



**REGIONE
PUGLIA**



**PROVINCIA
BRINDISI**



**COMUNE
TORRE SANTA
SUSANNA**



**COMUNE
ORIA**



**COMUNE
ERCHIE**

Realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica da ubicarsi in agro di Torre Santa Susanna (BR) e agro di Oria (BR) e delle relative opere di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale ubicate nei comuni di Torre Santa Susanna ed Erchie (BR).

Potenza nominale: 50,40 MW

ELABORATO

RELAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

Livello progetto	Codice Progetto	Tipo documento	N° Elaborato	N° Foglio	N° Totale fogli	Nome file	Data	Scala
PD		R	2.11	01	19	R_2.11_CAMPIELETTROMAGNETICI.pdf	02/2024	n.a.

REVISIONI

Rev. n°	Data	Descrizione	Eseguito	Verificato	Approvato
00	10/03/2022	1° Emissione	SPINELLI	AMBRON	AMBRON
01	08/02/2024	2° Emissione	ADORNO	AMBRON	AMBRON

PROGETTAZIONE:

MATE System srl

Via Goffredo Mameli, n.5 70020 Cassano delle Murge (BA)
tel. +39 080 5746758
mail: info@matesystemsrl.it pec: matesystem@pec.it



DIRITTI Questo elaborato è di proprietà della proponente pertanto non può essere riprodotto né integralmente, né in parte senza l'autorizzazione scritta della stessa. Da non utilizzare per scopi diversi da quelli per cui è stato fornito.

RICHIEDENTE:
LAND AND WIND S.r.l.
Contrada Pezzaviva s.n.c - Torre Santa Susanna
72028 - BRINDISI.

Rappresentante Legale

Committente: LAND AND WIND SRL Contrada Pezzaviva – 72028 – Torre Santa Susanna (BR) PEC: landandwindsrl@pec.it		Progettazione: Mate System S.r.l. Via G.Mameli n.5, Cassano delle Murge (BA)	
Cod. elab.: R_2.11	Relazione Tecnica – Campi Elettromagnetici		Formato: A4
Data: 10/02/2024			Scala: n.a.

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE EOLICA DA UBICARSI IN AGRO DI TORRE SANTA SUSANNA (BR) E AGRO DI ORIA(BR) E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI TRASMISSIONE NAZIONALE UBICATE NEI COMUNI DI TORRE SANTA SUSANNA ED ERCHIE (BR).

Potenza Singolo WTG: 4.2 MW - Potenza complessiva: 50.4 MW

Numero di WTG: 12

COMMITTENTE:

Land and Wind S.r.l.

Contrada Pezzaviva, snc

72028 – Torre Santa Susanna (BR)

PROGETTAZIONE a cura di:

MATE SYSTEM S.r.l.

Via Goffredo Mameli, 5

70020 – Cassano delle Murge (BA)

Ing. Francesco Ambron

RELAZIONE TECNICA – CAMPI ELETTROMAGNETICI

Committente: LAND AND WIND SRL Contrada Pezzaviva – 72028 - Brindisi (BR) PEC: landandwindsrl@pec.it		Progettazione: Mate System Unipersonale S.r.l. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) Ing Francesco Ambron	
Cod. elab.: R_2.11	Relazione Tecnica – Campi Elettromagnetici		Formato: A4
Data: 14/02/2024			Scala: n.a.

INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. DESCRIZIONE LINEE ED IMPIANTI ELETTRICI.....	4
2.1. Descrizione generale.....	4
2.2. Schema elettrico unifilare.....	4
2.3. Descrizione componenti.....	6
3. EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE	9
3.1. Premessa.....	9
3.2. Quadro di riferimento normativo	9
3.3 Definizioni	11
3. 4 Effetti sanitari dei campi elettromagnetici a bassa frequenza e limiti di esposizione	11
3.5 Emissioni elettromagnetiche di un impianto eolico	12
3.6 CALCOLO DEL CAMPO MAGNETICO	13
3.7Allaccio alla RTN-stazione di trasformazione 30/150 kV.....	14
4 CONCLUSIONI	18

Committente: LAND AND WIND SRL Contrada Pezzaviva – 72028 - Brindisi (BR) PEC: landandwindsrl@pec.it		Progettazione: Mate System Unipersonale S.r.l. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) Ing Francesco Ambron	
Cod. elab.: R_2.11	Relazione Tecnica – Campi Elettromagnetici		Formato: A4
Data: 14/02/2024			Scala: n.a.

1. PREMESSA

La presente relazione viene redatta nell'ambito della realizzazione dell'impianto eolico per la produzione di energia elettrica e delle opere connesse. L'ubicazione del presente progetto è interamente nei Comuni di Oria e Torre Santa Susanna (BR), nella omonima località; solo il cavidotto si estende sino al Comune di Erchie dove avviene la connessione alla RTN.

Si fa riferimento alla normativa in materia di inquinamento elettromagnetico e precisamente al DPCM 08/07/2003, alla Circolare del Ministero dell'Ambiente del 15/11/2004 con la quale sono state emanate le direttive per la determinazione della fascia di rispetto da elettrodotti e cavidotti ed infine al Decreto Ministeriale del 29/05/2008 inerente l'approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti.

Vengono descritte le linee, componenti ed impianti elettrici e sono analizzate le emissioni elettromagnetiche e la loro intensità in relazione al rischio di esposizione ai campi elettromagnetici da parte di individui.

E'altresì descritta la metodologia usata per ricavare le curve isofone rappresentanti l'emissione acustica degli aerogeneratori costituenti il parco eolico.

L'impianto in oggetto è stato progettato coerentemente con le norme tecniche emanate e prescritte dalla legislazione vigente e con le norme UNI e CEI applicabili.

Si precisa che il progetto in parola prevede che la connessione dell'impianto alla RTN avvenga attraverso una stazione primaria di trasformazione che la scrivente sta portando avanti nella stessa area; pertanto nella presente relazione il limite di impianto è assunto ai morsetti di arrivo del cavo MT, prima della connessione alle celle in cabina di consegna.

I nuovi cavidotti, funzionali all'impianto eolico, saranno eserciti interamente in Media Tensione; non vi saranno cavi AT, se non quelli di proprietà del GdR per la connessione della stazione di trasformazione alla RTN.

Committente: LAND AND WIND SRL Contrada Pezzaviva – 72028 - Brindisi (BR) PEC: landandwindsrl@pec.it		Progettazione: Mate System Unipersonale S.r.l. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) Ing Francesco Ambron	
Cod. elab.: R 2.11	Relazione Tecnica – Campi Elettromagnetici		Formato: A4
Data: 14/02/2024			Scala: n.a.

2. DESCRIZIONE LINEE ED IMPIANTI ELETTRICI

2.1. Descrizione generale

L'impianto Eolico sarà costituito da n. 12 aerogeneratori di grossa taglia, ciascuno di potenza nominale da 4.200 kW, corrispondenti ad una potenza installata massima di 50,4 MW; più in dettaglio l'impianto risulta costituito da:

- N. 12 aerogeneratori di grossa taglia;
- N. 1 cabina di consegna e trasformazione MT/AT.

L'impianto eolico è composto da più aerogeneratori indipendenti, opportunamente disposti e collegati in relazione alla disposizione dell'impianto, dotati di generatori asincroni trifasi. 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 cabina di consegna tramite cavidotti interrati. Vista la grande estensione del parco, le macchine saranno connesse in serie l'una all'altra a gruppi di tre realizzando così un entra-esce all'interno di ogni aerogeneratore di ciascuna delle 4 linee MT.

In un edificio separato sarà ubicato il sistema di supervisione e controllo dell'impianto eolico che consente di valutare in remoto il funzionamento complessivo e le prestazioni dell'impianto ai fini della sua gestione.

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

- Opere Civili: comprendenti l'esecuzione dei plinti di fondazione delle macchine eoliche, la realizzazione delle piazzole degli aerogeneratori, la posa in opera della cabina di consegna completa di basamenti e cunicoli per le apparecchiature elettromeccaniche, 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, della torre anemometrica e l'esecuzione dei collegamenti elettrici in cavidotti interrati tra i singoli aerogeneratori e tra gli aerogeneratori e la cabina di consegna dell'energia elettrica prodotta.

Per un'analisi generale dell'impianto eolico si rimanda alla relazione descrittiva e agli elaborati grafici del Progetto Definitivo, ed in particolare allo schema elettrico unifilare, planimetria generale-vie cavo e cabine elettriche. Nei seguenti paragrafi saranno descritti soltanto linee, componenti ed impianti elettrici, nonché le relative emissioni elettromagnetiche.

2.2. Schema elettrico unifilare

L'energia elettrica viene prodotta da ciascun aerogeneratore attraverso un generatore asincrono posto nella navicella a 105 metri s.l.t. L'energia elettrica prodotta a bassa tensione (690 V) dall'aerogeneratore viene successivamente elevata mediante trasformatore elevatore 0,69/30 kV posizionato in un apposita cabina all'interno della torre. Il trasformatore è del tipo in resina adatto per la produzione eolica.

Alla base della torre è presente un quadro di distribuzione in bassa tensione. Una parte dell'energia

Committente: LAND AND WIND SRL Contrada Pezzaviva – 72028 - Brindisi (BR) PEC: landandwindsrl@pec.it		Progettazione: Mate System Unipersonale S.r.l. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) Ing Francesco Ambron	
Cod. elab.: R_2.11	Relazione Tecnica – Campi Elettromagnetici		Formato: A4
Data: 14/02/2024			Scala: n.a.

elettrica viene prelevata per l'alimentazione dei componenti ausiliari del generatore e pertanto viene trasportata verso la navicella. Nel quadro di bassa tensione è previsto un sistema di banchi di condensatori per il rifasamento dell'energia elettrica fino ad un valore unitario di cos fi.

Tra la navicella e la base della torre è previsto anche il trasporto dei segnali I/O necessari per il sistema di supervisione e controllo dell'aerogeneratore. Il PLC di gestione dell'aerogeneratore è posizionato alla base della torre per consentire una maggiore operatività nel caso in cui si passa ad una gestione manuale in caso di guasto o malfunzionamento.

Nella fondazione della torre saranno posizionate le tubazioni passacavo in PVC per il passaggio dei cavi di potenza in media tensione provenienti dal trasformatore e dei cavi per la trasmissione di segnali a sistema di controllo remoto.

Le tubazioni passacavo sono collegate ad un pozzetto rompitratta al quale è collegato un cavidotto interrato entro il quale vengono posati su letto di sabbia vagliata i cavi di potenza, i cavi di segnalazione (entro tubo corrugato) e viene inoltre posato un tubo corrugato vuoto in polietilene a doppia parete per l'eventuale posa di cavi di riserva.

Tutti gli aerogeneratori sono tra loro collegati (collegamento punto-punto) attraverso suddetti cavidotti in media tensione. Ciascun aerogeneratore è dotato di dispositivi di sicurezza e protezione (lato MT) tali da aprire il circuito in caso di guasti ad altri aerogeneratori.

La cabina elettrica di consegna dove avverrà l'innalzamento della tensione da 30 a 150 kV, è ubicata nel Comune di Erchie (BR), la quale a sua volta è collegata alla Rete di Trasmissione Nazionale mediante uno stallo fino alla stazione di rete (150/380 kV).

Nella presente relazione il limite di impianto è assunto ai morsetti di arrivo del cavo MT, prima della connessione alle celle in cabina di consegna.

Committente: LAND AND WIND SRL Contrada Pezzaviva – 72028 - Brindisi (BR) PEC: landandwindsrl@pec.it		Progettazione: Mate System Unipersonale S.r.l. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) Ing Francesco Ambron	
Cod. elab.: R 2.11	Relazione Tecnica – Campi Elettromagnetici		Formato: A4
Data: 14/02/2024			Scala: n.a.

2.3. Descrizione componenti

GENERATORE ELETTRICO ASINCRONO

Il generatore elettrico asincrono converte l'energia meccanica del rotore in energia elettrica a corrente alternata. Il numero di giri dell'alternatore è variabile per migliorare le prestazioni dell'aerogeneratore a carichi parziali. Pertanto sono necessari dispositivi di conversione e "pulizia" dell'energia elettrica al fine di avere una frequenza fissa di 50 Hz.

Segue una descrizione del generatore sincro in questione (modello da 4200 kW):

Generatore

Tipo	asincrono con rotore avvolto
Potenza nominale	4.200 kW
Tensione	690 VAC
Frequenza	50 Hz
No. di poli	4
Categoria protezione	IP 54
Velocità nominale	1680 rpm
Fattore di potenza	0,98-0.96

LINEE CAVO IN BASSA TENSIONE

I cavi di alimentazione e comando/segnalazione in bassa tensione (tensione di esercizio fino a 1000 V) posti all'interno della torre e della navicella dell'aerogeneratore saranno realizzati secondo le norme UNEL e CEI con temperatura di esercizio 90°C, temperatura max 130°C tipo FG7(0)R 0,6-1 kV.

I cavi sono caratterizzati da:

- Conduttore in corda rotonda flessibile di alluminio;
- Isolante in gomma HEPR ad alto modulo, che conferisce al cavo elevate caratteristiche elettriche, meccaniche e termiche (norme CEI 20-11 – CEI 20-34);
- Guaina in PVC speciale di qualità RZ.

CAVIDOTTI (VIE CAVO)

Le vie cavo interrato (di comando/segnalazione e di trasporto dell'energia prodotta) saranno posate secondo le norme valide per le reti di distribuzione urbana e seguiranno:

- percorsi interrati disposti lungo o ai margini della viabilità interna all'impianto (nuova ed esistente);
- alcuni tratti di percorso nel quale è stata individuato come ottimale l'attraversamento di terreno vegetale;
- percorsi interrati ai margini delle strade comunali e provinciali esistenti.

Le vie cavo saranno realizzate in un'unica trincea. I cavi di potenza in media tensione (30 kV) saranno posati direttamente su letto di sabbia vagliata all'interno di tubi corrugati di idoneo diametro; sul medesimo letto di sabbia saranno posati tubi corrugati all'interno del quale scorreranno i cavi di

Committente: LAND AND WIND SRL Contrada Pezzaviva – 72028 - Brindisi (BR) PEC: landandwindsrl@pec.it		Progettazione: Mate System Unipersonale S.r.l. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) Ing Francesco Ambron	
Cod. elab.: R 2.11	Relazione Tecnica – Campi Elettromagnetici		Formato: A4
Data: 14/02/2024			Scala: n.a.

comando e segnalazione e di potenza in bassa tensione; saranno altresì posati tubi corrugati vuoti di riserva per agevolare l'eventuale infilaggio di nuovi cavi ove, durante l'esercizio dell'impianto, venisse riscontrata, a causa di guasti, la necessita di sostituire ovvero aggiungere nuovi cavi; il ricoprimento della trincea avverrà con terra vagliata e posa di nastro segnalatore e corda di rame.

I tratti di cavidotto ricadono entro strade comunali o carrarecce e per il tratto maggiore su strada Provinciale. Questi ultimi saranno realizzati nel rispetto delle norme del codice della strada e delle prescrizione della Provincia di Brindisi. Il cavidotto e gli eventuali pozzetti di ispezione non interesseranno direttamente la strada bensì il margine della stessa, salvo alcuni attraversamenti indicati nella planimetria allegata. La profondità di posa del cavo sarà tale da non interferire con l'eventuale posa di guard-rail.

Nei percorsi lontani dalla sede stradale la presenza della via cavo interrata sarà adeguatamente segnalata in superficie, mediante cippi in cls, nei tratti rettilinei ed in corrispondenza di ogni deviazione di tracciato.

Segue una tabella, redatta a seguito dell'analisi dei percorsi individuati, in cui vengono riportate le lunghezze dei cavidotti:

LUNGHEZZA CAVIDOTTO	
INTERNO AL PARCO EOLICO	4000 m
TRA PARCO EOLICO E CONSEGNA	17000 m
TOTALE	21000 m

I cavi di alimentazione in media tensione saranno realizzati secondo le norme UNEL e CEI con temperatura di esercizio 90°C, temperatura max 130°C tipo ARG7H1RX (o ARE4H1RX) 18-36 kV, e sono caratterizzati da:

- Conduttore in corda rotonda flessibile di Alluminio ;
- Semiconduttivo interno elastomerico estruso;
- Isolante in miscela di gomma ad alto modulo G7 o XLPE;
- Semiconduttivo esterno elastomerico estruso pelabile a freddo;
- Schermatura a filo di rame rosso;
- Guaina in PVC speciale di qualità RZ.
-

TRASFORMATORE BT/MT

Il trasformatore BT/MT eleva la tensione dell'energia elettrica prodotta da ciascun aerogeneratore da 690V a 30 kV. E' dotato di avvolgimenti inglobati e colati sottovuoto in resina epossidica conforme a norme CEI e IEC ed è completo di centralina termostatica di controllo con sonde.

Le dimensioni del trasformatore sono tali da consentire l'attraversamento della porta di ingresso in caso di guasto o malfunzionamento.

La potenza di ciascun trasformatore elevatore è pari a 4200 kVA.

Committente: LAND AND WIND SRL Contrada Pezzaviva – 72028 - Brindisi (BR) PEC: landandwindsrl@pec.it		Progettazione: Mate System Unipersonale S.r.l. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) Ing Francesco Ambron	
Cod. elab.: R 2.11	Relazione Tecnica – Campi Elettromagnetici		Formato: A4
Data: 14/02/2024			Scala: n.a.

CABINA ELETTRICA DI CONSEGNA

Le apparecchiature con lo scopo di proteggere la linea cavo in partenza saranno installate oltre che in cabina di consegna anche in cabina di impianto e nella cabina esistente di sezionamento e smistamento. Nella cabina di consegna sarà altresì installato il sistema di supervisione e controllo collegato all'impianto eolico per consentire il monitoraggio remoto ed il funzionamento dell'impianto eolico. Tale collegamento è effettuato per mezzo di cavi di trasmissione posti in tubi corrugati in polietilene posati nello stesso scavo previsto per i cavi di potenza, ma separati fisicamente come prescritto dalla normativa.

IMPIANTO DI TERRA

L'efficienza della rete di terra di un impianto per la produzione di energia elettrica si può ritenere raggiunta quando, alla presenza delle massime correnti di corto circuito, legate al sistema elettrico d'alimentazione dell'impianto stesso, non si determinino all'interno e alla periferia dell'area interessata, tensioni di contatto e di passo superiori ai limiti previsti dalla normativa CEI vigente.

L'efficienza della rete di terra è quindi legata ad una sufficiente capacità di disperdere la corrente di guasto (basso valore di resistenza totale) ma, in misura maggiore, ad un'uniformità del potenziale su tutta l'area dell'impianto utilizzatore (tensioni di passo e di contatto, gradienti periferici e differenze di potenziale fra diverse masse metalliche di valore limitato).

L'impianto di terra è costituito dalle seguenti parti:

- 1 dispersore lineare di collegamento equipotenziale di tutte le macchine e la cabina di consegna;
- 1 dispersore di terra a picchetti per le cabine di impianto e sezionamento;
- 1 dispersore di terra a picchetti per l'aerogeneratore.

Per integrare e quindi migliorare le capacità disperdenti, il dispersore dovrà essere interconnesso in più punti anche con le armature dei plinti di fondazione degli aerogeneratori.

Un conduttore di terra avrà una sezione minima pari a 70 mm², avendo assunto in via cautelativa un valore di resistività del terreno pari a 200 Ω.m e condizioni di interfaccia tipiche con la rete elettrica (Valore della corrente di corto circuito monofase a terra I_g; Tempo di eliminazione del guasto t).

Per quanto riguarda la protezione contro i fulmini di un impianto eolico, i problemi principali riguardano il possibile danneggiamento dei generatori eolici per fulminazione diretta e dei sistemi di monitoraggio e di controllo per fulminazioni generalmente indirette che interessano, non solo gli aerogeneratori installati, ma l'impianto eolico nel suo complesso. Infatti, le fulminazioni dirette sui generatori possono danneggiare in modo particolare le pale mentre i fulmini nel campo generano sovratensioni transitorie che interessano i circuiti degli aerogeneratori, della cabina di impianto e dell'impianto stesso e che possono danneggiare i sistemi elettronici che sono particolarmente vulnerabili.

Il progetto si riferisce al solo dispersore, poiché la macchina risulta già predisposta con un idoneo sistema di protezione; il collegamento del sistema di protezione della macchina ai dispersore di terra è realizzato in due punti.

Con riferimento alla normativa e alla tipologia d'impianto, il progetto del dispersore fa riferimento al dispersore di tipo B (dispersore ad anello esterno alla struttura in contatto con il suolo per

Committente: LAND AND WIND SRL Contrada Pezzaviva – 72028 - Brindisi (BR) PEC: landandwindsrl@pec.it		Progettazione: Mate System Unipersonale S.r.l. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) Ing Francesco Ambron	
Cod. elab.: R 2.11	Relazione Tecnica – Campi Elettromagnetici		Formato: A4
Data: 14/02/2024			Scala: n.a.

almeno l'80% della sua lunghezza totale e dispersore di fondazione).

Il raggio r del cerchio equivalente all'area racchiusa dal dispersore ad anello non deve essere inferiore al valore $r=7\text{m}$ in corrispondenza del valore di resistività del suolo ipotizzata $\rho = 200 \Omega \text{ m}$.

3. EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE

3.1. Premessa

In questo capitolo verranno analizzate le emissioni elettromagnetiche e la loro intensità in relazione al rischio di esposizione ai campi elettromagnetici da parte di individui.

I campi elettromagnetici, nel progetto in esame, sono indotti dal generatore elettrico posto nella navicella, che si trova all'interno della torre dell'aerogeneratore e dalle cabine elettriche di macchina poste alla base della torre stessa, oltre che dai cavidotti interrati di collegamento tra le cabine.

Verranno presi in considerazione i limiti normativi imposti dalla legge, per quanto riguarda l'esposizione delle persone ad eventuali campi elettromagnetici.

3.2. Quadro di riferimento normativo

La norma tecnica che tratta l'esposizione umana ai campi elettrici e magnetici a bassa frequenza è la Norma CEI 211-6.

La prima normativa di settore in Italia risale al 1992 (DPCM 23 aprile 1992) "Limiti massimi di esposizione ai campi elettrico e magnetico generati alla frequenza industriale nominale (50 Hz) negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno" e fissa nell'art. 1 "i limiti massimi di esposizione, relativamente all'ambiente esterno ed abitativo, ai campi elettrico e magnetico generati alla frequenza industriale nominale (50 Hz)".

Nel 1998 è stato emanato dal Ministero dell'Ambiente il DM n. 381 del 10 settembre 1998 "Regolamento recante norme per la determinazione dei tetti di radiofrequenza compatibili con la salute umana" che regola fissa "i valori limite di esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici connessi al funzionamento ed all'esercizio dei sistemi fissi delle telecomunicazioni e radiotelevisivi operanti nell'intervallo di frequenza compresa fra 100 kHz e 300 GHz" (art. 1) essenzialmente per le stazioni radiobase della telefonia cellulare e per le antenne della diffusione radiotelevisiva.

Nel 1999 L'UE ha emanato la Raccomandazione 1999/512/CE del 12/7/1999 del Consiglio relativa alla limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0 Hz a 300 basata sui livelli ICNIRP (Commissione Internazionale per la Protezione dalle radiazioni Non ionizzanti, ONG, no profit, con sede a Monaco in Germania, che opera per conto dell'organizzazione Mondiale della Sanità e dell'Ufficio Internazionale del Lavoro). Il DM n. 381 sopra citato fissa dei limiti di esposizione in densità di potenza da 20 a 100 volte inferiore a questa raccomandazione.

Nell'ambito del Centro Interuniversitario per lo studio delle Interazioni tra Campi

Committente: LAND AND WIND SRL Contrada Pezzaviva – 72028 - Brindisi (BR) PEC: landandwindsrl@pec.it		Progettazione: Mate System Unipersonale S.r.l. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) Ing Francesco Ambron	
Cod. elab.: R 2.11	Relazione Tecnica – Campi Elettromagnetici		Formato: A4
Data: 14/02/2024			Scala: n.a.

Elettromagnetici e Biosistemi (ICEmB) è stata scritta una lettera aperta agli operatori della comunicazione ed al mondo politico, nella quale è stata indicata nella Raccomandazione dell'UE, la normativa di riferimento per l'esposizione ai campi elettromagnetici, sostenendo che la Raccomandazione "si basa sui risultati ricavati da tutti gli studi scientifici disponibili ad oggi, ed è cautelativa rispetto a qualunque effetto dimostrato".

Nel 2001 in Italia è stata emanata la Legge n. 36 "Legge quadro sulla protezione, delle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici", che comprende, a differenza del DM n. 381 e del DPCM del 23/4/1992, una band tra 0 e 300 GHz. 1. La presente legge ha lo scopo di dettare i principi fondamentali diretti a:

1. assicurare la tutela della salute dei lavoratori, delle lavoratrici e della popolazione dagli effetti dell'esposizione a determinati livelli di campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici ai sensi e nel rispetto dell'articolo 32 della Costituzione;
2. promuovere la ricerca scientifica per la valutazione degli effetti a lungo termine e attivare misure di cautela da adottare in applicazione del principio di precauzione di cui all'articolo 174, paragrafo 2, del trattato istitutivo dell'Unione Europea;
3. assicurare la tutela dell'ambiente e del paesaggio e promuovere l'innovazione tecnologica e le azioni di risanamento volte a minimizzare l'intensità e gli effetti dei campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici secondo le migliori tecnologie disponibili.

La legge prevede un Regolamento per la definizione dei limiti di esposizione.

Con il Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri, datato 8 luglio 2003, sono stati stabiliti i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi magnetici ed elettromagnetici generati da frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz e sono stati fissati analoghi limiti per una frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti.

Tale decreto rimanda a successivi decreti la metodologia per il calcolo delle fasce di rispetto in quanto si legge testualmente: "Per la determinazione delle fasce di rispetto... [omissis] ...l'APAT, sentite le ARPA, definirà la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto con l'approvazione del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio".

In data 15/11/2004 con Circolare del Ministero dell'Ambiente prot.DSA/2004/25291 si è identificata la metodologia di calcolo delle fasce di rispetto ossia:

1. Si calcolano le regioni di spazio definite dal luogo delle superfici di isocampo di induzione magnetica pari a $3 \mu T$ (art. 4 DPCM 8 luglio 2003, obiettivi di qualità) in termini di valore efficace;
2. Le proiezioni verticali a livello del suolo di dette superfici determinano le fasce di rispetto. Le relative dimensioni espresse in metri possono essere arrotondate all'intero più vicino.

In data 29 maggio 2008 il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare ha approvato la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti.

Committente: LAND AND WIND SRL Contrada Pezzaviva – 72028 - Brindisi (BR) PEC: landandwindsrl@pec.it		Progettazione: Mate System Unipersonale S.r.l. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) Ing Francesco Ambron	
Cod. elab.: R_2.11	Relazione Tecnica – Campi Elettromagnetici		Formato: A4
Data: 14/02/2024			Scala: n.a.

3.3 Definizioni

Il campo elettrico può essere definito come una regione di spazio esteso attorno ad un oggetto dotato di carica elettrica nel quale si esercitano azioni nei confronti di altri corpi dotati di cariche elettriche, l'intensità del campo viene misurata in (kV/m).

La sua intensità è massima vicino alla sorgente (conduttore) e diminuisce con la distanza. Molti materiali comuni come ferro e legno costituiscono uno schermo per questi campi.

L'andamento del campo elettrico viene dato dalla seguente formula :

$$E = \frac{V / \sqrt{3}}{r \ln \frac{r_2}{r_1}} \quad [\text{kV/m}]$$

Il campo magnetico è una regione dello spazio estesa attorno ad un conduttore percorso da corrente elettrica (sorgente di campo), nella quale si manifestano delle forze su altri corpi percorsi da corrente inoltre esse sono in grado di indurre correnti all'interno di conduttori posti nelle vicinanze quindi anche nel corpo umano.

Il valore del campo magnetico è massimo vicino alla sorgente e diminuisce con la distanza esso viene rappresentato mediante un vettore B che è riconducibile alla forza che in ogni punto della regione dello spazio si manifesta su una corrente elementare che venga posta in quel punto.

$$B = \mu_0 \mu_r \frac{I}{2\pi r} \quad [T]$$

3.4 Effetti sanitari dei campi elettromagnetici a bassa frequenza e limiti di esposizione

La valutazione dei rischi sanitari dovuti ai campi elettromagnetici risulta abbastanza complessa. Numerosi gruppi di studio, sia in campo nazionale che internazionale, sono stati istituiti da governi e organizzazioni allo scopo di studiare queste problematiche. Tra le organizzazioni internazionali figurano ad esempio l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) e la Commissione Internazionale per la Protezione dalle Radiazioni Non Ionizzanti (ICNIRP).

Nel caso di campi elettromagnetici a bassa frequenza (ELF-Extremely Low Frequency), la valutazione attualmente più attendibile è quella formulata dal gruppo internazionale di esperti convocato dall'Agenzia per la Ricerca sul Cancro (IARC 2001). Sulla base dei dati e degli studi contenuti nella letteratura scientifica, il gruppo ha giudicato i campi come "possibilmente cancerogeni" secondo una classificazione sviluppata dalla stessa agenzia e universalmente accettata, a differenza del parere espresso dall'Istituto Superiore della Sanità che considerava i campi elettromagnetici come "probabilmente cancerogeni".

Per quanto riguarda i limiti di esposizione ai campi magnetici ELF, si applicano le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 che indicano dei limiti di esposizione e i valori di attenzione per la prevenzione degli effetti a breve termine e a lungo termine gli obiettivi di qualità da conseguire, ai fini della minimizzazione dell'esposizione ai campi medesimi. I suddetti limiti non sono applicabili ai lavoratori esposti per ragioni professionali o diagnostiche.

I limiti di esposizione e i valori di attenzione (Art. 3 comma 1. DPCM 8 luglio 2003) "...nel caso

Committente: LAND AND WIND SRL Contrada Pezzaviva – 72028 - Brindisi (BR) PEC: landandwindsrl@pec.it		Progettazione: Mate System Unipersonale S.r.l. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) Ing Francesco Ambron	
Cod. elab.: R 2.11	Relazione Tecnica – Campi Elettromagnetici		Formato: A4
Data: 14/02/2024			Scala: n.a.

di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti, non deve essere superato il limite di esposizione di 100 μT per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci. Comma 2. A titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per l'induzione magnetica il valore di attenzione di 10 μT , da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio. Per gli obiettivi di qualità invece l'Art. 4 comma 1."Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, e' fissato l'obiettivo di qualità di 3 μT per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

3.5 Emissioni elettromagnetiche di un impianto eolico

Le emissioni elettromagnetiche dell'impianto eolico in oggetto sono legate prevalentemente ai cavidotti, al generatore elettrico posto all'interno della navicella, al trasformatore, ai quadri BT e linee cavo BT posti all'interno della torre e alle cabine elettriche.

I trasformatori BT/MT, oltre ad essere approvati dagli organi competenti per quanto riguarda le emissioni, sono schermati e messi a terra mediante il cassone metallico (ai fini della compatibilità elettromagnetica i trasformatori devono essere considerati come elementi passivi nei confronti delle emissioni e delle immunità ai disturbi elettromagnetici¹).

Le emissioni dei generatori asincroni si possono ritenere trascurabili vista anche la quota dal terreno dove vengono ubicati (105 metri s.l.t.). Inoltre i generatori stessi e le linee cavo di collegamento tra generatori e trasformatori (anche attraverso i quadri BT) godono della schermatura costituita dalla torre tubolare in acciaio (collegata al circuito di terra).

Il cavidotto che è la sorgente di maggiore impatto è stato progettato in modo di rispettare gli obiettivi di qualità dettati dal DPCM 08/07/2003 che prevede un campo elettrico inferiore a 5kV/m.

Per la valutazione quindi dei valori del campo e dell'induzione magnetica a cui tali ricettori sono sottoposti è stato utilizzato il software EMFTools 4.0 elaborato dal CESI per Terna.

Sebbene il software nasca per il calcolo dei campi nel caso di linee e cavi in AT, lo stesso ha un motore di calcolo che ben si presta al calcolo anche in caso di configurazioni in MT.

I calcoli che seguono sono stati effettuati relativamente al cavidotto che collega i 12 aerogeneratori alla cabina di consegna, essendo questo il caso più gravoso a causa della maggior intensità di

¹ Elementi passivi non sono suscettibili di causare disturbi elettromagnetici e il loro comportamento non è suscettibile di essere influenzato da tali disturbi.

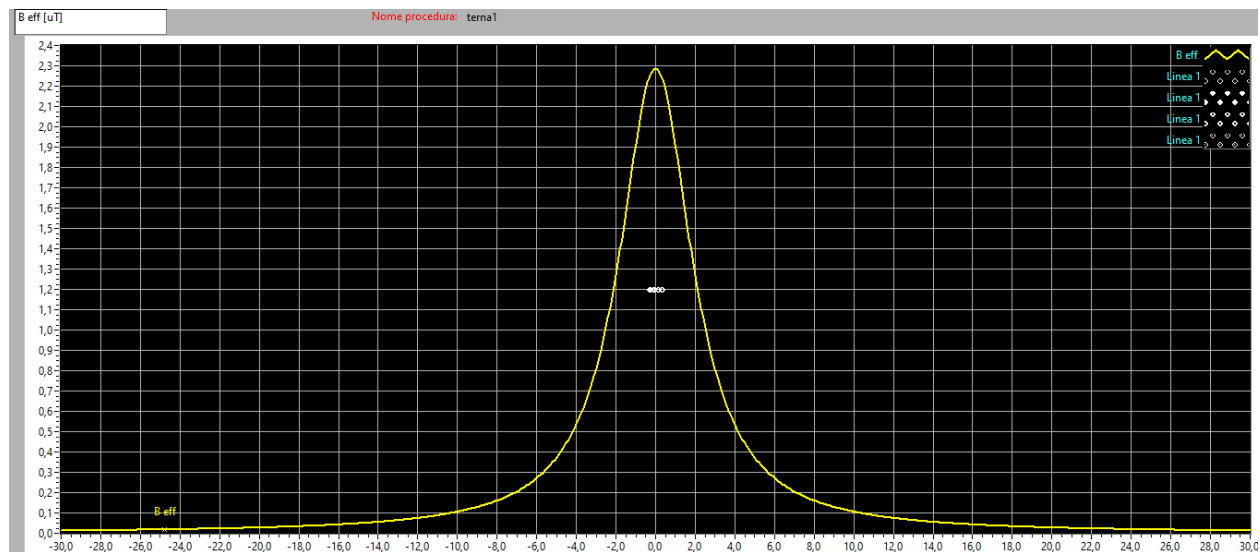
Committente: LAND AND WIND SRL Contrada Pezzaviva – 72028 - Brindisi (BR) PEC: landandwindsrl@pec.it		Progettazione: Mate System Unipersonale S.r.l. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) Ing Francesco Ambron	
Cod. elab.: R 2.11	Relazione Tecnica – Campi Elettromagnetici		Formato: A4
Data: 14/02/2024			Scala: n.a.

corrente che fluisce nel conduttore.

Per tale cavidotto, costituito da 4 terne di conduttori, ciascuna percorsa da una corrente massima di 250 A, sono stati disegnati i grafici che seguono.

3.6 CALCOLO DEL CAMPO MAGNETICO

Segue il grafico con l'andamento del campo magnetico in corrispondenza dei cavidotti in media tensione; notiamo come la caratteristica dei cavidotti fa sì che il valore di campo abbia un picco solo in corrispondenza dell'asse mentre il suo valore rientra rapidamente al di sotto dei valori di norma.



CALCOLO DEL CAMPO MAGNETICO

In giallo il grafico del campo B. Il valore di picco del campo si raggiunge in corrispondenza dell'asse del sistema dei 4 conduttori, ma in nessun caso si raggiunge il valore di 3 µT.

Per la definizione delle fasce di rispetto si è operato secondo quanto dettato dalla Circolare del 15/11/2004 del Ministero dell'Ambiente ossia:

4. *Si calcolano le regioni di spazio definite dal luogo delle superfici di isocampo di induzione magnetica pari a 3 µT (art. 4 DPCM 8 luglio 2003, obiettivi di qualità) in termini di valore efficace;*
5. *Le proiezioni verticali a livello del suolo di dette superfici determinano le fasce di rispetto. Le relative dimensioni espresse in metri possono essere arrotondate all'intero più vicino.*

In questo caso la fascia di rispetto è tutta interna allo scavo e pertanto non vi sono superfici ulteriori da asservire.

Le norme indicano il valore di 100 µT (DPCM 08/07/2003) come valore limite massimo che non deve essere in ogni caso superabile e nello stesso tempo vengono fissati una soglia di attenzione ed un obiettivo di qualità rispettivamente pari a 10 e 3 µT.

Committente: LAND AND WIND SRL Contrada Pezzaviva – 72028 - Brindisi (BR) PEC: landandwindsrl@pec.it		Progettazione: Mate System Unipersonale S.r.l. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) Ing Francesco Ambron	
Cod. elab.: R_2.11	Relazione Tecnica – Campi Elettromagnetici		Formato: A4
Data: 14/02/2024			Scala: n.a.

3.7 Allaccio alla RTN-stazione di trasformazione 30/150 kV

Il progetto in parola prevede che la connessione dell’impianto alla RTN avvenga attraverso una stazione primaria di trasformazione 30/150 kV

Per la valutazione delle DPA in caso di stazioni elettriche di trasformazione ci viene in aiuto il documento “Linea Guida per l’applicazione del § 5.1.3 dell’Allegato al DM 29.05.08”

Nella monografia n. 16, è rappresentato il campo B in caso di stazioni di trasformazione 132-150/20kV. Si osserva che il campo B è sempre sotto la soglia dei 3 micro testa ad appena 14 metri dal centro sbarre AT. Quindi le superfici oltre il limite dei 3 microtesla sono tutte interne all’area recintata.

VALUTAZIONE CEM - STAZIONE DI TRASFORMAZIONE 30/150 KV E DI CONDIVISIONE

La stazione di trasformazione 30/150 kV è assimilabile per configurazione a stazioni primarie (punto 5.2.2 del DM 29.05.2008) e non ad una cabina elettrica (punto 5.2.1) essendo dotata di recinzione esterna. Pertanto, per questa tipologia di impianti la DpA e, quindi la fascia di rispetto, rientra, prevedibilmente, nei confini di pertinenza dell’impianto delimitato dalla stessa recinzione.

CONFIGURAZIONE DI CALCOLO

Di seguito si riporta la configurazione di calcolo adoperata per le sbarre a 150 kV delle stazioni di trasformazione 30/150 kV utente necessaria per la connessione alla RTN, al fine di ricavare i profili laterali del campo elettrico e magnetico e della DpA.

La geometria di tali conduttori è pertanto la seguente:

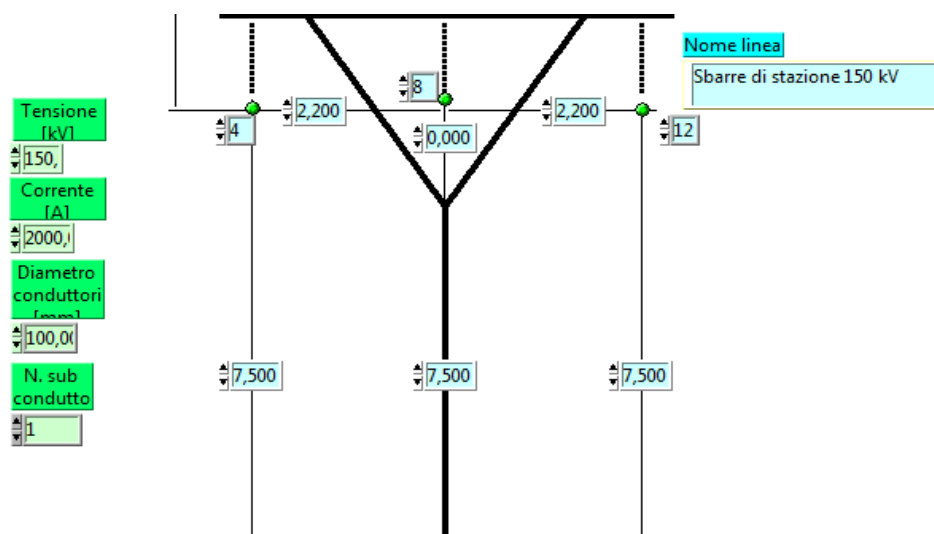


Figura 1: Schema sezione sbarre 150 kV Stazione di trasformazione 30/150 kV con caratteristiche geometriche e di carico

Committente: LAND AND WIND SRL Contrada Pezzaviva – 72028 - Brindisi (BR) PEC: landandwindsrl@pec.it		Progettazione: Mate System Unipersonale S.r.l. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) Ing Francesco Ambron	
Cod. elab.: R 2.11		Relazione Tecnica – Campi Elettromagnetici	
Data: 14/02/2024		Formato: A4 Scala: n.a.	

CALCOLO DEL CAMPO ELETTRICO

Sulla base della configurazione di calcolo precedentemente descritta si riporta l'andamento del campo elettrico calcolato in sezione ortogonale all'asse sbarre a 1 m sul suolo:

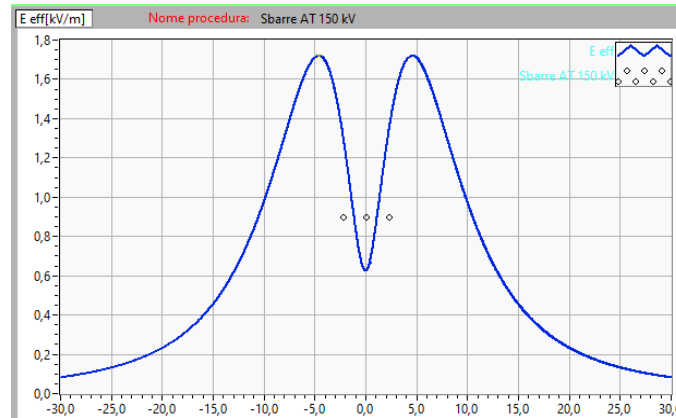


Figura 2: Profilo laterale campo elettrico (E) sbarre 150 kV

Dal suddetto diagramma si evince che il valore massimo del campo elettrico calcolato ad un metro sul suolo è pari a 1,72 kV/m inferiore al valore di 5 kV/m di esposizione previsto dalla normativa.

CALCOLO DEL CAMPO MAGNETICO

In maniera analoga si riporta l'andamento del campo magnetico calcolato ad 1 m da terra:

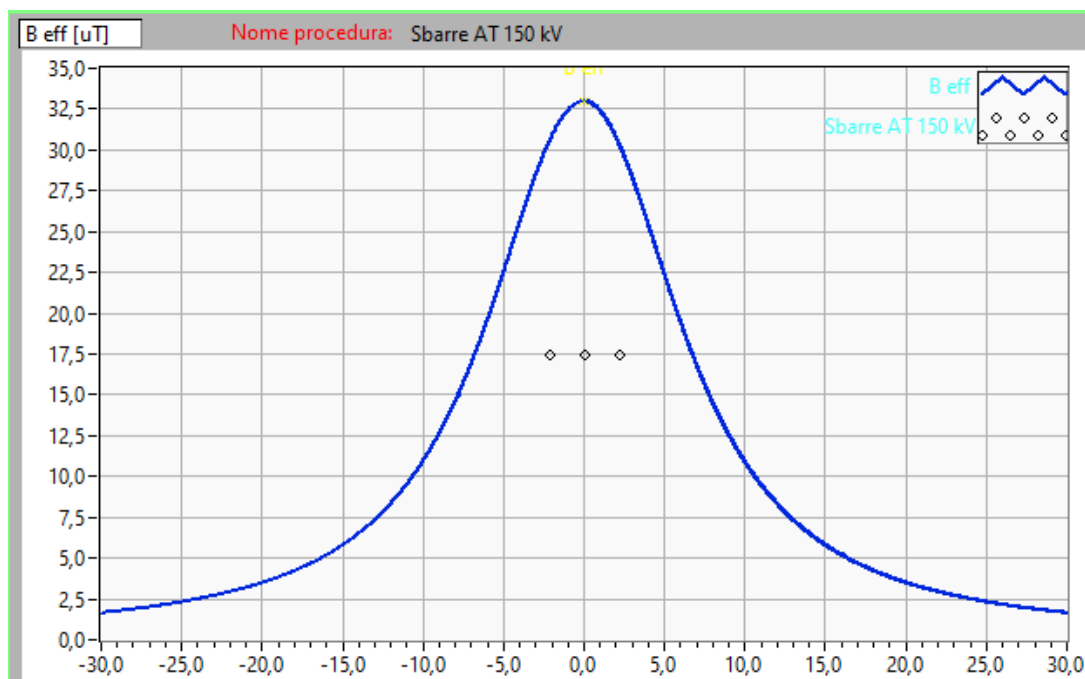


Figura 3: Profilo laterale induzione magnetica (B) sbarre 150 kV

Committente: LAND AND WIND SRL Contrada Pezzaviva – 72028 - Brindisi (BR) PEC: landandwindsrl@pec.it		Progettazione: Mate System Unipersonale S.r.l. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) Ing Francesco Ambron	
Cod. elab.: R 2.11	Relazione Tecnica – Campi Elettromagnetici		Formato: A4
Data: 14/02/2024			Scala: n.a.

Dal grafico si riscontra che valori di campo magnetico a quota 1 metro sul piano terreno vale $35 \mu\text{T}$ inferiore al limite di esposizione pari a $100 \mu\text{T}$.

MAPPE COLORATE – VALUTAZIONE DPA

La mappa verticale dell'induzione magnetica calcolata a quota conduttori (7,5 m sul piano di stazione) è la seguente:

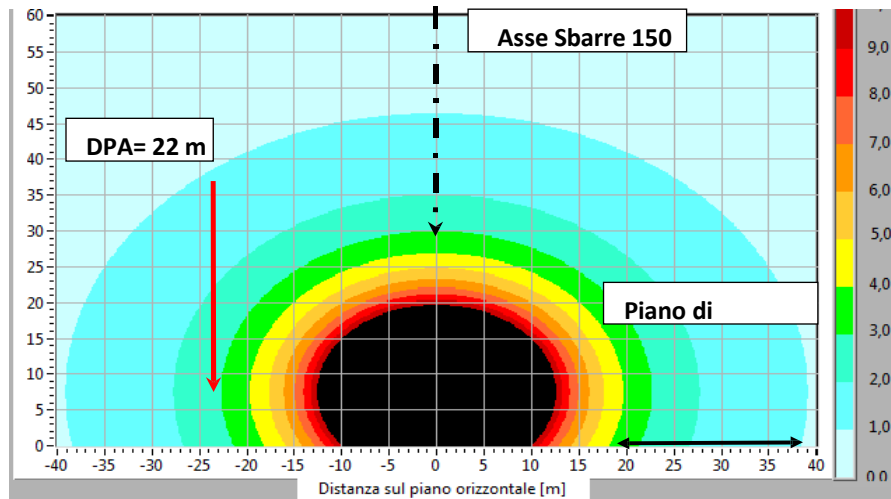


Figura 4: Mappa verticale induzione magnetica (B) sbarre 150 kV

Dai diagrammi si evince che i $3 \mu\text{T}$ si ottengono alla distanza di circa 22 m dall'asse sbarra e conseguentemente la fascia di rispetto vale ± 22 m centrata in asse sbarra. L'elaborato "Planimetria Catastale con DPA" riporta la fascia Dpa all'esterno della quale i valori sono inferiori a $3 \mu\text{T}$.

CONCLUSIONI

Di seguito si riportano i risultati dei calcoli effettuati per la determinazione delle fasce di rispetto ai sensi della normativa vigente calcolate in funzione del valore di corrente permanente nominale del cavo prescelto come prescritto dal DM Ministero Ambiente del 29.05.2008 e s.m.i.

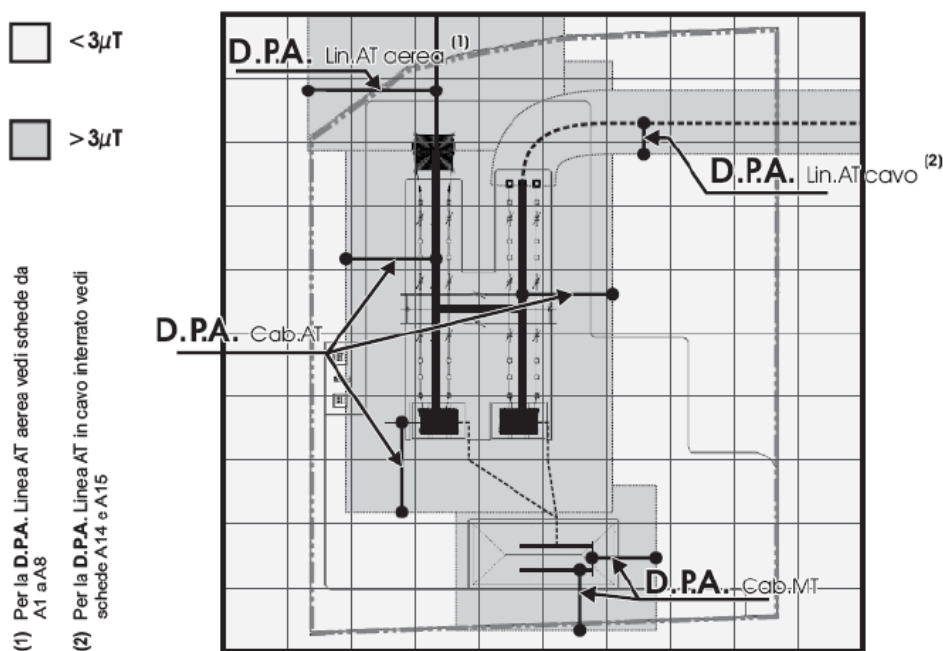
Riepilogo Dpa e fasce di rispetto per tratte di impianto:

	Dpa (m)	Fascia di rispetto (m)
SBARRE SE 30/150kV	$\pm 22,00$ m	44,00 m

Committente: LAND AND WIND SRL Contrada Pezzaviva – 72028 - Brindisi (BR) PEC: landandwindsrl@pec.it		Progettazione: Mate System Unipersonale S.r.l. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) Ing Francesco Ambron	
Cod. elab.: R 2.11	Relazione Tecnica – Campi Elettromagnetici		Formato: A4
Data: 14/02/2024			Scala: n.a.

Come si evince dalla corografia e dalla planimetria catastale, all'interno dell'area di prima approssimazione (Dpa) precedentemente calcolata, non ricadono edifici o luoghi adibiti ad abitazione con permanenza non inferiore alle 4 ore. Nei tratti che lo prevederanno, sarà necessario l'utilizzo di canalette schermanti, le quali abbattano i valori della fascia DpA. Pertanto, dal punto di vista della compatibilità elettromagnetica le opere elettriche progettate, sono conformi alla normativa vigente.

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



Tipologia trasformatore [MVA]	CABINA PRIMARIA						
	D.P.A. Cab. da centro sbarre AT	Distanza tra le fasi AT	Corrente	D.P.A. Cab. da centro sbarre MT	Distanza tra le fasi MT	Corrente	Riferimento
	m	m	A	m	m	A	
63	14	2.20	870	7	0.38	2332	A16

Committente: LAND AND WIND SRL Contrada Pezzaviva – 72028 - Brindisi (BR) PEC: landandwindsrl@pec.it		Progettazione: Mate System Unipersonale S.r.l. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) Ing Francesco Ambron	
Cod. elab.: R 2.11	Relazione Tecnica – Campi Elettromagnetici		Formato: A4
Data: 14/02/2024			Scala: n.a.

4 CONCLUSIONI

A seguito degli studi condotti sull'impatto elettromagnetico che l'elettrodotto genererà nell'ambiente circostante si può affermare che:

- **Come prescritto dall'articolo 4, comma 1 lettera h della Legge quadro n. 36 del 22/02/2001 all'interno delle fasce di rispetto su individuate non sono presenti edifici destinati ad uso residenziale, scolastico, sanitario, ovvero ad uso che comportino una permanenza non inferiore a 4 ore;**
- il cavidotto è stato progettato in ottemperanza alle prescrizioni di cui al DPCM 08/07/2003 e al D.M. 29 maggio 2008 e che, pertanto, sono rispettati gli obiettivi di qualità di cui allo stesso Decreto ai fini della minimizzazione dell'esposizione ai campi magnetici nelle aree ad alta frequentazione umana. Il valore del campo magnetico è sempre al di sotto dell'obiettivo di qualità (3 μ T) anche sull'asse del cavidotto.
- Che l'impianto a realizzarsi e le opere connesse rispettano le norme nazionali e locali vigenti in materia.