesso all'esistente stazione elettrica di trasformazione 150/20 kV "Bisaccia", ubicata nel Comune di Bisaccia (AV). Tuttavia, visto l'incremento di potenza atteso al termine degli interventi di repowering (circa 33 MW di differenza tra l'impianto esistente in dismissione e la wind farm di progetto) il nuovo impianto si collegherà presso una sottostazione elettrica di nuova realizzazione, ubicata sempre Comune di Bisaccia (AV), ma nelle immediate vicinanze dell'esistente sottostazione 380/150 kV Terna.

L'impianto esistente in dismissione è di proprietà della società del Gruppo ERG Wind 4 Srl.

Nello specifico, l'impianto di Andretta - Bisaccia è composto da 47 aerogeneratori tripala modello Vestas V-47, con torre tralicciata, di cui n.30 con potenza nominale pari a 0,66 MW e n.17 con potenza nominale pari a 0,60 MW, per una potenza complessiva di 30 MW.

L'impianto, attualmente in esercizio, è collegato tramite cavidotti interrati all'esistente stazione elettrica di Bisaccia.

Il presente progetto consisterà dunque in:

- dismissione dei 47 aerogeneratori esistenti dell'impianto di Andretta - Bisaccia (potenza in dismissione pari a 30 MW) e delle relative opere accessorie, oltre che nella rimozione dei cavidotti attualmente in esercizio;
- realizzazione nelle stesse aree di un nuovo impianto eolico costituito da 14 aerogeneratori e relative opere accessorie per una potenza complessiva di 63 MW. In particolare, l'impianto sarà costituito da aerogeneratori della potenza unitaria di 4,5 MW, diametro del rotore massimo di 150 m ed altezza massima complessiva di 180 m;
- sostituzione dei cavidotti esistenti con cavi adatti alla nuova potenza. Il tracciato di progetto, completamente interrato, seguirà per la maggior parte il percorso esistente ad eccezione di:
 - piccoli tratti realizzati ex-novo al fine di ottimizzare il percorso dei cavidotti;
 - il nuovo tracciato necessario per il collegamento delle WTG denominate R-BS11, R-BS12 e R-BS13 alla SSE utente di nuova realizzazione nel Comune di Bisaccia, che seguirà un percorso diverso rispetto all'esistente per ridurre la lunghezza e conseguentemente le perdite elettriche in fase di esercizio;

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO ANDRETTA-BISACCIA RELAZIONE IMPATTO ELETTROMAGNETICO	5
BIS	ENG	REL	0013	00		

- La costruzione di una nuova sottostazione elettrica utente per la connessione alla RTN. La SSE di progetto rappresenterà il punto di arrivo dei cavi MT e di partenza del cavo di collegamento AT verso la sottostazione Terna esistente.

L'installazione di pochi ma più moderni aerogeneratori in sostituzione di diverse turbine di vecchissima concezione comporterà non solo un incremento dei rendimenti energetici degli impianti, ma anche un considerevole miglioramento degli impatti ambientali connessi a questo tipo di installazioni.

Inoltre, l'incremento di efficienza delle turbine previste rispetto a quelle in esercizio porterà ad un ampliamento del tempo di generazione ed un aumento della produzione unitaria media.

La presente relazione tecnica specialistica ha come oggetto 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 fornirà dapprima una descrizione della normativa vigente in merito, per passare poi all'analisi dei campi magnetici generati dagli aerogeneratori, dalla sottostazione elettrica di collegamento alla RTN e dai cavidotti MT che collegano sia gli aerogeneratori fra loro che gli impianti alla sottostazione.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO ANDRETTA-BISACCIA RELAZIONE IMPATTO ELETTROMAGNETICO	6
BIS	ENG	REL	0013	00		

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per la realizzazione del presente progetto si è fatto riferimento 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 dello 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 e da stazioni 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.
- Enel distribuzione: “Linea Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'allegato al DM 29.5.2008 – Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche”.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO ANDRETTA-BISACCIA RELAZIONE IMPATTO ELETTROMAGNETICO	7
BIS	ENG	REL	0013	00		

3. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

3.1. DESCRIZIONE GENERALE

La centrale eolica è composta da aerogeneratori indipendenti, opportunamente disposti e collegati in relazione alla disposizione dell'impianto.

Ogni generatore è topograficamente, strutturalmente ed elettricamente indipendente dagli altri anche dal punto di vista delle funzioni di controllo e protezione. Gli aerogeneratori sono collegati fra loro e a loro volta si connettono alla sottostazione tramite un cavidotto interrato.

Nella stessa sottostazione sarà ubicato il sistema di monitoraggio, comando, misura e supervisione (MCM) dell'impianto eolico che consente di valutare in remoto il funzionamento complessivo e le prestazioni dell'impianto ai fini della sua gestione.

Non sono previste cabine di macchina prefabbricate, in quanto le apparecchiature saranno direttamente installate all'interno della navicella e della torre di sostegno dell'aerogeneratore.

Questo comporterà una minore introduzione di strutture a servizio dell'impianto in progetto, diversamente da come è avvenuto in passato (in particolare per gli impianti in dismissione) e quindi un minore impatto dell'impianto sul paesaggio circostante. All'interno della torre saranno installati:

- il cavo BT dal generatore eolico al trasformatore;
- il trasformatore MT-BT;
- il sistema di rifasamento del trasformatore;
- la cella MT di arrivo linea e di protezione del trasformatore;
- il quadro di BT di alimentazione dei servizi ausiliari;
- il quadro di controllo locale.

L'impianto Eolico sarà costituito da n. 14 aerogeneratori di taglia massima 4,5 MW, corrispondenti ad una potenza installata massima di 63 MW.

Per la sua realizzazione sono quindi da prevedersi le seguenti opere ed infrastrutture:

- dismissione impianti eolici esistenti;
- opere civili: comprendenti l'esecuzione dei plinti di fondazione delle macchine eoliche, la realizzazione delle piazzole degli aerogeneratori, l'adeguamento/ampliamento della rete viaria esistente nel sito e la realizzazione della viabilità di servizio interna all'impianto;
- opere impiantistiche: comprendenti l'installazione degli aerogeneratori e l'esecuzione dei collegamenti elettrici in cavidotti interrati tra i singoli aerogeneratori, tra gli aerogeneratori e la sottostazione di consegna da realizzare nel Comune di Bisaccia nelle vicinanze della già esistente Sottostazione Terna "Bisaccia" 380/150 kV.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO ANDRETTA-BISACCIA RELAZIONE IMPATTO ELETTROMAGNETICO	8
BIS	ENG	REL	0013	00		

3.2. LAYOUT IMPIANTO

Nel suo insieme la disposizione delle macchine sul terreno dipende, oltre che da considerazioni basate su criteri di massimo rendimento dei singoli aerogeneratori, anche da fattori legati alla presenza di vincoli ostativi, alla natura del sito, all'orografia, all'esistenza o meno delle strade, piste, sentieri, alla presenza di fabbricati e, non meno importante, da considerazioni relative all'impatto paesaggistico dell'impianto nel complesso.

Un elemento fondamentale nella scelta del layout di progetto è stato il massimo utilizzo delle aree già occupate dall'impianto esistente, prediligendo aree in grado di minimizzare i movimenti terra e postazioni facilmente raggiungibili dalla viabilità pubblica esistente e/o già realizzata in occasione della costruzione dell'impianto attualmente in esercizio.

Il layout definitivo dell'impianto eolico è quindi quello che risulta il più adeguato non solo sotto l'aspetto produttivo, ma anche dal punto di vista vincolistico, orografico e dell'impatto visivo.

Come riscontrabile negli elaborati di progetto, gli aerogeneratori sono contraddistinti dalle sigle:

- R-BS01, R-BS02, R-BS03, R-BS04, R-BS05, R-BS06, R-BS07, R-BS08, R-BS09, R-BS10, R-BS11, R-BS12, R-BS13 per i n.13 aerogeneratori ricadenti nel comune di Bisaccia;
- R-AD01 per l'aerogeneratore ubicato nel comune di Andretta.

Le postazioni degli aerogeneratori sono costituite da piazzole collegate da una viabilità d'impianto. I dispositivi elettrici di trasformazione BT/MT saranno alloggiati all'interno delle navicelle. Pertanto, non è prevista la realizzazione di cabine di macchina.

La connessione degli aerogeneratori è prevista nel Comune di Bisaccia, presso una sottostazione elettrica di utenze di nuova realizzazione, contigua alla sottostazione Terna "Bisaccia" 380/150 kV presso la quale avverrà la connessione alla RTN.

A seguire si riporta il layout dell'impianto sovrapposto su ortofoto. Per maggiori dettagli si rimanda alla cartografia di progetto (BIS. ENG. TAV.0001.00).

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO ANDRETTA-BISACCIA RELAZIONE IMPATTO ELETTROMAGNETICO	9
BIS	ENG	REL	0013	00		

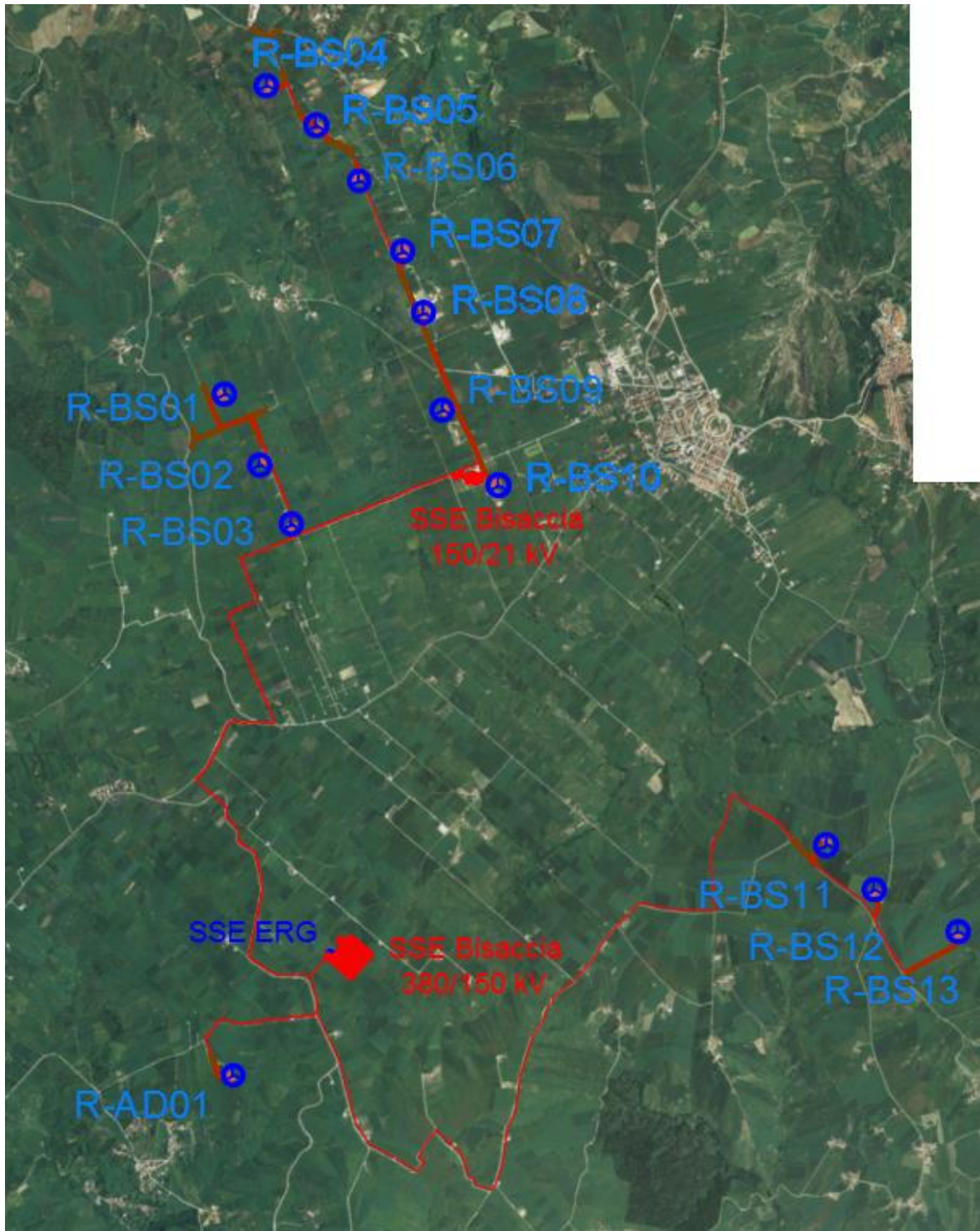


Figura 1 – Inquadramento su ortofoto del layout di impianto. In rosso il tracciato dei cavidotti

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO ANDRETTA-BISACCIA RELAZIONE IMPATTO ELETTROMAGNETICO	10
BIS	ENG	REL	0013	00		

3.3. AEROGENERATORI

L'aerogeneratore è una macchina rotante che trasforma l'energia cinetica del vento in energia elettrica ed è essenzialmente costituito da una torre, dalla navicella e dal rotore.

Nel dettaglio, le pale sono fissate su un mozzo e nell'insieme costituiscono il rotore.

Il mozzo, a sua volta, è collegato alla trasmissione attraverso un supporto in acciaio con cuscinetti a rulli a lubrificazione continua.

La trasmissione è collegata al generatore elettrico con l'interposizione di un freno di arresto.

Tutti i componenti sopra menzionati, ad eccezione del rotore e del mozzo, sono ubicati all'interno di una cabina, detta navicella, realizzata in carpenteria metallica di ghisa-acciaio e ricoperta in vetroresina. Questa, a sua volta, è sistemata su un supporto-cuscinetto in maniera da essere facilmente orientata secondo la direzione del vento.

Oltre ai componenti citati è presente un sistema di controllo che esegue il controllo sia della potenza ruotando le pale intorno al proprio asse principale, sia dell'orientamento della navicella, detto dell'imbardata, che permette l'allineamento della macchina rispetto alla direzione del vento.

Il rotore è tripala a passo variabile in resina epossidica rinforzata con fibra di vetro e mozzo rigido in acciaio.

La torre è di forma tubolare tronco-conica in acciaio. La struttura internamente è rivestita in materiale plastico ed è provvista di scala a pioli in alluminio per la salita.

Le indicazioni tecniche dell'aerogeneratore descritto sono generiche e non riferite ad una specifica tipologia di prodotto in commercio.

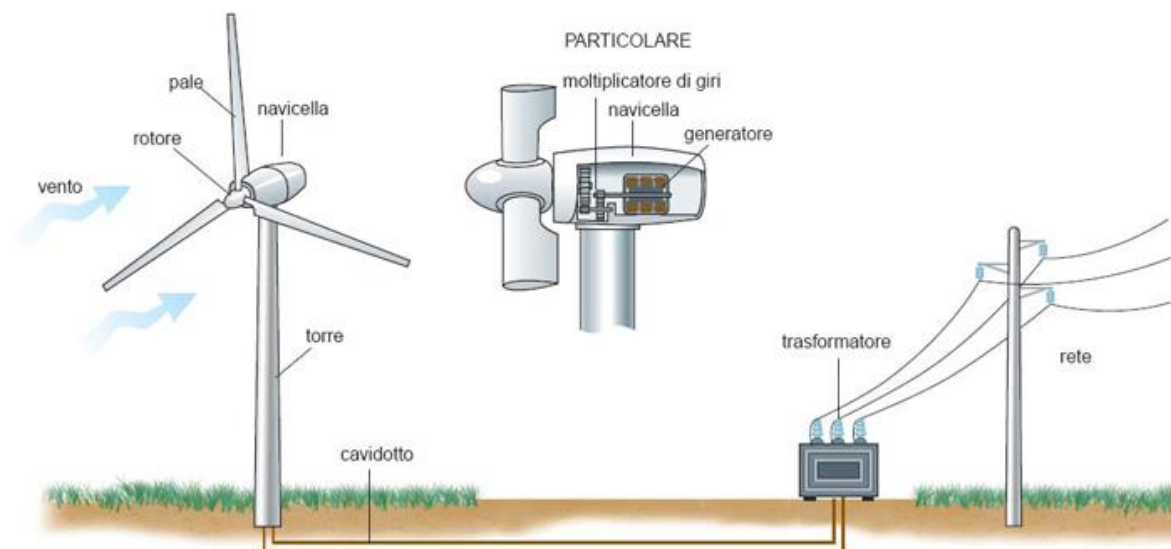


Figura 2 – Elementi tipici di un aerogeneratore.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO ANDRETTA-BISACCIA RELAZIONE IMPATTO ELETTROMAGNETICO	11
BIS	ENG	REL	0013	00		

Le caratteristiche dimensionali massime delle turbine di progetto sono sintetizzate nella tabella a seguire:

IMPIANTO	Max TIP [m]	Diametro rotore massimo [m]	Potenza massima del singolo aerogeneratore [MW]
ANDRETTA - BISACCIA	180	150	4,5

3.4. SOTTOSTAZIONE

Il parco eolico in progetto verrà connesso alla RTN tramite la sottostazione Terna 380/150 kV "Bisaccia", ubicata nel territorio comunale di Bisaccia (AV). Allo scopo, verrà realizzata una nuova sottostazione di trasformazione 150/30 kV, che sarà ubicata anch'essa nel Comune di Bisaccia (AV). L'area dove avverrà la connessione è già infrastrutturata e non si prevedono quindi particolari interventi per renderla funzionale alle esigenze del progetto.

La sottostazione Elettrica di Utente 30/150 kV prevede l'installazione delle seguenti apparecchiature:

- ◆ n.1 trasformatore AT/MT;
- ◆ n.1 terna di scaricatori di sovratensione 150 kV;
- ◆ n.1 terna di trasformatori di tensione induttivi unipolari 150 kV;
- ◆ n.1 interruttore tripolare 150 kV;
- ◆ n.1 terna di trasformatori di tensione capacitivi unipolari 150 kV;
- ◆ n.1 sezionatore orizzontale tripolare 150 kV;
- ◆ n.1 terna di terminali cavo AT.

I collegamenti tra le varie apparecchiature AT saranno realizzati in tubo in lega di alluminio.

Nell'edificio di stazione saranno presenti:

- ◆ Quadri di comando, protezione, controllo e misure
- ◆ Quadri 30 kV, 800 A/1250 A, 16 kA
- ◆ TR 30/0.4 kV SA
- ◆ Apparati di rifasamento

All'interno dell'area recintata della sottostazione elettrica sarà ubicato un fabbricato suddiviso in vari locali che, a seconda del diverso utilizzo, ospiteranno i quadri MT, gli impianti BT e di controllo, gli apparecchi di misura, il magazzino, i servizi igienici, ecc.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO ANDRETTA-BISACCIA RELAZIONE IMPATTO ELETTROMAGNETICO	12
BIS	ENG	REL	0013	00		

3.5. POTENZA COMPLESSIVA E SOTTOCAMPI

Il parco eolico avrà una potenza complessiva di circa 63 MW, considerando n.14 aerogeneratori di progetto con taglia di 4,5 MW,

Dal punto di vista elettrico, gli aerogeneratori sono raggruppati fra di loro in 5 cluster come specificato nel seguito.

Tabella 1 – Suddivisione in cluster degli aerogeneratori

Cluster	Aerogeneratori	Potenza	Comune
1	R-BS01, R-BS02, R-BS03	13,5 MW	Bisaccia
2	R-BS04, R-BS05, R-BS06	13,5 MW	Bisaccia
3	R-BS07, R-BS08, R-BS09, R-BS10	18 MW	Bisaccia
4	R-BS11, R-BS12, R-BS13	13,5 MW	Bisaccia
5	R-AD01	4,5 MW	Andretta

3.6. LINEE ELETTRICHE MT DI COLLEGAMENTO

Coerentemente con la suddivisione in sottocampi descritta precedentemente, l'intero sistema di distribuzione dell'energia dagli aerogeneratori verso le SSEU è articolato su n.5 distinte linee elettriche con tensione di 30 kV, una per ciascun sottocampo.

Dall'aerogeneratore capofila di ciascun sottocampo parte una linea elettrica di collegamento in cavo interrato MT 30 kV, di sezione variabile a seconda del sottocampo considerato.

Analogamente, gli aerogeneratori sono collegati fra loro in entra-esce con una linea elettrica in cavo interrato MT 30 kV, di sezione crescente a partire dal primo all'ultimo aerogeneratore.

Tutti i cavi di cui si farà utilizzo, sia per il collegamento interno dei sottocampi che per la connessione alla SSE, saranno di tipo unipolare (ad elica visibile) in alluminio o similari, direttamente interrati.

In generale, per tutte le linee elettriche si prevede la posa interrata dei cavi, con l'aggiunta di protezioni meccaniche, ad una profondità di 1,20 m dal piano di calpestio.

In caso di particolari attraversamenti o di risoluzione puntuale di interferenze, le modalità di posa saranno adeguate in conformità a quanto previsto dalla norma CEI 11-17 e dagli eventuali regolamenti vigenti relativi alle opere interferite, mantenendo comunque un grado di protezione

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO ANDRETTA-BISACCIA RELAZIONE IMPATTO ELETTROMAGNETICO	13
BIS	ENG	REL	0013	00		

delle linee non inferiore a quanto garantito dalle normali condizioni di posa.

Nell'immagine seguente si riporta il tracciato di progetto dei cavidotti con indicazione del numero di cavi all'interno dello scavo.

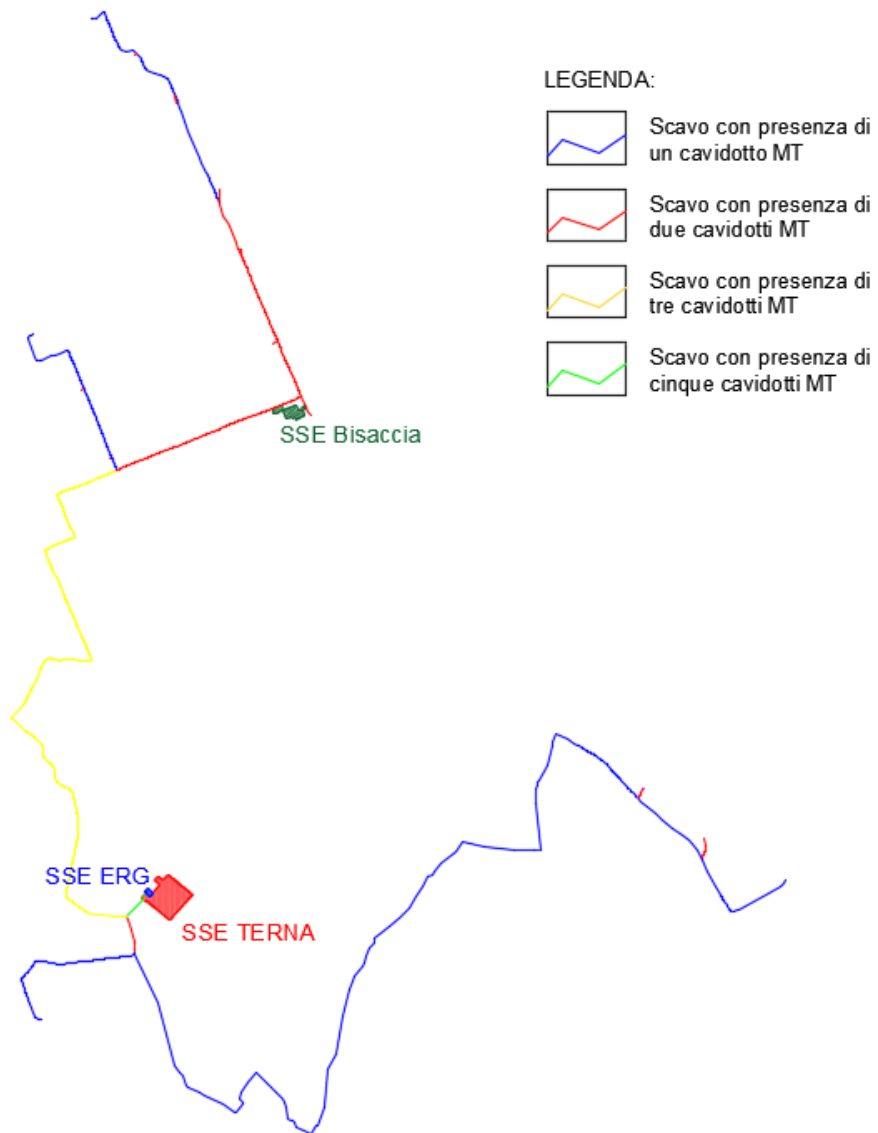


Figura 3 – Tracciato dei cavidotti di progetto con indicazione del numero di cavi all'interno dello scavo.

Per gli elementi di dettaglio sullo schema elettrico di progetto si rimanda all'elaborato BIS. ENG.TAV.0022.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO ANDRETTA-BISACCIA RELAZIONE IMPATTO ELETTROMAGNETICO	14
BIS	ENG	REL	0013	00		

4. 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:

- gli elettrodotti MT di interconnessione fra gli aerogeneratori del sottocampo;
- gli elettrodotti MT per il trasporto dell'energia prodotta dai sottocampi verso le SSE;
- le cabine di trasformazione primarie e secondarie;
- i generatori eolici.

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.

Di seguito verrà data una caratterizzazione delle sorgenti appena individuate.

4.1. CAVI DI VETTORIAMENTO DELL'ENERGIA

Tutti i cavi di cui si farà utilizzo, sia per il collegamento interno dei sottocampi che per la connessione alla SSE, saranno del tipo standard.

I cavi MT utilizzati per le linee elettriche interrato saranno del tipo ad elica visibile ARE4H5EX o similari.

I cavi verranno interrati ad una profondità di 1,20 m. La tensione di esercizio dei cavi è pari a 30 kV. Le correnti nominali per ciascuna linea sono funzione della potenza trasportata e del numero di aerogeneratori collegati a valle di tale linea. Ciascun aerogeneratore di progetto ha una produzione nominale pari a 87 A alla tensione di 30 kV.

4.2. STAZIONE DI TRASFORMAZIONE

La stazione di trasformazione MT/AT ha lo scopo di elevare la tensione dai 30 kV della rete MT del parco eolico ai 150 kV della rete di trasmissione nazionale di TERNA, nella quale il parco dovrà conferire l'energia prodotta.

La corrente nominale dell'impianto in AT, ad una tensione di 150 kV e alla frequenza di rete di 50 HZ, sarà pari a circa 243 A.

4.3. GENERATORI EOLICI

Relativamente alla sola componentistica elettrica, l'aerogeneratore risulta composto da:

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO ANDRETTA-BISACCIA RELAZIONE IMPATTO ELETTROMAGNETICO	15
BIS	ENG	REL	0013	00		

- un generatore elettrico della potenza nominale pari a 4,5 MW alla tensione di 0,69kV;
- un trasformatore BT/MT 0,69/30kV della potenza di 5 MVA;
- scomparti MT per la connessione in entra-esce dell'aerogeneratore con la linea passante;
- un sistema LPS per la protezione dalle sovratensioni atmosferiche;
- una rete di terra, collegata con le fondazioni dell'aerogeneratore;
- un sistema di controllo, che sovrintende e supervisiona il funzionamento dell'aerogeneratore e le eventuali anomalie.

La potenza del generatore elettrico viene resa ad un livello di tensione pari a 690V, che viene innalzata attraverso il trasformatore BT/MT alla tensione di esercizio della rete d'impianto, pari a 30 kV. La potenza così prodotta, con un livello di tensione compatibile con la rete, viene immessa nella rete di collegamento tramite un collegamento in entra-esce, realizzato attraverso gli scomparti MT installati alla base dell'aerogeneratore.

La navicella che accoglie le principali apparecchiature di cui sopra è installata ad un'altezza pari a 105 m. Sulla navicella viene installato il rotore, al quale sono connesse radialmente le pale rotoriche. Pertanto, il singolo sistema raggiunge complessivamente altezze medie di 180 m.

Tali pale rotoriche sono sicuramente il componente maggiormente soggetto al rischio di fulminazione, e, proprio per tale motivo l'aerogeneratore è dotato di un sistema di protezione dalle scariche atmosferiche.

Tutte le parti metalliche non attive presenti all'interno dell'aerogeneratore sono collegate alla sbarra di terra, così pure la rete di terra esterna all'aerogeneratore. Anche il trasformatore MT/BT risulta collegato alla sbarra di terra attraverso il proprio centro stella.

La rete di terra consisterà nella posa di un doppio anello di rame, posato ad una profondità pari a quella del piano di posa delle fondazioni. I due anelli saranno collegati radialmente fra loro, e collegati in più punti anche all'armatura del plinto di fondazione.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO ANDRETTA-BISACCIA RELAZIONE IMPATTO ELETTROMAGNETICO	16
BIS	ENG	REL	0013	00		

5. VALORI LIMITE DI RIFERIMENTO

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

Nello specifico, si sono recepite le indicazioni contenute nel DPCM 08/07/2003, nel quale sono fissati i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità che permettono di proteggere la popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete che vengono generati dagli elettrodotti.

In aggiunta, si è tenuto conto di quanto previsto dal DM 29/05/2008 per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti (secondo la metodologia di calcolo indicata dall'APAT – Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici), 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.

5.1. VALORI LIMITE DEL CAMPO MAGNETICO

Nell'ottica di limitare l'esposizione ai campi magnetici generati dagli elettrodotti, il DPCM 08/07/2003 fissa tre diverse soglie cui fare riferimento.

In particolare, nell'art. 3 del succitato decreto vengono indicate come soglie dell'induzione magnetica i valori riportati in tabella.

Tabella 2 – Soglie dell'induzione magnetica

Soglia	Valore limite dell'induzione magnetica
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.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO ANDRETTA-BISACCIA RELAZIONE IMPATTO ELETTROMAGNETICO	17
BIS	ENG	REL	0013	00		

5.2. VALORI LIMITE DEL CAMPO ELETTRICO

Per quanto concerne il campo elettrico, il DPCM 08/07/2003 stabilisce che il valore limite dello stesso sia pari a 5 kV/m, da intendersi come valore efficace.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO ANDRETTA-BISACCIA RELAZIONE IMPATTO ELETTROMAGNETICO	18
BIS	ENG	REL	0013	00		

6. CAMPO ELETTROMAGNETICO GENERATO DAI CAVIDOTTI

6.1. CAVIDOTTI MT

Quella che viene presentata nei seguenti 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.

Il progetto, come già specificato, prevede l'utilizzo di cavi in alluminio schermati in posa a trifoglio a elica visibile, del tipo ARE4H5EX o similari.

Si precisa che, qualora gli elettrodotti siano costituiti da cavi cordati con posa a trifoglio a elica visibile, 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, affermano che non è richiesto alcun calcolo delle fasce di rispetto degli elettrodotti.

All'art. 3.2 dell'allegato APAT 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”.

A puro titolo cautelativo, si è effettuata la valutazione del campo magnetico generato da un elettrodotto interrato ma posizionato a trifoglio semplice e non con elica visibile, caso ben più gravoso dal punto di vista delle emissioni magnetiche. Non sono stati presi però in considerazione gli effetti dovuti alla presenza di eventuali linee elettriche interrate o aeree già in esercizio non facenti parte dell'impianto di progetto.

Per la valutazione del campo magnetico generato dagli elettrodotti occorre innanzitutto individuare le possibili diverse modalità di posa che possono presentarsi e, sulla base di queste, effettuare la valutazione del campo magnetico.

Considerando i tracciati dei cavidotti proposti, le modalità di posa previste dal progetto sono:

- CASO A: n.1 terna di cavi MT nello stesso scavo;
- CASO B: n.2 terne di cavi MT nello stesso scavo;
- CASO C: n.3 terne di cavi MT nello stesso scavo;
- CASO D: n.5 terne di cavi MT nello stesso scavo;

Per ogni caso la valutazione del campo elettromagnetico è stata effettuata considerando la condizione peggiore in cui i cavidotti hanno la sezione maggiore. Inoltre si ipotizza una profondità di posa dei cavi pari a 1,2 m.

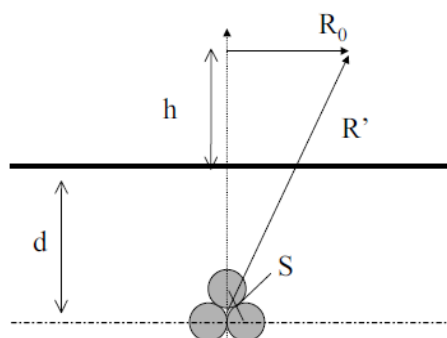
CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO ANDRETTA-BISACCIA RELAZIONE IMPATTO ELETTROMAGNETICO	19
BIS	ENG	REL	0013	00		

6.1.1. Caso A – 1 terna di cavi

In accordo alla CEI 106-11 art. 6.2.3 b), la formula approssimata per il calcolo dell'induzione magnetica B prodotta da conduttori unipolari disposti a semplice trifoglio è la seguente:

$$B = 0.1 \sqrt{6} \frac{S I}{R^2}$$

Nella quale S rappresenta la distanza tra le generatrici delle terne dei conduttori, I è la corrente che percorre i cavi, R è la generica distanza o raggio dal centro geometrico dei conduttori.



Attraverso la relazione seguente, che permette di calcolare il raggio rispetto all'asse della terna cui corrisponde un valore di induzione magnetica pari a $3 \mu T$, è possibile definire il luogo dei punti con un valore di induzione magnetica superiore all'obiettivo di qualità:

$$R' = 0,286 \sqrt{S I} \text{ [m]}$$

Ipotizzando quanto segue:

- Sezione del cavo: 400 mmq;
- Diametro del cavo: 48 mm;
- Corrente massima che percorre il cavo: 549 A;

dalla precedente relazione si ricava un valore di R' pari a 1,47 m, pertanto la DPA approssimata sarà di 2 m.

6.1.2. Caso B – 2 terne di cavi

Per tener conto di due o più terne nella stessa sezione di scavo si è fatto ricorso ad un modello matematico che prende in considerazione il 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:

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

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO ANDRETTA-BISACCIA RELAZIONE IMPATTO ELETTROMAGNETICO	20
BIS	ENG	REL	0013	00		

È possibile a questo punto effettuare una semplificazione del modello che consideri il contributo non del singolo conduttore ma dell'intera terna.

Riprendendo quanto già detto in precedenza, per i cavi unipolari posati a trifoglio semplice si può ricorrere ad un'espressione approssimata del campo magnetico:

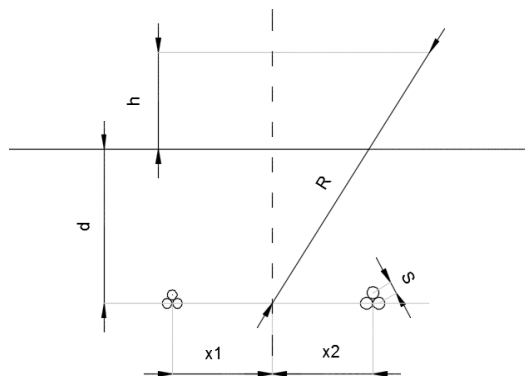
$$B = 0.1 \sqrt{6} \frac{S I}{R^2}$$

Considerata la natura vettoriale del campo magnetico, è possibile sommare i contributi generati dalle singole terne e calcolare, tramite il modello semplificato di cui prima, il valore del campo magnetico nello spazio circostante l'elettrodotto.

Fissando quindi l'asse centrale del sistema di terne come riportato in figura, il campo magnetico generato dalle due terne di elettrodotti è dato dalla seguente formula:

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

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

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO ANDRETTA-BISACCIA RELAZIONE IMPATTO ELETTROMAGNETICO	21
BIS	ENG	REL	0013	00		

Profondità di posa dei cavi	1,20 m
Distanza terna 1 dall'asse y	-0,173 m
Distanza terna 2 dall'asse y	0,181 m
Sezione terna 1	3x1x400 mm ²
Sezione terna 2	3x1x630 mm ²
Corrente terna 1	549 A
Corrente terna 2	709 A

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.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO ANDRETTA-BISACCIA RELAZIONE IMPATTO ELETTROMAGNETICO	22
BIS	ENG	REL	0013	00		

INDUZIONE MAGNETICA TOTALE [μ T]							
Distanza dall'asse centrale [m]	Distanza dal livello del suolo						
	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3
-10	0,157	0,155	0,152	0,149	0,145	0,140	0,136
-9,5	0,174	0,171	0,168	0,163	0,159	0,153	0,148
-9	0,193	0,190	0,186	0,181	0,175	0,168	0,162
-8,5	0,216	0,212	0,207	0,200	0,193	0,186	0,177
-8	0,243	0,238	0,231	0,223	0,215	0,205	0,195
-7,5	0,276	0,269	0,261	0,251	0,240	0,228	0,216
-7	0,315	0,307	0,296	0,283	0,269	0,254	0,239
-6,5	0,364	0,352	0,338	0,321	0,303	0,285	0,266
-6	0,424	0,409	0,389	0,367	0,344	0,320	0,297
-5,5	0,501	0,479	0,453	0,423	0,393	0,362	0,333
-5	0,600	0,569	0,532	0,492	0,451	0,411	0,373
-4,5	0,731	0,685	0,632	0,577	0,521	0,469	0,420
-4	0,908	0,839	0,761	0,682	0,605	0,536	0,473
-3,5	1,155	1,046	0,927	0,812	0,706	0,613	0,533
-3	1,513	1,330	1,144	0,973	0,825	0,701	0,598
-2,5	2,052	1,728	1,427	1,171	0,963	0,798	0,667
-2	2,896	2,289	1,788	1,404	1,115	0,899	0,736
-1,5	4,260	3,064	2,229	1,662	1,272	0,999	0,802
-1	6,415	4,043	2,707	1,915	1,416	1,086	0,857
-0,5	9,205	5,014	3,115	2,111	1,521	1,146	0,894
0	10,915	5,498	3,297	2,194	1,564	1,171	0,909
0,5	9,656	5,146	3,165	2,134	1,533	1,153	0,898
1	6,858	4,217	2,784	1,953	1,437	1,098	0,864
1,5	4,554	3,215	2,308	1,705	1,298	1,015	0,812
2	3,076	2,401	1,856	1,445	1,141	0,916	0,748
2,5	2,165	1,808	1,481	1,207	0,987	0,814	0,678
3	1,587	1,387	1,186	1,003	0,847	0,716	0,609
3,5	1,205	1,086	0,959	0,836	0,725	0,627	0,543
4	0,943	0,869	0,785	0,701	0,621	0,548	0,483
4,5	0,756	0,708	0,652	0,592	0,534	0,479	0,428
5	0,619	0,586	0,547	0,505	0,462	0,420	0,381
5,5	0,516	0,493	0,465	0,434	0,402	0,370	0,339
6	0,436	0,419	0,399	0,376	0,352	0,327	0,303
6,5	0,373	0,361	0,346	0,328	0,310	0,290	0,271
7	0,323	0,314	0,302	0,289	0,274	0,259	0,243
7,5	0,282	0,275	0,266	0,256	0,244	0,232	0,219
8	0,248	0,243	0,236	0,228	0,219	0,209	0,199
8,5	0,220	0,216	0,211	0,204	0,197	0,189	0,180
9	0,197	0,193	0,189	0,184	0,178	0,171	0,164
9,5	0,177	0,174	0,170	0,166	0,161	0,156	0,150
10	0,160	0,158	0,155	0,151	0,147	0,142	0,138

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO ANDRETTA-BISACCIA RELAZIONE IMPATTO ELETTROMAGNETICO	24
BIS	ENG	REL	0013	00		

Analizzando i risultati ottenuti si evidenzia:

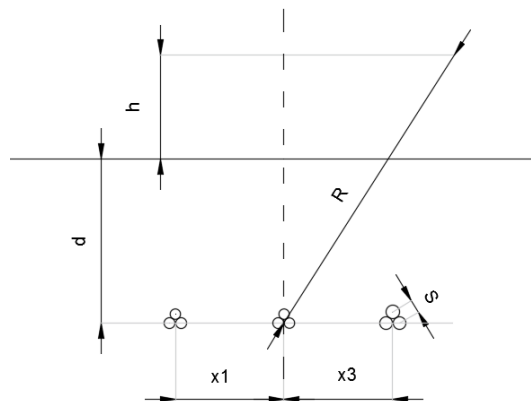
- Distanza in verticale rispetto all'asse centrale dell'elettrodotto con induzione magnetica superiore a 3 μT : 2,33 m;
- Fascia di rispetto al di sopra del terreno: 1,13 m;
- Distanza di Prima Approssimazione: 2,04 m, approssimata a 3 m;

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

6.1.3. Caso C – 3 terne di cavi

Analogamente a quanto visto nel paragrafo precedente, viene condotto lo studio nel caso di un elettrodotto composto da tre terne di cavi disposte sullo stesso livello, come evidenziato in figura.



Considerata quindi la disposizione spaziale delle terne, e fissando l'asse centrale del sistema in corrispondenza della mezzeria tra le terne, si può calcolare il campo magnetico generato dall'elettrodotto attraverso la seguente formula:

$$B = 0,1 \sqrt{6} \sum_i \frac{S_i I_i}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}$$

dove B [μT] è l'induzione magnetica in un generico punto di coordinate (x,y) rispetto al centro del

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO ANDRETTA-BISACCIA RELAZIONE IMPATTO ELETTROMAGNETICO	25
BIS	ENG	REL	0013	00		

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). La terna i -esima è individuata dalle coordinate (x_i, y_i) .

Come nel paragrafo precedente, sono state calcolate, fissando vari valori di h , le distribuzioni dell'intensità del campo magnetico su piani fuori terra paralleli al suolo.

Profondità di posa dei cavi	1,20 m
Distanza terna 1 dall'asse y	-0,346 m
Distanza terna 2 dall'asse y	0 m
Distanza terna 3 dall'asse y	0,354 m
Sezione terne 1 e 2	3x1x400 mm ²
Sezione terna 3	3x1x630 mm ²
Corrente terne 1 e 2	549 A
Corrente terna 3	709 A

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.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO		PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO ANDRETTA-BISACCIA RELAZIONE IMPATTO ELETTROMAGNETICO		26
BIS	ENG	REL	0013	00			

INDUZIONE MAGNETICA TOTALE [μ T]							
Distanza dall'asse centrale [m]	Distanza dal livello del suolo						
	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3
-10	0,221	0,218	0,214	0,209	0,204	0,198	0,191
-9,5	0,245	0,241	0,236	0,230	0,223	0,216	0,208
-9	0,272	0,268	0,261	0,254	0,246	0,237	0,228
-8,5	0,304	0,299	0,291	0,282	0,272	0,261	0,250
-8	0,343	0,335	0,326	0,315	0,302	0,289	0,275
-7,5	0,389	0,379	0,367	0,353	0,337	0,321	0,304
-7	0,444	0,432	0,416	0,398	0,379	0,358	0,337
-6,5	0,513	0,496	0,476	0,452	0,427	0,401	0,375
-6	0,598	0,576	0,549	0,518	0,485	0,451	0,418
-5,5	0,707	0,676	0,638	0,597	0,553	0,510	0,468
-5	0,847	0,803	0,750	0,693	0,635	0,579	0,526
-4,5	1,032	0,967	0,892	0,813	0,734	0,660	0,591
-4	1,283	1,184	1,073	0,960	0,853	0,754	0,666
-3,5	1,635	1,477	1,308	1,144	0,994	0,863	0,749
-3	2,146	1,881	1,614	1,371	1,162	0,986	0,840
-2,5	2,916	2,445	2,012	1,648	1,354	1,121	0,937
-2	4,125	3,238	2,519	1,974	1,567	1,264	1,035
-1,5	6,072	4,322	3,131	2,332	1,786	1,402	1,126
-1	9,073	5,664	3,788	2,681	1,985	1,523	1,203
-0,5	12,713	6,958	4,342	2,951	2,131	1,608	1,256
0	14,834	7,604	4,594	3,068	2,192	1,643	1,277
0,5	13,469	7,186	4,431	2,993	2,152	1,620	1,263
1	9,867	5,973	3,926	2,750	2,022	1,545	1,217
1,5	6,613	4,595	3,274	2,410	1,832	1,431	1,144
2	4,460	3,443	2,642	2,049	1,614	1,294	1,055
2,5	3,125	2,591	2,111	1,714	1,399	1,152	0,958
3	2,281	1,984	1,690	1,426	1,201	1,014	0,861
3,5	1,727	1,552	1,366	1,189	1,028	0,888	0,768
4	1,348	1,239	1,118	0,996	0,881	0,776	0,683
4,5	1,079	1,008	0,927	0,841	0,758	0,679	0,607
5	0,882	0,834	0,777	0,717	0,655	0,595	0,539
5,5	0,733	0,700	0,660	0,616	0,570	0,524	0,480
6	0,619	0,595	0,566	0,533	0,498	0,463	0,428
6,5	0,529	0,512	0,490	0,465	0,439	0,411	0,383
7	0,458	0,445	0,428	0,409	0,388	0,366	0,344
7,5	0,400	0,390	0,377	0,362	0,346	0,328	0,310
8	0,352	0,344	0,334	0,322	0,309	0,295	0,281
8,5	0,312	0,306	0,298	0,289	0,278	0,267	0,255
9	0,279	0,274	0,267	0,260	0,251	0,242	0,232
9,5	0,250	0,246	0,241	0,235	0,228	0,220	0,212
10	0,226	0,223	0,219	0,214	0,208	0,201	0,195

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO ANDRETTA-BISACCIA RELAZIONE IMPATTO ELETTROMAGNETICO	28
BIS	ENG	REL	0013	00		

Analizzando i risultati ottenuti si evidenzia:

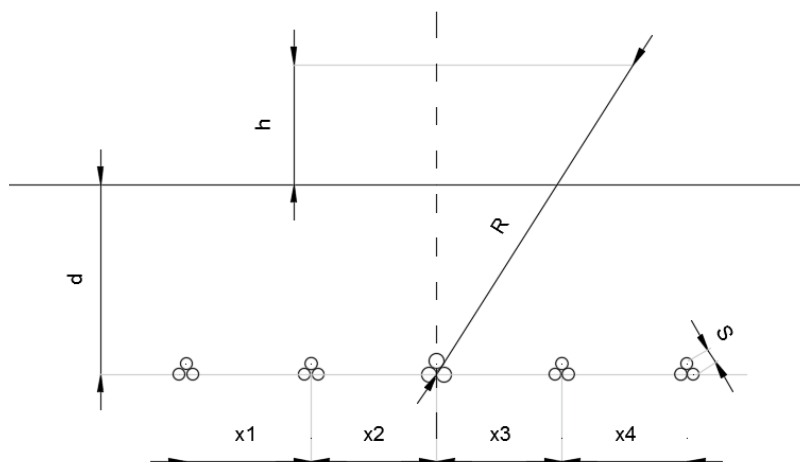
- Distanza in verticale rispetto all'asse centrale dell'elettrodotto con induzione magnetica superiore a $3 \mu\text{T}$: 2,74 m;
- Fascia di rispetto al di sopra del terreno: 1,54 m;
- Distanza di Prima Approssimazione: 2,57 m, approssimata a 3 m;

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

6.1.4. Caso D – 5 terne di cavi

Infine, similamente alle due casistiche precedenti, viene condotto lo studio nel caso di un elettrodotto composto da cinque terne di cavi disposte sullo stesso livello, come evidenziato in figura.



Considerata quindi la disposizione spaziale delle terne, e fissando l'asse centrale del sistema in corrispondenza della mezzeria tra le terne, si può calcolare il campo magnetico generato dall'elettrodotto attraverso la seguente formula:

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO ANDRETTA-BISACCIA RELAZIONE IMPATTO ELETTROMAGNETICO	29
BIS	ENG	REL	0013	00		

$$B = 0,1 \sqrt{6} \sum_i \frac{S_i I_i}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}$$

dove B [μ T] è l'induzione magnetica in un generico punto di coordinate (x,y) rispetto al 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). La terna i-esima è individuata dalle coordinate (x_i, y_i) .

Come nel paragrafo precedente, sono state calcolate, fissando vari valori di h, le distribuzioni dell'intensità del campo magnetico su piani fuori terra paralleli al suolo.

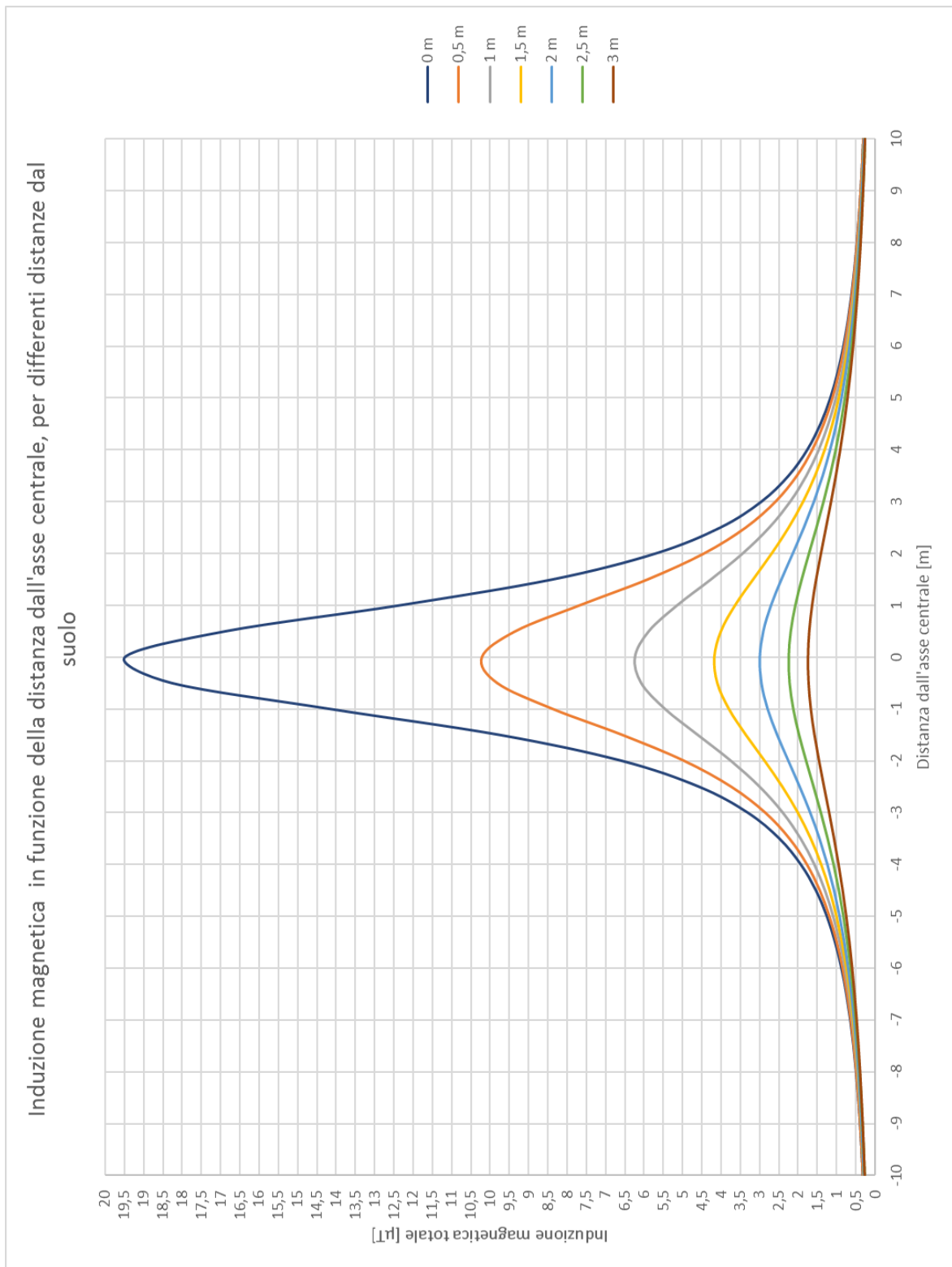
Profondità di posa dei cavi	1,20 m
Distanza terna 1 dall'asse y	-0,7 m
Distanza terna 2 dall'asse y	-0,354 m
Distanza terna 3 dall'asse y	0 m
Distanza terna 4 dall'asse y	0,354 m
Distanza terna 5 dall'asse y	0,687 m
Sezione terne 1, 2 e 4	3x1x400 mm ²
Sezione terna 3	3x1x630 mm ²
Sezione terna 5	3x1x95 mm ²
Corrente terne 1, 2 e 4	549 A
Corrente terna 3	709 A
Corrente terna 5	255 A

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.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO ANDRETTA-BISACCIA RELAZIONE IMPATTO ELETTROMAGNETICO	30
BIS	ENG	REL	0013	00		

INDUZIONE MAGNETICA TOTALE [μ T]							
Distanza dall'asse centrale [m]	Distanza dal livello del suolo						
	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3
-10	0,316	0,311	0,305	0,298	0,290	0,281	0,271
-9,5	0,350	0,344	0,337	0,328	0,318	0,308	0,296
-9	0,390	0,383	0,374	0,363	0,351	0,338	0,324
-8,5	0,437	0,428	0,417	0,404	0,389	0,373	0,356
-8	0,493	0,482	0,468	0,451	0,433	0,413	0,392
-7,5	0,561	0,547	0,528	0,507	0,484	0,459	0,434
-7	0,644	0,625	0,601	0,574	0,544	0,513	0,481
-6,5	0,746	0,720	0,689	0,653	0,615	0,576	0,536
-6	0,874	0,839	0,797	0,749	0,699	0,649	0,599
-5,5	1,038	0,989	0,931	0,866	0,800	0,734	0,671
-5	1,251	1,181	1,098	1,010	0,921	0,835	0,754
-4,5	1,537	1,432	1,312	1,187	1,066	0,952	0,849
-4	1,929	1,766	1,586	1,407	1,239	1,088	0,956
-3,5	2,487	2,220	1,942	1,679	1,446	1,245	1,074
-3	3,309	2,849	2,405	2,015	1,688	1,420	1,202
-2,5	4,574	3,731	3,002	2,417	1,962	1,609	1,335
-2	6,583	4,956	3,747	2,879	2,257	1,803	1,467
-1,5	9,758	6,561	4,606	3,367	2,548	1,986	1,586
-1	14,162	8,366	5,454	3,809	2,798	2,136	1,681
-0,5	18,276	9,809	6,070	4,110	2,960	2,231	1,740
0	19,489	10,207	6,232	4,186	3,001	2,254	1,755
0,5	16,871	9,336	5,874	4,015	2,910	2,202	1,722
1	12,345	7,667	5,138	3,648	2,709	2,083	1,648
1,5	8,372	5,899	4,265	3,179	2,438	1,918	1,542
2	5,698	4,438	3,442	2,695	2,141	1,729	1,417
2,5	4,021	3,356	2,754	2,254	1,852	1,535	1,284
3	2,954	2,582	2,212	1,877	1,590	1,350	1,152
3,5	2,248	2,028	1,793	1,568	1,362	1,182	1,027
4	1,763	1,625	1,472	1,316	1,169	1,034	0,913
4,5	1,417	1,327	1,223	1,114	1,007	0,905	0,811
5	1,162	1,101	1,029	0,951	0,872	0,794	0,721
5,5	0,970	0,927	0,875	0,818	0,759	0,700	0,642
6	0,821	0,790	0,753	0,710	0,665	0,619	0,574
6,5	0,704	0,681	0,653	0,621	0,586	0,550	0,514
7	0,610	0,593	0,571	0,547	0,520	0,491	0,462
7,5	0,533	0,520	0,504	0,485	0,463	0,441	0,417
8	0,470	0,460	0,447	0,432	0,415	0,397	0,378
8,5	0,418	0,410	0,400	0,387	0,374	0,359	0,343
9	0,374	0,367	0,359	0,349	0,338	0,326	0,313
9,5	0,336	0,331	0,324	0,316	0,307	0,297	0,286
10	0,148	0,145	0,143	0,140	0,136	0,132	0,127

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO ANDRETTA-BISACCIA RELAZIONE IMPATTO ELETTROMAGNETICO	31
BIS	ENG	REL	0013	00		



Analizzando i risultati ottenuti si evidenzia:

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO ANDRETTA-BISACCIA RELAZIONE IMPATTO ELETTROMAGNETICO	32
BIS	ENG	REL	0013	00		

- Distanza in verticale rispetto all'asse centrale dell'elettrodotto con induzione magnetica superiore a 3 μ T: 3,20 m;
- Fascia di rispetto al di sopra del terreno: 2,0 m;
- Distanza di Prima Approssimazione: 3,18 m, approssimata a 4 m;

Si ricorda che le condizioni nelle quali è stato effettuato il calcolo sono peggiorative rispetto alla reale configurazione del sistema, in quanto sia l'obiettivo di qualità di 3 μ T che il limite di attenzione di 10 μ 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.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO ANDRETTA-BISACCIA RELAZIONE IMPATTO ELETTROMAGNETICO	33
BIS	ENG	REL	0013	00		

7. CAMPO ELETTROMAGNETICO GENERATO DALLE SSE

La stazione di trasformazione AT/MT, che ha il compito di elevare il livello di tensione da 30 kV fino ai 150 kV della RTN, è un luogo in cui viene riscontrata l'emissione di campi elettromagnetici.

Con riferimento alla valutazione dei campi elettromagnetici generati dalla futura SSE 150/30 kV di Bisaccia sono state individuate le seguenti possibili sorgenti in grado di generare un campo elettromagnetico significativo, determinando dunque l'opportunità di osservare la relativa distanza di prima approssimazione (DPA):

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

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

Trattandosi di cabina primaria isolata in aria, il DM 29/05/08, allegato APAT, par. 5.2.2, non prevede di dover ricorrere al calcolo dei campi generati, dal momento che le DPA, e quindi le fasce di rispetto, ricadono generalmente all'interno dell'area di pertinenza della stessa cabina.

Ad ulteriore conferma di quanto appena riportato, 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.

Tipologia sostegno	Formazione	Armamento	Corrente	DPA (m)	Rif.
CABINA PRIMARIA ISOLATA IN ARIA (132/150kV - 15/20kV) Trasformatori 63MVA Scheda A16	Distanza tra le fasi AT = 2.20 m		870	14	A16
	Distanza tra le fasi MT = 0.37 m		2332	7	

Figura 4 – Distanze di prima approssimazione secondo le Linee guida Enel

Sulla base di tali indicazioni normative, sono state individuate le fasce di rispetto presso l'area della sottostazione, riportate nella figura sottostante.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO ANDRETTA-BISACCIA RELAZIONE IMPATTO ELETTROMAGNETICO	34
BIS	ENG	REL	0013	00		

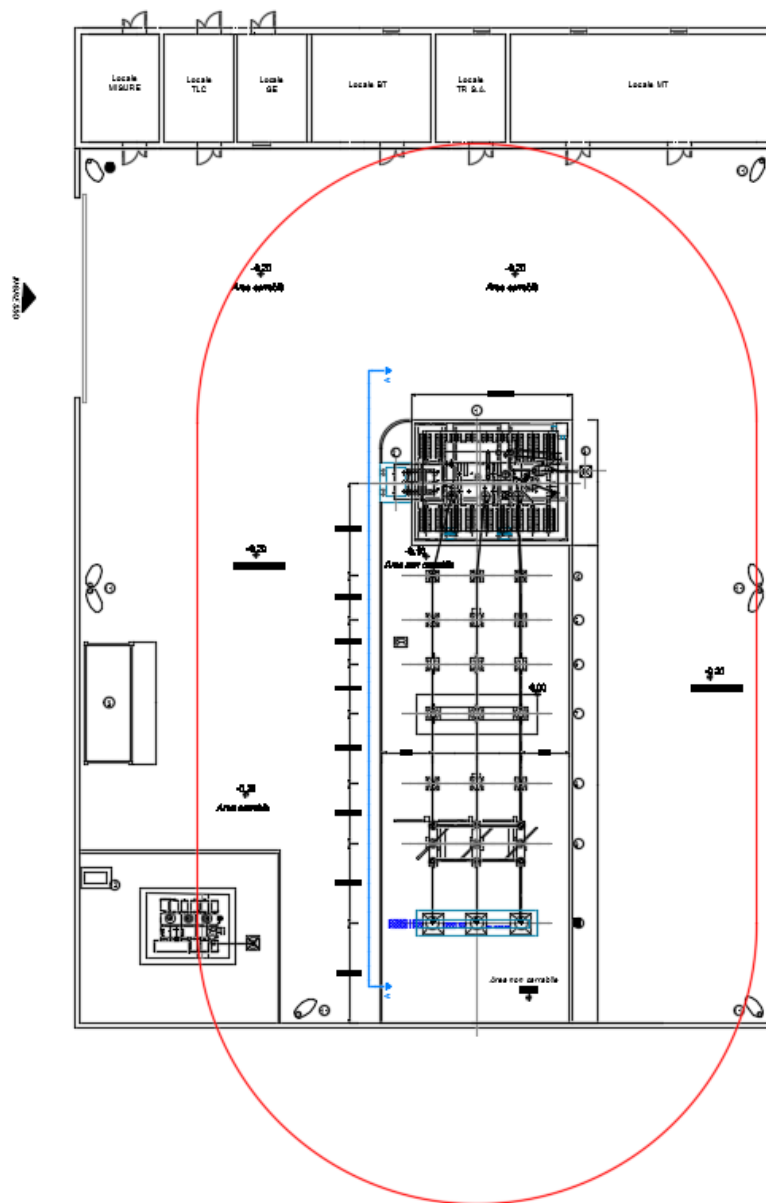


Figura 5 – Indicazione della DPA (in rosso) per la SSE Utente di Bisaccia. Il perimetro sud della SSE sarà confinante con la SSE Terna “Bisaccia” 380/150 kV.

Si noti che la fascia di rispetto derivante dalle linee MT, per la configurazione particolare della stazione elettrica, ricade per intero all'interno della fascia di rispetto derivante dalle sbarre AT, pertanto non è stata rappresentata graficamente.

Buona parte della fascia di rispetto ricade all'interno dell'area di pertinenza della sottostazione, o all'interno delle adiacenti stazioni elettriche, pertanto non interferente con le aree da sottoporre a tutela secondo il DPCM per il rispetto dell'obiettivo di qualità.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO ANDRETTA-BISACCIA RELAZIONE IMPATTO ELETTROMAGNETICO	35
BIS	ENG	REL	0013	00		

8. CAMPO ELETTROMAGNETICO GENERATO DAGLI AEROGENERATORI

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

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. Se si considera inoltre che la navicella degli aerogeneratori viene installata ad una quota di 105 m, ne consegue che al livello del suolo l'effetto delle sorgenti sopra citate può essere considerato nullo.

In aggiunta, la struttura dell'aerogeneratore, all'interno del 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.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO ANDRETTA-BISACCIA RELAZIONE IMPATTO ELETTROMAGNETICO	36
BIS	ENG	REL	0013	00		

9. 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 si riportano i principali risultati:

Cavidotti MT

Per quanto riguarda i cavidotti per il trasporto dell'energia sono emersi i seguenti risultati:

- Caso A – una terna nello stesso scavo: è stata valutata una DPA a livello del terreno di 2 m;
- Caso B – due terne nello stesso scavo: è stata valutata una DPA a livello del terreno di 3 m;
- Caso C – tre terne nello stesso scavo: è stata valutata una DPA a livello del terreno di 3 m;
- Caso D – cinque terne nello stesso scavo: è stata valutata una DPA a livello del terreno di 4 m;

Sottostazione elettrica di utente

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 all'interno delle limitrofe SSE o della viabilità di accesso, senza interferenze con luoghi da tutelare.

Aerogeneratori

I campi elettromagnetici sono trascurabili e dunque non è necessaria l'apposizione di alcuna fascia di rispetto.

Si precisa che le considerazioni e i calcoli dei paragrafi riportati nei paragrafi precedenti riguardano esclusivamente le opere elettriche a servizio dell'impianto eolico in oggetto, escludendo quindi eventuali altre linee aeree o interrato esterne allo stesso. Considerato ciò, è possibile affermare che le opere suddette, grazie anche alle soluzioni costruttive e di localizzazione adottate (le opere dell'impianto sono

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO ANDRETTA-BISACCIA RELAZIONE IMPATTO ELETTROMAGNETICO	37
BIS	ENG	REL	0013	00		

posizionate in zone pressoché disabitate), rispettano i limiti posti dalla L. 36/2001 e dal DPCM 8 luglio 2003 e sono quindi compatibili con l'eventuale presenza umana nella zona.