

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO PER LA  
PRODUZIONE DI ENERGIA MEDIANTE LO SFRUTTAMENTO DEL VENTO  
NEL MARE ADRIATICO MERIDIONALE - BARIUM BAY  
74 WTG – 1.110 MW

**PROGETTO DEFINITIVO - SIA**

Progettazione e SIA



Indagini ambientali e studi specialistici



Studio misure di mitigazione e compensazione



supervisione scientifica



**SIA.ES STUDI SPECIALISTICI**

**ES.3.2 Valutazione previsionale campi elettrici e magnetici  
Opere di Utenza**

REV.	DATA	DESCRIZIONE
00	08/23	1° emissione
01	03/24	integrazioni MASE



## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>LE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE</b> .....	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>3</b>
3.1	Norme tecniche .....	3
3.2	Legislazione italiana .....	3
3.3	Definizioni e Abbreviazioni .....	3
3.4	Attuazione Normativa vigente .....	4
<b>4</b>	<b>DESCRIZIONE DELL'OPERA</b> .....	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>VALUTAZIONE PREVENTIVA CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI</b> .....	<b>9</b>
5.1	Valutazione analitica dei campi magnetici generati dagli elettrodotti .....	9
5.2	Distanza di Prima Approssimazione DPA.....	9
5.2.1	Caso con n. 2 terne di cavi interrati di sezione 1600 mm <sup>2</sup> .....	9
5.2.2	Campi Elettrici e Magnetici di una Stazione a 380 kV RTN .....	12
5.3	Campi Elettrici e Magnetici delle Sottostazioni elettriche utente .....	14
<b>6</b>	<b>CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI IN MARE</b> .....	<b>15</b>
6.1	Cavi statici e dinamici a 66 kV .....	15
6.2	Cavi statici a 380 kV .....	16
<b>7</b>	<b>CONCLUSIONI</b> .....	<b>18</b>

## 1 PREMESSA

Oggetto della seguente relazione è la valutazione preventiva dei campi elettromagnetici generati dall'impianto di rete AAT a 380 kV utile alla connessione dell'impianto offshore per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica della potenza nominale di 1110 MW costituito da 74 aerogeneratori, da due sottostazioni elettriche offshore di trasformazione 66/380 kV e da elettrodotto di connessione a 380 kV.

La relazione ha lo scopo di descrivere le emissioni di campi magnetici, elettrici ed elettromagnetici generati durante l'esercizio dell'impianto di rete e definire la compatibilità dell'impianto con i limiti normativi di esposizione e tutela della popolazione.

Nel § 2 si riportano alcune generalità sulle emissioni elettromagnetiche degli impianti elettrici, nel § 3 si illustrano i riferimenti legislativi e normativi in materia di emissioni elettromagnetiche e nel § 4 si riporta la descrizione dell'opera da realizzarsi così come risultante dagli elaborati progettuali allegati al PTO RTN.

Il § 5 contiene la valutazione preventiva dei campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici per le aree limitrofe all'opera. Sarà determinata la D.P.A. per verificare se al suo interno ci siano dei fabbricati tali da render necessario uno studio puntuale.

Il § 6 contiene lo studio dei campi magnetici marini redatto per consentire la valutazione degli impatti in mare svolta nell'ambito del SIA.

Il § 7 contiene le conclusioni finali sulla base delle risultanze espresse nei paragrafi precedenti.

## 2 LE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE

I campi elettromagnetici consistono in onde elettriche (E) e magnetiche (H) che viaggiano insieme. Esse si propagano alla velocità della luce, e sono caratterizzate da una frequenza ed una lunghezza d'onda.

I campi ELF (Extremely Low Frequency) sono definiti come quelli di frequenza fino a 300 Hz. A frequenze così basse corrispondono lunghezze d'onda in aria molto grandi e, in situazioni pratiche, il campo elettrico e quello magnetico agiscono in modo indipendente l'uno dall'altro e vengono misurati e valutati separatamente.

I campi elettrici sono prodotti dalle cariche elettriche. Essi governano il moto di altre cariche elettriche che vi siano immerse. La loro intensità viene misurata in volt al metro (V/m) o in chilovolt al metro (kV/m). Quando delle cariche si accumulano su di un oggetto, fanno sì che cariche di segno uguale od opposto vengano, rispettivamente, respinte o attratte. L'intensità di questo effetto viene caratterizzata attraverso la tensione, misurata in volt (V).

A ogni dispositivo collegato ad una presa elettrica, anche se non acceso, è associato un campo elettrico che è proporzionale alla tensione della sorgente cui è collegato. L'intensità dei campi elettrici è massima vicino al dispositivo e diminuisce con la distanza. Molti materiali comuni, come il legno ed il metallo, costituiscono uno schermo per questi campi.

I campi magnetici sono prodotti dal moto delle cariche elettriche, cioè dalla corrente. Essi governano il moto delle cariche elettriche. La loro intensità si misura in ampere al metro (A/m), ma è spesso espressa in termini di una grandezza corrispondente, l'induzione magnetica, che si misura in tesla (T), millitesla (mT) o microtesla ( $\mu$ T). Ad ogni dispositivo collegato ad una presa elettrica, se il dispositivo è acceso e vi è una corrente circolante, è associato un campo magnetico proporzionale alla corrente fornita dalla sorgente cui il dispositivo è collegato. I campi magnetici sono massimi vicino alla sorgente e diminuiscono con la distanza. Essi non vengono schermati dalla maggior parte dei materiali di uso comune, e li attraversano facilmente.

Ai fini dell'esposizione umana alle radiazioni non ionizzanti, considerando le caratteristiche fisiche delle grandezze elettriche in gioco in una linea AT (tensioni fino a 380.000 V, corrente alternata a frequenza di 50 Hz) i campi elettrici e magnetici sono da valutarsi separatamente perché disaccoppiati.

### 3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

#### 3.1 Norme tecniche

- CEI 211-6 "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz – 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana";
- CEI R014-001 "Guida per la valutazione dei campi elettromagnetici attorno ai trasformatori di potenza";
- CEI 11-60" Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne con tensione maggiore di 100 kV";
- CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati dalle linee e da stazioni elettriche";
- CEI 11-17 "Impianti di produzione, trasmissione, distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo";
- 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 I".

#### 3.2 Legislazione italiana

- Legge 22 febbraio 2001, n. 36 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici";
- DPCM 8 luglio 2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, valori di attenzione ed obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti";
- DM 29 maggio 2008, GU n. 156 del 5 luglio 2008, "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti".

#### 3.3 Definizioni e Abbreviazioni

- Impianto per la connessione: l'"impianto per la connessione" è l'insieme degli impianti realizzati a partire dal punto di inserimento sulla rete esistente, necessari per la connessione alla rete di un impianto di produzione.
- Impianto di rete per la connessione: l'"impianto di rete per la connessione" è la porzione di impianto per la connessione di competenza del Gestore di Rete, compresa tra il punto di inserimento sulla rete esistente e il punto di connessione.
- Fascia di rispetto: è lo spazio circostante un elettrodotto, che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità (3  $\mu$ T). Come prescritto dall'articolo 4, c. 1 lettera h) della Legge Quadro n. 36 del 22 febbraio 2001, all'interno delle fasce di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario e ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore;
- Esposizione della popolazione: è ogni tipo di esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici, ad eccezione dell'esposizione di cui alla lettera f) dell'art. 3 Legge 36/2001 e di quella intenzionale per scopi diagnostici o terapeutici;

### 3.4 Attuazione Normativa vigente

Secondo quanto previsto dalla legge del 22 febbraio 2001, n. 36, in particolare all'art. 4, comma 2, lettera a), il DPCM 8 luglio 2003 ha fissato i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dall'esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz connessi al funzionamento e all'esercizio degli elettrodotti:

<p><b>LIMITE DI ESPOSIZIONE</b></p> <p>Valore efficace che non deve essere superato in caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti</p>	<p><b>100 <math>\mu</math>T</b></p> <p><b>5 kV/m</b></p>
<p><b>VALORE DI ATTENZIONE</b></p> <p>Mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio da considerare a titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere</p>	<p><b>10 <math>\mu</math>T</b></p>
<p><b>OBIETTIVO DI QUALITA'</b></p> <p>Mediana dei valori nell'arco delle ventiquattro ore nelle normali condizioni di esercizio da considerare ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione di nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee elettriche già presenti nel territorio</p>	<p><b>3 <math>\mu</math>T</b></p>

In base all'art. 5 le tecniche di misurazione da adottare sono quelle indicate dalla norma CEI 211-6 prima edizione e successivi aggiornamenti. Inoltre, il sistema agenziale APAT-ARPA dovrà determinare le procedure di misura e valutazione, con l'approvazione del Ministero dell'Ambiente, per la determinazione del valore di induzione magnetica utile ai fini della verifica del non superamento del valore di attenzione e dell'obiettivo di qualità. Per la verifica delle disposizioni di cui agli articoli 3 e 4, oltre alle misurazioni e determinazioni di cui sopra, il sistema agenziale APAT-ARPA può avvalersi di metodologie di calcolo basate su dati tecnici e storici dell'elettrodotto.

Dal campo di applicazione del DPCM è espressamente esclusa, invece, l'applicazione dei limiti, valori di attenzione e obiettivi di qualità di cui sopra ai lavoratori esposti ai campi per ragioni professionali (art. 1 comma 2).

Inoltre, in base all'art. 1 comma 3 per tutte le sezioni di impianto non incluse nella definizione di "elettrodotto" o che sono esercite con frequenze diverse dai 50 Hz, fino a 100 kHz, si applicano i limiti della raccomandazione del Consiglio dell'Unione Europea del 12 luglio 1999, pubblicata nella G.U.C.E. n. 199 del 30 luglio 1999. In particolare, andrà rispettato, se applicabile nei confronti della popolazione, per la sezione in corrente continua il limite di riferimento per induzione magnetica di 40.000  $\mu$ T.

L'art. 6 del DPCM 8/7/03 recita:

1. *"Per la determinazione delle fasce di rispetto si dovrà fare riferimento all'obiettivo di qualità di cui all'art. 4 [...]"*

2. *"L'APAT, sentite le ARPA, definirà la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto ai fini delle verifiche delle autorità competenti".*

Per quanto riguarda la determinazione delle fasce di rispetto riferite agli elettrodotti sia aerei che interrati, il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio ha comunicato con lettera prot. DSA/2004/25291 del 15 novembre 2004, che *"la metodica da usarsi per la determinazione provvisoria delle fasce di rispetto pertinenti ad una o più linee elettriche aeree o interrate che insistono sulla medesima porzione di territorio può compiersi come segue:*

[...]

3. *Le linee possono essere schematizzate così come prevede la norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche", cap. 4.1. Il calcolo può essere eseguito secondo l'algoritmo definito al cap. 4.3.*

4. *Si calcolano le regioni di spazio definite dal luogo delle superfici di isocampo di induzione magnetica pari a 3  $\mu$ T 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".*

**Si precisa**, inoltre, che secondo quanto previsto dal Decreto 29 maggio 2008 sopra citato (§ 3.2), la tutela in merito alle fasce di rispetto di cui all'art. 6 del DPCM 8 luglio 2003 si applica alle linee elettriche aeree ed interrate, esistenti ed in progetto **ad esclusione** di:

- linee esercite a frequenza diversa da quella di rete di 50 Hz (ad esempio linee di alimentazione dei mezzi di trasporto);
- linee di classe zero ai sensi del DM 21 marzo 1988, n. 449 (come le linee di telecomunicazione);
- linee di prima classe ai sensi del DM 21 marzo 1988, n. 449 (quali le linee di bassa tensione);
- linee di Media Tensione in cavo cordato ad elica (interrate o aeree);

La costruzione e l'esercizio della linea AT, così come riportato negli elaborati tecnici di progetto, sarà eseguita secondo le norme di legge e le norme tecniche del CEI nonché, per la parte di connessione alla rete, secondo le disposizioni normative di Terna Spa e E-distribuzione S.p.A.

La valutazione dei campi elettrici e magnetici a frequenza industriale è invece argomento della Norma CEI 211-4 “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e stazioni elettriche”, dalla quale sono state tratte tutte le ipotesi di calcolo. In particolare:

- tutti i conduttori costituenti la linea (sia i conduttori attivi sia i conduttori di guardia) sono considerati rettilinei, orizzontali, di lunghezza infinita e paralleli tra di loro; in base a queste ipotesi, si trascura la componente longitudinale dell’induzione magnetica; nella realtà, i conduttori suddetti si dispongono secondo una catenaria, ma la componente longitudinale non supera in genere il 10% delle altre componenti del campo, per cui
- l’errore che si commette, nel calcolo della risultante, è certamente inferiore, in percentuale, a questo valore;
- i conduttori sono considerati di forma cilindrica, con diametro costante disposti a fascio di 3 per fase; si suppone che la distanza tra i singoli conduttori a uguale potenziale sia piccola rispetto alla distanza tra i conduttori a diverso potenziale; si suppone inoltre che i conduttori appartenenti ad un fascio siano uguali tra di loro e che, in una sezione normale del fascio, i loro centri giacciono su una circonferenza (circonferenza circoscritta al fascio); in base a queste ipotesi, si sostituisce al fascio di sub-conduttori un conduttore unico di opportuno diametro equivalente;
- il suolo è considerato piano, privo di irregolarità, perfettamente conduttore dal punto di vista elettrico, perfettamente trasparente dal punto di vista magnetico;
- si trascura l’influenza sulla distribuzione del campo dei tralicci stessi, di piloni di sostegno, degli edifici, della vegetazione e di qualunque altro oggetto che si trovi nell’area interessata, ovvero si calcola il campo imperturbato.

Le ipotesi suddette permettono di ridurre il calcolo del campo ad un problema piano, essendo, in questo caso, la distribuzione stessa uguale su qualunque sezione normale all’asse longitudinale della linea. A parità di altri fattori, l’accuratezza dei dati forniti è ovviamente tanto maggiore quanto più le condizioni reali sono aderenti a quelle sopra elencate.

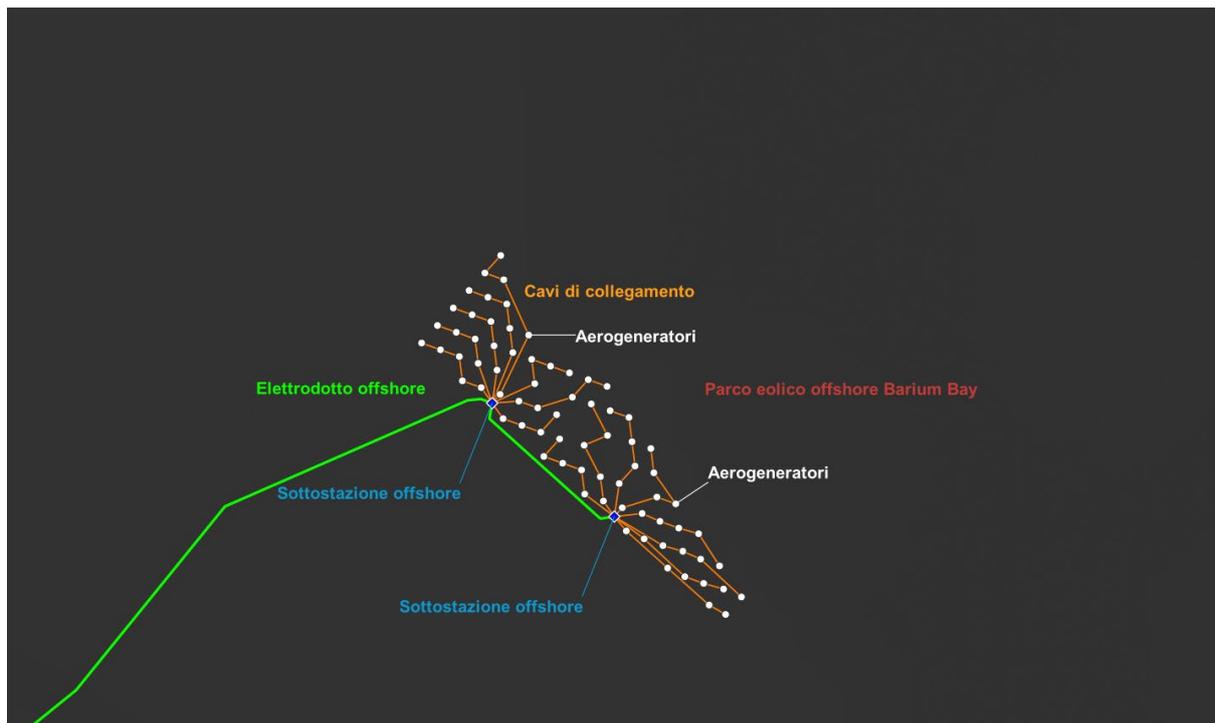
La guida CEI 106-11 “Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (art. 6) - Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo” costituisce l’applicazione delle formule fornite dalla guida CEI 211-4 ai diversi tipi di elettrodotti, quindi anche interrati. A sufficiente distanza dalla terna di conduttori, la superficie su cui l’induzione assume lo stesso valore (superficie isolivello) ha con buona approssimazione la forma di un cilindro avente come asse la catenaria ideale passante per il baricentro dei conduttori. La sezione trasversale di tale cilindro è una circonferenza. Prendendo in considerazione il valore di  $3 \mu T$ , si può calcolare il raggio della corrispondente circonferenza, che costituisce la fascia di rispetto.

## 4 DESCRIZIONE DELL'OPERA

Scopo del progetto è la realizzazione di un "Parco Eolico" per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica e l'immissione dell'energia prodotta, attraverso la costruzione delle opportune infrastrutture di rete, sulla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN).

I principali componenti dell'impianto per la parte offshore sono:

- **74 aerogeneratori eolici** di potenza pari a 15 MW suddivisi in 16 sottocampi;
- **16 linee elettriche in cavo sottomarino** a 66 kV di collegamento tra gli aerogeneratori e le sottostazioni elettriche offshore, con tutti i dispositivi di trasformazione di tensione e sezionamento necessari;
- **2 Sottostazioni Elettriche Offshore (66/380 kV)**, ovvero tutte le apparecchiature elettriche (interruttori, sezionatori, TA, TV, ecc.) necessarie a raccogliere l'energia prodotta nei sottocampi eolici elevandone la tensione da 66 kV a 380 kV. La stazione elettrica è dotata di un sistema di rifasamento necessario alla compensazione della potenza reattiva prodotta dalla rete in cavo marino.
- **Un elettrodotto di esportazione in cavo marino a 380 kV** della lunghezza di circa 57 km per collegare l'impianto eolico alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) posta sulla terra ferma.



**Figura 1: Rappresentazione sintetica delle opere a mare**

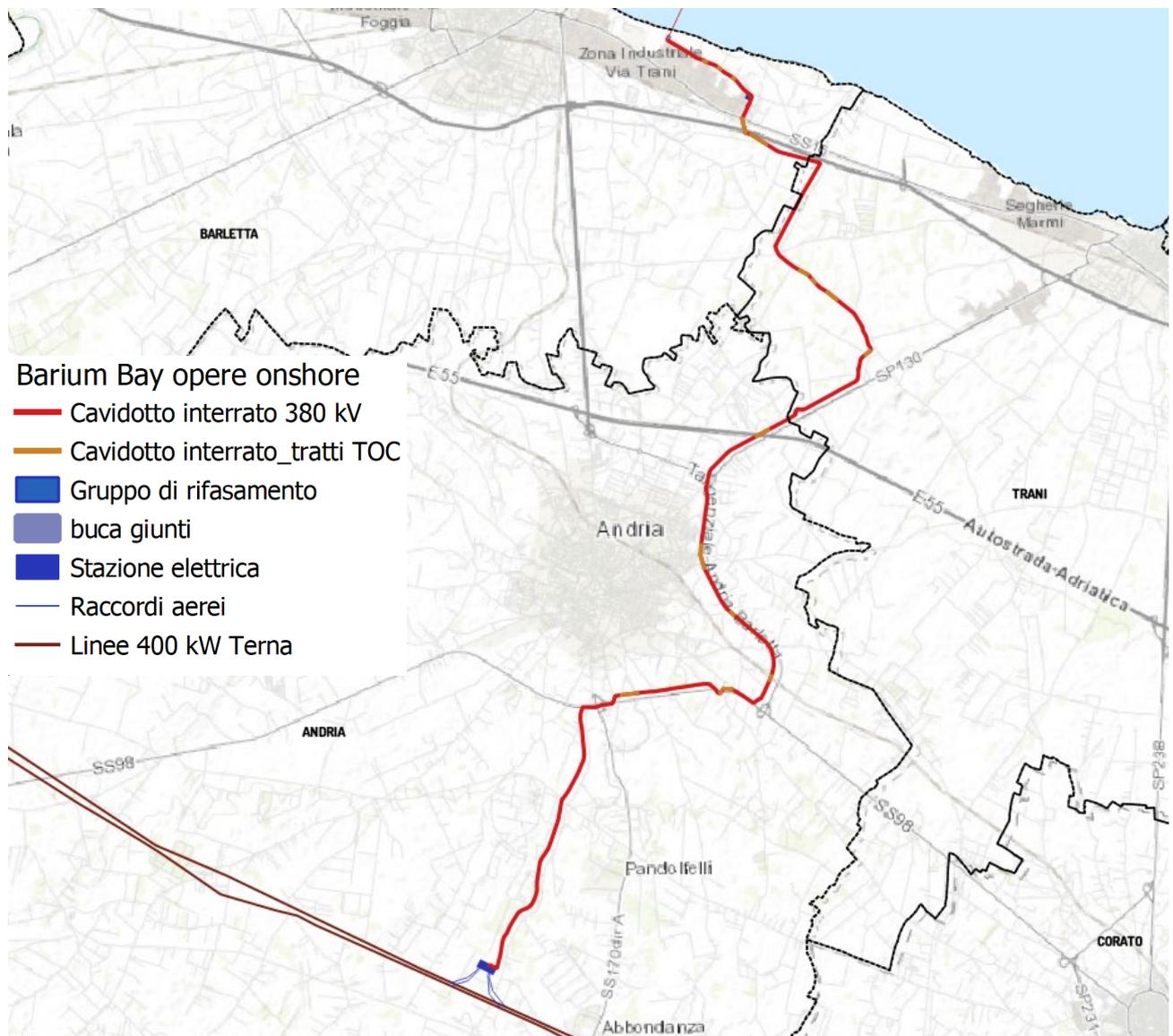
Le opere a terra sono strettamente connesse alla necessità di collegare l'impianto eolico offshore alla rete di trasmissione nazionale gestita da TERNA spa e constano di:

- **La vasca giunti di transizione interrata**, posizionata nelle vicinanze del punto di approdo nella zona industriale del comune di Barletta, consentirà la transizione dal cavo sottomarino al cavo destinato alla posa interrata.
- **Un elettrodotto interrato in doppia terna a 380 kV**, esteso per circa 26 km, sarà prevalentemente situato lungo la viabilità pubblica nei territori dei comuni di Barletta, Andria e Trani, con brevi transiti su terreni agricoli. La posa avverrà principalmente attraverso scavi a sezione obbligata, ma per gestire interferenze lungo il percorso, saranno realizzati 17 tratti

posati mediante la tecnica priva di scavi denominata "Trenchless Onsite Construction" (TOC). I 17 tratti avranno lunghezze variabili, come rappresentato negli elaborati di progetto.

- **Una serie di 31 vasche giunti intermedie**, situate lungo il tracciato del cavidotto interrato con interdistanza variabile tra 700 e 950 metri, le giunzioni intermedie saranno realizzate nell'ambito dello scavo a sezione obbligata previsto per la posa dell'elettrodotta.
- **Una sottostazione di rifasamento isolata in gas (GIS)**, necessaria alla compensazione della potenza reattiva prodotta dalla rete in cavo marino e interrato. La sottostazione in GIS sarà collocata in un edificio industriale situato nel comune di Barletta, nelle vicinanze del punto di approdo.

Alle opere sopra descritte si aggiungono le opere di rete oggetto di un progetto dedicato che riguarderà la nuova Stazione Elettrica RTN 380 kV di Andria e i quattro raccordi in elettrodotta aereo e complete di propria relazione sui campi elettrici e magnetici (*ES.3.1\_01\_ Valutazione campi elettrici e magnetici opere di Rete*).



## 5 VALUTAZIONE PREVENTIVA CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI

### 5.1 Valutazione analitica dei campi magnetici generati dagli elettrodotti

La valutazione è effettuata nei riguardi degli elettrodotti e delle opere a terra per la connessione dell'impianto eolico alla Rete di Trasmissione Nazionale.

Gli elettrodotti in cavo durante il loro funzionamento generano un campo elettrico e un campo magnetico. Il primo è proporzionale alla tensione della linea stessa, mentre il campo magnetico è proporzionale alla corrente che l'attraversa. Entrambi decrescono molto rapidamente con la distanza dalla zona di scavo dell'elettrodotto.

Per il calcolo dei valori imperturbati del campo elettrico e magnetico è stato utilizzato il software XGSA FD della XGSALAB Software. Con XGSA FD, se necessario, si potrà effettuare anche un'analisi tridimensionale.

### 5.2 Distanza di Prima Approssimazione DPA

Ai sensi del DPCM 29/05/08 il gestore della rete è tenuto a calcolare la fascia di rispetto come Distanza di Prima Approssimazione (DPA) per comunicarla agli enti. La DPA è la distanza in pianta, sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più della DPA si trovi all'esterno delle fasce di rispetto.

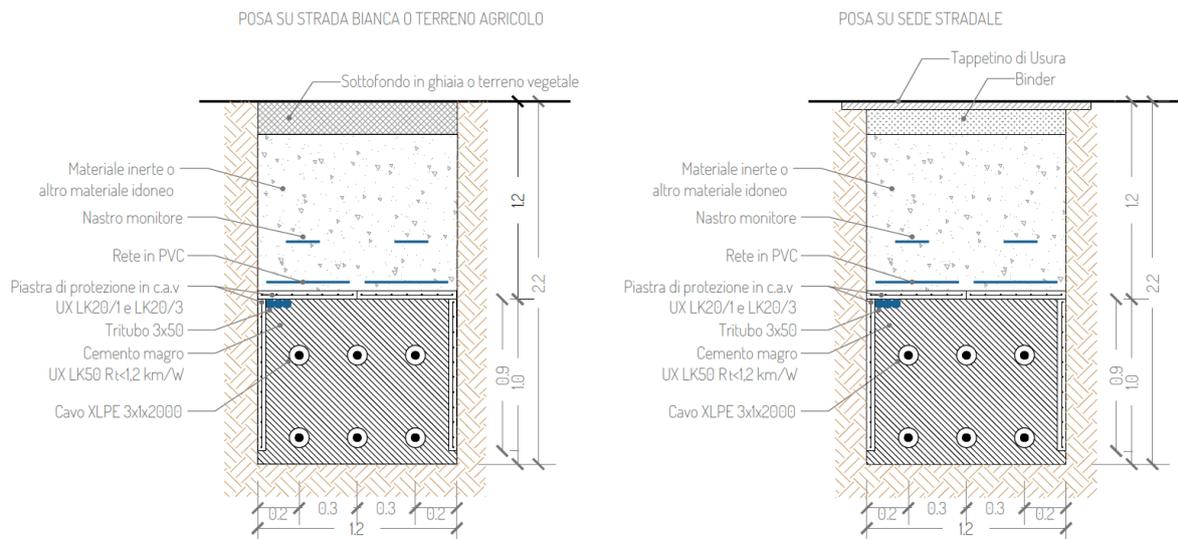
Per gli elettrodotti di progetto, i grafici di seguito riportati, mostrano sull'asse delle ascisse la distanza orizzontale dall'asse dell'elettrodotto (sinistra e destra); invece sull'asse delle ordinate la distanza verticale dei conduttori dal suolo.

I livelli di induzione magnetica riscontrabili nelle regioni di spazio circostanti la linea elettrica sono evidenziate con fasce di colori differenti.

Inoltre, sulle tavole allegare sono riportate in pianta le DPA su tutti gli elettrodotti calcolate con il software.

#### 5.2.1 Caso con n. 2 terne di cavi interrati di sezione 1600 mm<sup>2</sup>

Di seguito vengono riportati i dati utilizzati e i risultati delle elaborazioni. Esso sarà formato da due terne interrate di cavi con sezioni da 1600 mm<sup>2</sup>.



**Figura 2 - Sezione Scavo tipo cavidotto AAT**

Per i dati elettrici si sono usati i seguenti valori:

- Tensione Nominale: 380.000 V
- Corrente massima di impiego per terna: 916,24 A
- Sezione cavo: 1600 mm<sup>2</sup>
- Profondità di posa 1,5 m e 2,0 m
- Diametro conduttore 49,8 mm

Al fine di mitigare gli effetti dovuti al campo di induzione magnetica la disposizione in piano delle fasi all'interno dello scavo sarà invertita per le due terne che costituiscono l'elettrodotta AAT a 380 kV.

### **Campo Elettrico cavidotto AAT**

Di seguito si riportano i risultati di calcolo ottenuti per il campo elettrico per una ipotetica sezione trasversale.



**Figura 3 - Campo Elettrico**

La figura mostra graficamente l'intensità del campo elettrico generato dalle due terne di cavi unipolari, la valutazione effettuata trascura l'ulteriore effetto prodotto dallo schermo del singolo cavo, atterrato da entrambe le estremità. I valori riportati mostrano che la totalità della radiazione elettrica è contenuta all'interno dello scavo con picchi di 2,709 V/m, totalmente trascurabili rispetto al limite di esposizione fissato a 5 kV/m.

**Campo Magnetico (Induzione Magnetica) cavidotto AAT**

Di seguito è riportata la sezione di calcolo verticale del campo magnetico (ovvero induzione magnetica) risultante.



**Figura 4 - Calcolo Induzione Magnetica sulla sezione dei cavi AAT da 1600 mm2**

Come si vede dai risultati di calcolo ottenuti in corrispondenza dell'asse della linea si avranno valori di induzione magnetica di poco superiore ai 3 µT ad un'altezza di 1,5 m dal piano campagna.

Ricordando che l'obiettivo da rispettare è l'obiettivo qualità pari a 3 µT, fissato dal DPCM del 08/07/2003. Il calcolo della D.p.a. per i cavidotti di collegamento a 380 kV simulati si traduce graficamente nell'individuazione di una distanza che ha origine dal punto di proiezione dall'asse del cavidotto al suolo

e ha termine nella proiezione sul suolo del punto a distanza massima dall'asse in cui il valore del campo magnetico risulta essere uguale o inferiore all'obiettivo qualità di 3  $\mu$ T posto su un piano ortogonale all'asse.

Utilizzando i dati forniti dal grafico allegato si evince che per il tratto di elettrodotto a 380 kV analizzato, costituito da 2 terne composte da cavidotti di sezione 1600 mm<sup>2</sup> viene individuata una fascia di rispetto complessiva di 7 m ( $2 \times 3,47 = 6,94 \approx 7$  m), centrata sull'asse del cavidotto al di fuori della quale è garantito il rispetto dell'obiettivo di qualità.

All'interno della fascia di rispetto appena definita non esistono recettori sensibili (strutture abitate da persone per un tempo superiore alle 4 ore) e che pertanto non sussistono pericoli per la salute umana.

### 5.2.2 Campi Elettrici e Magnetici di una Stazione a 380 kV RTN

La Stazione RTN a 380 kV sarà progettata e costruita in modo da rispettare i valori di campo elettrico e magnetico, previsti dalla normativa statale vigente (Legge 36/2001 e D.P.C.M. 08/07/2003).

Si rileva che nella Stazione Elettrica, che sarà normalmente esercita in teleconduzione, non è prevista la presenza di personale, se non per interventi di manutenzione ordinaria o straordinaria.

Data la standardizzazione dei componenti e della disposizione geometrica, si possono estendere alla Stazione Elettrica di Casamassima i rilievi sperimentali eseguiti nelle stazioni TERNA per la misura dei campi elettromagnetici al suolo nelle diverse condizioni di esercizio.

La fig. 5 mostra la planimetria di una tipica stazione di trasformazione 380/150 kV di TERNA all'interno della quale è stata effettuata una serie le misure di campo elettrico e magnetico al suolo.

La stessa fig. 5 fornisce l'indicazione delle principali distanze fase – terra e fase – fase, nonché la tensione sulle sbarre e le correnti nelle varie linee confluenti nella stazione, registrate durante l'esecuzione delle misure.

Inoltre, nella fig. 5 sono evidenziate le aree all'interno delle quali sono state effettuate le misure; in particolare, sono evidenziate le zone ove i campi sono stati rilevati per punti utilizzando strumenti portabili (aree A, B, C, e D), mentre sono contrassegnate in tratteggio le vie di transito lungo le quali la misura dei campi è stata effettuata con un'opportuna unità mobile (furgone completamente attrezzato per misurare e registrare con continuità i campi).

Va sottolineato che, grazie alla modularità degli impianti della stazione, i risultati delle misure effettuate nelle aree suddette, sono sufficienti a caratterizzare in modo abbastanza dettagliato tutte le aree interne alla stazione stessa, con particolare attenzione per le zone di più probabile accesso da parte del personale.

Nella tabella 1 è riportata una sintesi dei risultati delle misure di campo elettrico e magnetico effettuate nelle aree A, B, C e D.

Per quanto riguarda le registrazioni effettuate con l'unità mobile, la fig. 6 illustra i profili del campo elettrico e di quello magnetico rilevati lungo il percorso n. 1, quello cioè che interessa prevalentemente la parte a 380 kV della stazione.

I valori massimi di campo elettrico e magnetico si riscontrano in prossimità degli ingressi linea.

In tutti i casi i valori del campo elettrico e di quello magnetico riscontrati al suolo all'interno delle aree di stazione sono risultati compatibili con i limiti di legge.

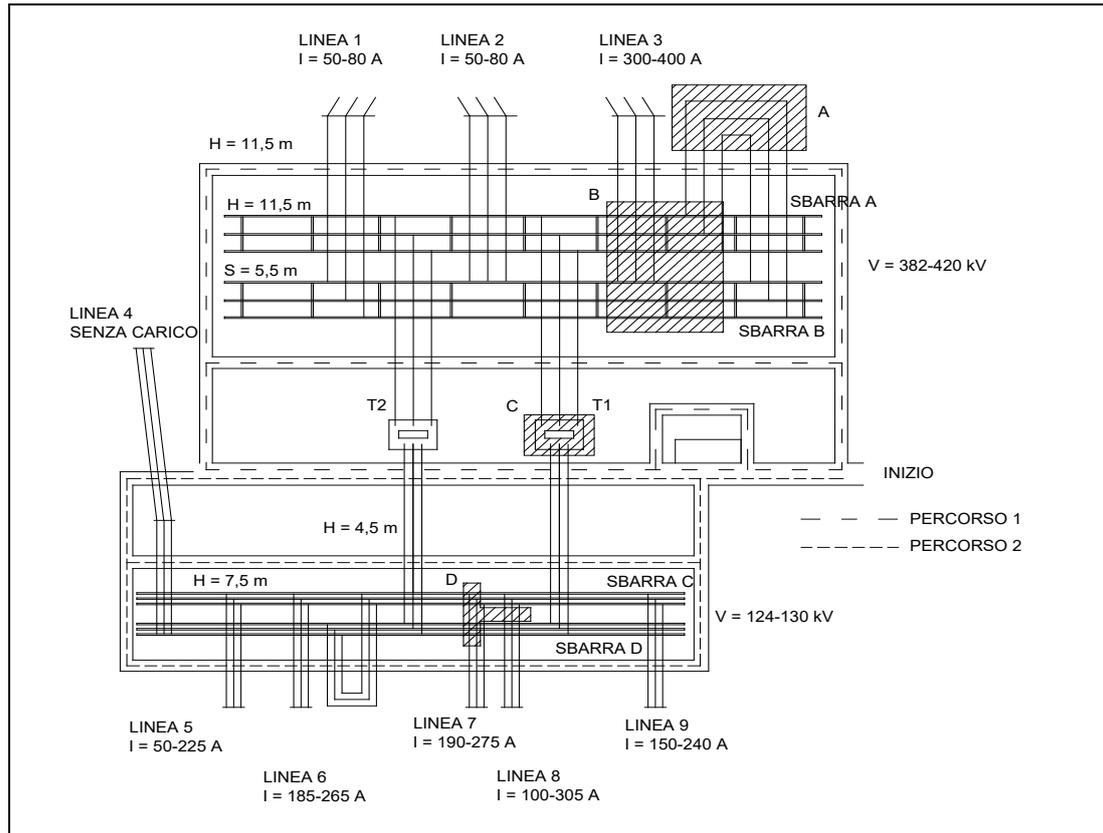


Figura 5 – Pianta di una tipica stazione 380/150 kV con l'indicazione delle principali distanze fase-fase (S) e fase-terra (H) e delle variazioni delle tensioni e delle correnti durante le fasi di misurazioni di campo elettrico e magnetico.

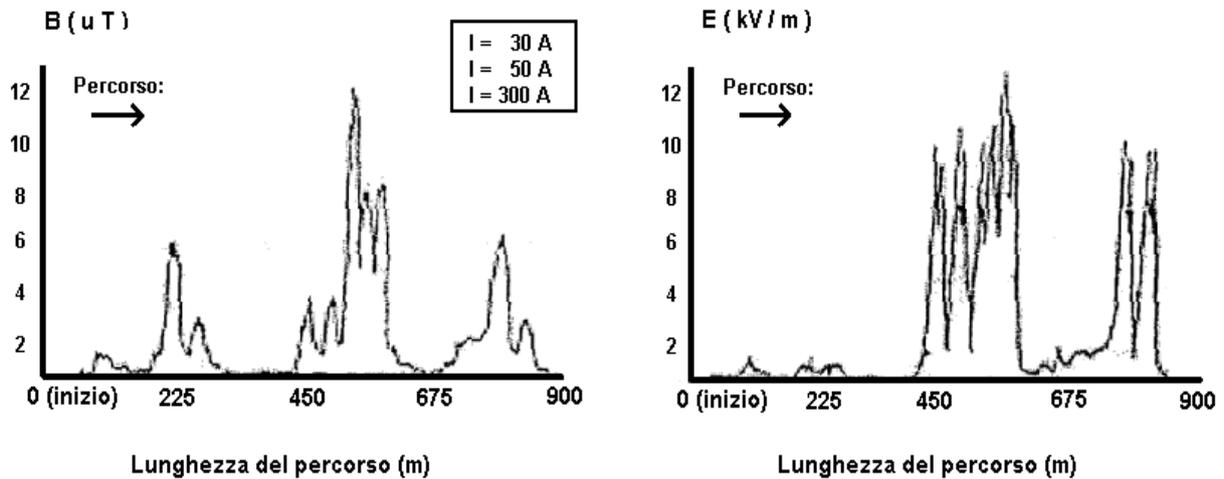


Figura 6 - Risultati della misura dei campi elettrici e magnetici effettuate lungo le vie interne della sezione a 380 kV della stazione riportata in fig. 5

Area	Numero di punti di misura	Campo Elettrico (kV/m)			Induzione Magnetica ( $\mu$ T)		
		E max	E min	E medio	B max	B min	B medio
A	93	11,7	5,7	8,42	8,37	2,93	6,05
B	249	12,5	0,1	4,97	10,22	0,73	3,38

C	26	3,5	0,1	1,13	9,31	2,87	5,28
D	19	3,1	1,2	1,96	15,15	3,96	10,17

**Tab. 1 - Risultati della misura del campo elettrico e dell'induzione magnetica nelle aree A, B, C e D di fig. 5**

Si può notare come il contributo di campo elettrico e magnetico dei componenti di stazione (macchinari e apparecchiature), in corrispondenza delle vie perimetrali di servizio interne, risulti trascurabile rispetto a quello delle linee entranti.

Tale contributo diminuisce ulteriormente in prossimità della recinzione dove si può affermare che il campo elettrico e magnetico è principalmente riconducibile a quello dato dalle linee entranti per le quali viene verificata la compatibilità con la normativa vigente, come riportato nella documentazione progettuale dell'elettrodotto, alla quale si rimanda per approfondimenti.

In sintesi, i valori massimi dei campi elettrici e magnetici esternamente all'area di stazione sono riconducibili ai valori generati dalle linee entranti e quindi l'impatto determinato dalla stazione stessa è compatibile con i valori prescritti dalla vigente normativa.

### **5.3 Campi Elettrici e Magnetici delle Sottostazioni elettriche utente**

Le sottostazioni saranno progettate e costruite in modo da rispettare i valori di campo elettrico e magnetico previsti dalla normativa statale vigente (Legge 36/2001 e D.P.C.M. 08/07/2003). Si prevede la realizzazione di una sezione a 380 kV in tecnologia GIS: in questo tipo di realizzazioni i conduttori di potenza sono concentrici ad un involucro metallico avente anche la funzione di schermo sia per il campo elettrico che per il campo magnetico. All'esterno dell'involucro, pertanto, risulta presente solo una piccola percentuale del campo magnetico dovuto alla corrente nel conduttore ed è praticamente non apprezzabile il campo elettrico. In sintesi, i campi elettrico e magnetico alla recinzione sono pertanto riconducibili ai valori generati dalle linee entranti, aeree ed in cavo, che sono contenuti nei valori prescritti dalla vigente normativa come si può evincere dalle rispettive trattazioni.

## 6 CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI IN MARE

Nel presente capitolo si effettua una disamina dei campi elettromagnetici lungo i cavi marini. Tale valutazione non è dovuta né alla necessità di individuare d.p.a. o fasce di rispetto in mare né ad altro obbligo normativo ma è atta a stimare indicativamente l'entità di tale radiazione elettromagnetica al fine di valutarne gli effetti che questa comporta sull'ecosistema marino. I risultati ottenuti saranno quindi discussi nell'ambito del SIA.

La valutazione è effettuata nei riguardi degli elettrodotti e delle opere in ambiente marino per le connessioni tra gli aerogeneratori, tra questi e le 2 Sottostazioni offshore e tra queste e il punto di approdo nel territorio comunale di Barletta.

La valutazione del campo elettrico può essere omessa data la presenza di diversi strati di schermo collegati a terra attorno al conduttore che limita il campo elettrico stesso contenendolo all'interno della struttura stessa del cavo, ciò in accordo con gli studi e la letteratura scientifica disponibile a riguardo.

Il campo magnetico invece è proporzionale alla corrente che attraversa il cavo e non può essere schermato, d'altra parte decresce molto rapidamente con all'aumentare della distanza dai conduttori dell'elettrodotto.

Per il calcolo dei valori imperturbati del campo magnetico è stato utilizzato il software XGSA FD della XGSALAB Software.

La simulazione è stata condotta nei casi più gravosi che troviamo all'interno dei tracciati percorsi dagli elettrodotti sottomarini, descritti in seguito:

- Cavi statici e dinamici a 66 kV di collegamento tra gli aerogeneratori e la sottostazione di riferimento;
- Cavi statici a 380 kV di collegamento tra le due sottostazioni di trasformazione offshore e il punto di approdo a terra.

Tra le assunzioni preliminari fatte per condurre tale analisi vi è:

- $\rho(\text{acqua marina}) = 0,2 \Omega\text{m}$ ;
- $\epsilon_r(\text{acqua marina}) = 70$ ;
- $\rho(\text{suolo marino}) = 100 \Omega\text{m}$ ;
- $\epsilon_r(\text{suolo marino}) = 6$ ;

Inoltre, nel modello dei cavi utilizzato dal software per le simulazioni, si sono considerati tre cavi unipolari con posa a trifoglio e distanza tra gli assi dei cavi pari a 8 cm invece di cavi tripolari. Tale assunzione determina una sovrastima nel calcolo del campo magnetico.

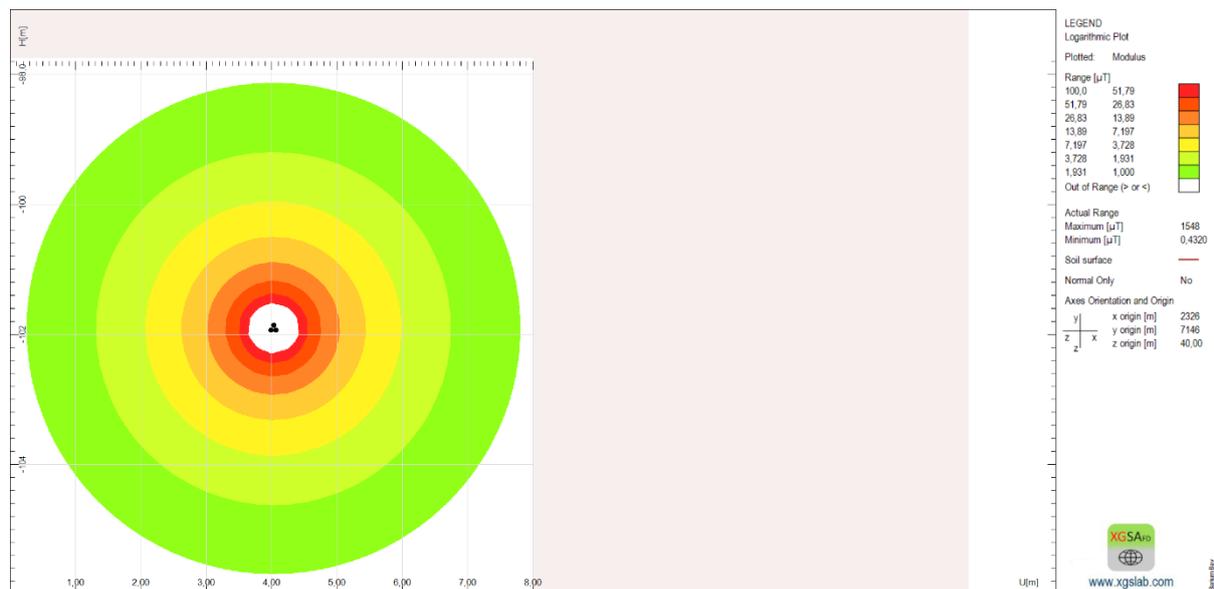
### 6.1 Cavi statici e dinamici a 66 kV

Per i dati elettrici si sono usati i seguenti valori:

- Tensione Nominale: 66.000 V
- Corrente massima di impiego per terna: 729 A
- Sezione cavo: 800 mm<sup>2</sup>
- Condizione di posa: in acqua libera ed interrati nel fondale marino a profondità superiori a 2,0 m
- Diametro conduttore 34 mm

#### Campo Magnetico (Induzione Magnetica) cavidotto AAT

Di seguito è riportata la sezione di calcolo verticale del campo magnetico (ovvero induzione magnetica) risultante.



**Figura 7 – Calcolo Induzione magnetica sulla sezione dei cavi AT 66 kV da 800 mm<sup>2</sup>**

La figura mostra graficamente l'intensità del campo magnetico generato dai cavi tripolari posati in mare. Si nota distintamente che i valori di campo risultano pressoché trascurabili già a 3 – 4 m dall'asse del cavo generando così una zona di influenza molto ristretta.

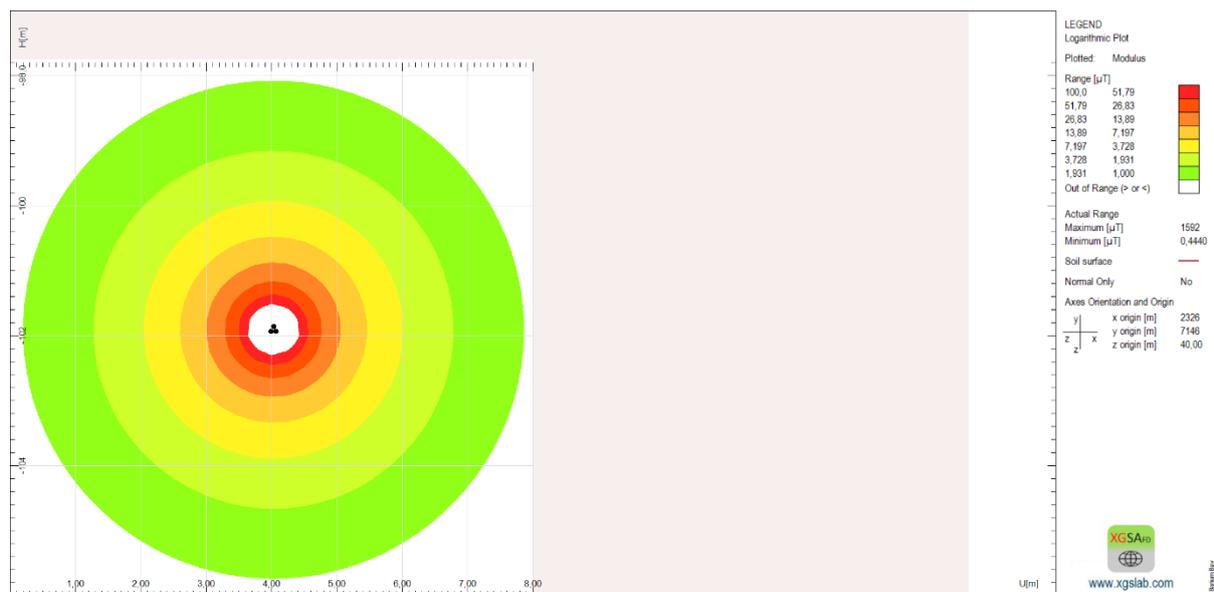
## 6.2 Cavi statici a 380 kV

Per i dati elettrici si sono usati i seguenti valori:

- Tensione Nominale: 380.000 V
- Corrente massima di impiego per terna: 750 A
- Sezione cavo: 800 mm<sup>2</sup>
- Condizione di posa: interrati nel fondale marino a profondità superiori a 2,0 m
- Diametro conduttore 34 mm

### Campo Magnetico (Induzione Magnetica) cavidotto AAT

Di seguito è riportata la sezione di calcolo verticale del campo magnetico (ovvero induzione magnetica) risultante.



**Figura 8 – Calcolo Induzione magnetica sulla sezione dei cavi AAT 380 kV da 800 mm<sup>2</sup> interrati sul fondale**

La figura mostra graficamente l'intensità del campo magnetico generato dai cavi tripolari posati in mare. Si nota distintamente che i valori di campo risultano pressoché trascurabili già a 3 – 4 m dall'asse del cavo generando così una zona di influenza molto ristretta.

## 7 CONCLUSIONI

A seguito delle valutazioni preventive eseguite riportate nei paragrafi precedenti, si possono trarre le seguenti considerazioni:

- lungo il tracciato del nuovo cavidotto AAT interrato in doppia terna in nessun caso gli immobili si trovano all'interno delle fasce di rispetto DPA calcolate (3,5 m).
- Le sottostazioni elettriche utente realizzate in GIS e la stazione elettrica RTN determinano campi elettrici e magnetici in prossimità delle recinzioni da considerarsi trascurabili.

Alla luce di quanto esposto si ritiene che il progetto, sia per l'ubicazione territoriale, sia per le sue caratteristiche costruttive, rispetterà i limiti imposti dalla L. 36/2001 e del DPCM 8 luglio 2003 in tema di protezione della popolazione dagli effetti dei campi elettromagnetici, magnetici ed elettrici garantendo la salvaguardia della salute umana.