

Parco Eolico Marino

Gargano Sud

Valutazione di impatto elettromagnetico calcolo delle fasce di rispetto

Seanergy s.r.l.



1	EMISSIONE	13/02/2023
REV	DESCRIZIONE	DATA

CARATTERISTICHE GENERALI D'IMPIANTO

GENERATORE - Altezza mozzo: 160 m
Diametro rotore: 236 m
Potenza unitaria: 15 MW

IMPIANTO - Numero generatori: 68
Potenza complessiva: fino a 1088 MW.

Il proponente:

Seanergy s.r.l.
P.zza Giovanni Paolo II, 8
71017 Torremaggiore (FG)
0882/393197
seanergy@pec.it

Il progettista:

ATS Engineering srl
P.zza Giovanni Paolo II, 8
71017 Torremaggiore (FG)
0882/393197
atseng@pec.it

Il tecnico:

Ing. Eugenio Di Gianvito
Tecnico competente
Ing. Francesco Di Cosmo

					
Manfredonia	Mattinata	Monte Sant'Angelo	Zapponeta	Cerignola	Margherita di Savoia

PROGETTO DEFINITIVO PARCO EOLICO OFFSHORE "GARGANO SUD"

Nei Comuni di: Manfredonia (FG) – Mattinata (FG) - Monte Sant'Angelo (FG)
Zapponeta (FG) - Cerignola (FG) – Margherita di Savoia (BAT)

VALUTAZIONE DI IMPATTO ELETTROMAGNETICO CALCOLO DELLE FASCE DI RISPETTO

L.R. 9-10-2008 n.25 - DPCM 8-7-03 - DM 29-5-08

Proponente:



SEANERGY S.r.l.

P.zza Giovanni Paolo II, 8
71017 Torremaggiore (FG)

seanergy@pec.it

Visti:

Progettazione:



Tecnico Competente:

Ing. Francesco Di Cosmo



Elaborazione: **GENNAIO 2023**

PREMESSA

Il D.P.C.M. 8 luglio 2003 prescrive che il proprietario/gestore comunichi alle autorità competenti l'ampiezza delle fasce di rispetto e i dati utilizzati per il loro calcolo.

Lo studio di impatto elettromagnetico si rende necessario al fine di una valutazione del campo elettrico e magnetico nei riguardi della popolazione. In particolare "la fascia di rispetto", di cui al DM 29-5-08 "*Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti*", viene calcolata tenendo conto dell'elettrodotto (o cavidotto) e delle cabine utente AT.

Al calcolo della "*fascia di rispetto*" segue la verifica dell'assenza di recettori sensibili all'interno di tale fascia: aree gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici, luoghi adibiti a permanenze non inferiori a 4 ore giornaliere.

Poiché le linee di trasporto e di distribuzione dell'energia elettrica (elettrodotti), hanno in Europa una frequenza di 50 Hz i campi elettrici e magnetici rientrano nella cosiddetta banda ELF (30 - 300 Hz, bassa frequenza).

Il progetto ha ricevuto parere positivo con prescrizioni dal CT VIA ministeriale n.1303 del 26-7-2013 a seguito di prima istanza presentata l'11-4-2012. Attualmente il proponente ha presentato istanza per supplemento di istruttoria per modifica del tipo di aerogeneratore da installare e del punto di allaccio fornito dal gestore (TERNA) della stazione elettrica di AT.

NEL SEGUITO SI RICHIAMANO I PRINCIPALI CONCETTI

Basse frequenze

I limiti per le basse frequenze sono imposti dal D.P.C.M. 8-7-03, pubblicato sulla G.U. n.200 del 29 Agosto 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".

I valori limite fissati nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz sono riportati nella seguente tabella:

	Campo Elettrico [kV/m]	Induzione Magnetica [μ T]
Limite di esposizione	5	100
Valore di attenzione	-	10
Obiettivo di qualità	-	3

Il decreto prevede, nel caso del limite di esposizione, che i valori di campo elettrico e campo magnetico siano espressi come valori efficaci mentre, per il valore di attenzione e l'obiettivo di qualità, l'induzione magnetica è da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio, in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere.

Si fa notare che i suddetti limiti non si applicano ai lavoratori professionalmente esposti che operano nel settore della costruzione, manutenzione, etc. poiché quest'ultimi sono sottoposti ad una differente normativa.

I campi ELF, contraddistinti da frequenze estremamente basse, sono caratterizzabili mediante la semplificazione delle equazioni di Maxwell dei "*campi elettromagnetici quasi statici*" e quindi da due entità distinte:

- **il campo elettrico**, generato dalla presenza di cariche elettriche o tensioni e quindi direttamente proporzionale al valore della tensione di linea;
- **il campo magnetico**, generato invece dalle correnti elettriche.

Dagli elettrodotti si genera sia un campo elettrico che un campo magnetico.

Campo elettrico

Il campo elettrico è legato in maniera direttamente proporzionale alla tensione della sorgente; esso si attenua, allontanandosi da un elettrodotto, come l'inverso della distanza dai conduttori. I valori efficaci delle tensioni di linea variano debolmente con le correnti che le attraversano, pertanto l'intensità del campo elettrico può considerarsi, in prima approssimazione, costante. La presenza di alberi, oggetti conduttori o edifici in prossimità delle linee riduce l'intensità del campo elettrico e, in particolare all'interno degli edifici, si possono misurare intensità di campo fino a 10 (anche 100) volte inferiori a quelle rilevabili all'esterno.

Campo magnetico

L'intensità del campo magnetico generato in corrispondenza di un elettrodotto dipende invece dall'intensità della corrente circolante nel conduttore; tale flusso risulta estremamente variabile sia nell'arco di una giornata sia su scala temporale maggiore quale quella stagionale.

Non c'è alcun effetto schermante nei confronti dei campi magnetici da parte di edifici, alberi o altri oggetti vicini alla linea: quindi all'interno di eventuali edifici circostanti si può misurare un campo magnetico d'intensità comparabile a quello riscontrabile all'esterno. Ne consegue che sia campo elettrico che campo magnetico decadono all'aumentare della distanza dalla

linea elettrica, ma mentre il campo elettrico, è facilmente schermabile da oggetti quali legno, metallo, ma anche alberi ed edifici, il campo magnetico non è schermabile dalla maggior parte dei materiali di uso comune.

DIFFERENZA TRA CAMPI INDOTTI DA LINEE ELETTRICHE AEREE E CAVI INTERRATI

Campo elettrico

Il campo elettrico risulta ridotto in maniera significativa per l'effetto combinato dovuto alla speciale guaina metallica schermante del cavo ed alla presenza del terreno che presenta una conducibilità elevata. Per le linee elettriche di 380kV 50 Hz, **i campi elettrici misurati attraverso prove sperimentali sono risultati praticamente nulli**, per l'effetto schermante delle guaine metalliche e del terreno sovrastante i cavi interrati.

Campo magnetico

Le grandezze che determinano l'intensità del campo magnetico circostante un elettrodotto sono principalmente:

- distanza dalle sorgenti (conduttori);
- intensità delle sorgenti (correnti di linea);
- disposizione e distanza tra sorgenti (distanza mutua tra i conduttori di fase);
- presenza di sorgenti compensatrici;
- suddivisione delle sorgenti (terne multiple).

I metodi di controllo del campo magnetico si basano principalmente sulla riduzione della distanza tra le fasi, sull'installazione di circuiti addizionali (spire) nei quali circolano correnti di schermo, sull'utilizzazione di circuiti in doppia terna a fasi incrociate e sull'utilizzazione di linee in cavo.

I valori di campo magnetico, risultano notevolmente abbattuti mediante interrimento degli elettrodotti. Questi saranno posti a circa 1,2- 1,85 metri di profondità e sono composti da un conduttore cilindrico, una guaina isolante, una guaina conduttrice (la quale funge da schermante per i disturbi esterni, i quali sono più acuti nel sottosuolo in quanto il terreno è molto più conduttore dell'aria) e un rivestimento produttivo.

I cavi interrati generano, a parità di corrente trasportata, un campo magnetico al livello del suolo più intenso degli elettrodotti aerei (circa il doppio), però l'intensità di campo magnetico si riduce molto più rapidamente con la distanza (i circa 80 m diventano in questo caso circa 24). Tra i vantaggi collegati all'impiego dei cavi interrati sono da considerare i valori d'intensità di campo magnetico che decrescono molto più rapidamente con la distanza. Tra gli svantaggi sono da considerare i problemi di perdita di energia legati alla

linea elettrica, ma mentre il campo elettrico, è facilmente schermabile da oggetti quali legno, metallo, ma anche alberi ed edifici, il campo magnetico non è schermabile dalla maggior parte dei materiali di uso comune.

DIFFERENZA TRA CAMPI INDOTTI DA LINEE ELETTRICHE AEREE E CAVI INTERRATI

Campo elettrico

Il campo elettrico risulta ridotto in maniera significativa per l'effetto combinato dovuto alla speciale guaina metallica schermante del cavo ed alla presenza del terreno che presenta una conducibilità elevata. Per le linee elettriche di MT a 50 Hz, **i campi elettrici misurati attraverso prove sperimentali sono risultati praticamente nulli**, per l'effetto schermante delle guaine metalliche e del terreno sovrastante i cavi interrati.

Campo magnetico

Le grandezze che determinano l'intensità del campo magnetico circostante un elettrodotto sono principalmente:

- distanza dalle sorgenti (conduttori);
- intensità delle sorgenti (correnti di linea);
- disposizione e distanza tra sorgenti (distanza mutua tra i conduttori di fase);
- presenza di sorgenti compensatrici;
- suddivisione delle sorgenti (terne multiple).

I metodi di controllo del campo magnetico si basano principalmente sulla riduzione della distanza tra le fasi, sull'installazione di circuiti addizionali (spire) nei quali circolano correnti di schermo, sull'utilizzazione di circuiti in doppia terna a fasi incrociate e sull'utilizzazione di linee in cavo.

I valori di campo magnetico, risultano notevolmente abbattuti mediante interrimento degli elettrodotti. Questi saranno posti a circa 1,2- 1,85 metri di profondità e sono composti da un conduttore cilindrico, una guaina isolante, una guaina conduttrice (la quale funge da schermante per i disturbi esterni, i quali sono più acuti nel sottosuolo in quanto il terreno è molto più conduttore dell'aria) e un rivestimento produttivo.

I cavi interrati generano, a parità di corrente trasportata, un campo magnetico al livello del suolo più intenso degli elettrodotti aerei (circa il doppio), però l'intensità di campo magnetico si riduce molto più rapidamente con la distanza (i circa 80 m diventano in questo caso circa 24). Tra i vantaggi collegati all'impiego dei cavi interrati sono da considerare i valori d'intensità di campo magnetico che decrescono molto più rapidamente con la distanza. Tra gli svantaggi sono da considerare i problemi di perdita di energia legati alla

potenza reattiva (produzione, oltre ad una certa lunghezza del cavo, di una corrente capacitiva, dovuta all'interazione tra il cavo ed il terreno stesso, che si contrappone a quella di trasmissione). Altri metodi con i quali ridurre i valori d'intensità di campo elettrico e magnetico possono essere quelli di usare "linee compatte", dove i cavi vengono avvicinati tra di loro in quanto questi sono isolati con delle membrane isolanti. Queste portano ad una riduzione del campo magnetico. Confrontando il campo magnetico generato da linee aeree con quello generato da cavi interrati, si rileva che per i cavi interrati l'intensità massima del campo magnetico è più elevata, ma presenta un'attenuazione più pronunciata con la distanza da essi.

NEL SEGUITO SI RICHIAMANO LE PRINCIPALI NORME:

- **CEI 211-7** "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettromagnetici nell'intervallo di frequenza 10 kHz – 300 GHz, con riferimento all'esposizione umana" (01/2001).
- **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" (02/2006);
- **CEI 106-12** "Guida pratica ai metodi e criteri di riduzione dei campi magnetici prodotti dalle cabine elettriche MT/BT" (05/2006).

In particolare, per quanto riguarda il calcolo dell'induzione magnetica e la determinazione delle fasce di rispetto si è tenuto conto delle indicazioni tecniche previste nel decreto del 29 maggio 2008 e nelle Norme CEI 106-11 e CEI 106-12 nelle quali viene ripreso il modello di calcolo normalizzato della Norma CEI 211-4 e vengono proposte, in aggiunta, delle formule analitiche approssimate che permettono il calcolo immediato dell'induzione magnetica ad una data distanza dal centro geometrico della linea elettrica.

Ai fini della presente relazione è utile richiamare le seguenti definizioni valide per gli elettrodotti e le cabine di trasformazione (*cfr.* Decreto 29/05/2008):

Linee elettriche

Le linee corrispondono ai collegamenti con conduttori elettrici aerei o in cavo, delimitati da organi di manovra, che permettono di unire due o più impianti (Centrali di Produzione, Stazioni Elettriche, Cabine di Trasformazione primarie e secondarie, cabine utente AT) allo stesso livello di tensione.

Cabine di trasformazione

Nell'ambito di una rete elettrica, la cabina di trasformazione corrisponde ad un'officina elettrica destinata alla modifica (trasformazione e/o conversione) dell'energia elettrica transitante in modo da renderla adatta a soddisfare le richieste della successiva fase di destinazione.

Fascia di rispetto

La fascia di rispetto è lo spazio circostante un elettrodotto comprendente 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.

Distanza di prima approssimazione (Dpa)

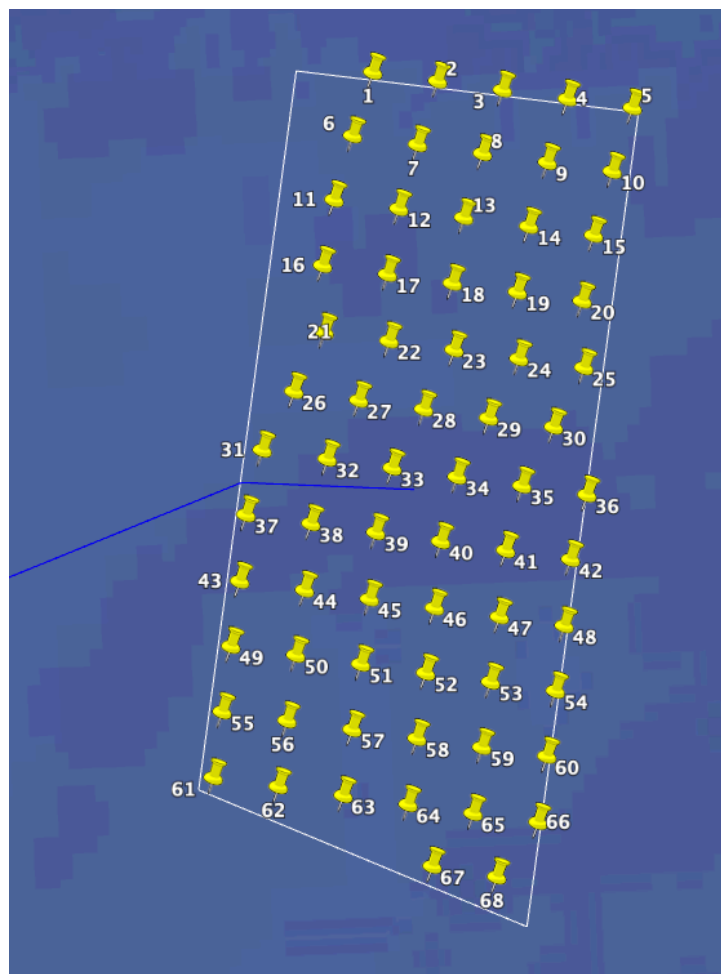
Per le **linee** è *"la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più della Dpa, si trovi all'esterno delle fasce di rispetto"*. Per le **cabine** è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra.

ANALISI DELL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO DELL'IMPIANTO EOLICO IN PROGETTO

Il cavidotto avrà il percorso indicato nella ortofoto seguente.



L'impianto nella attuale configurazione prevede l'installazione di 68 aerogeneratori.



con le seguenti caratteristiche:

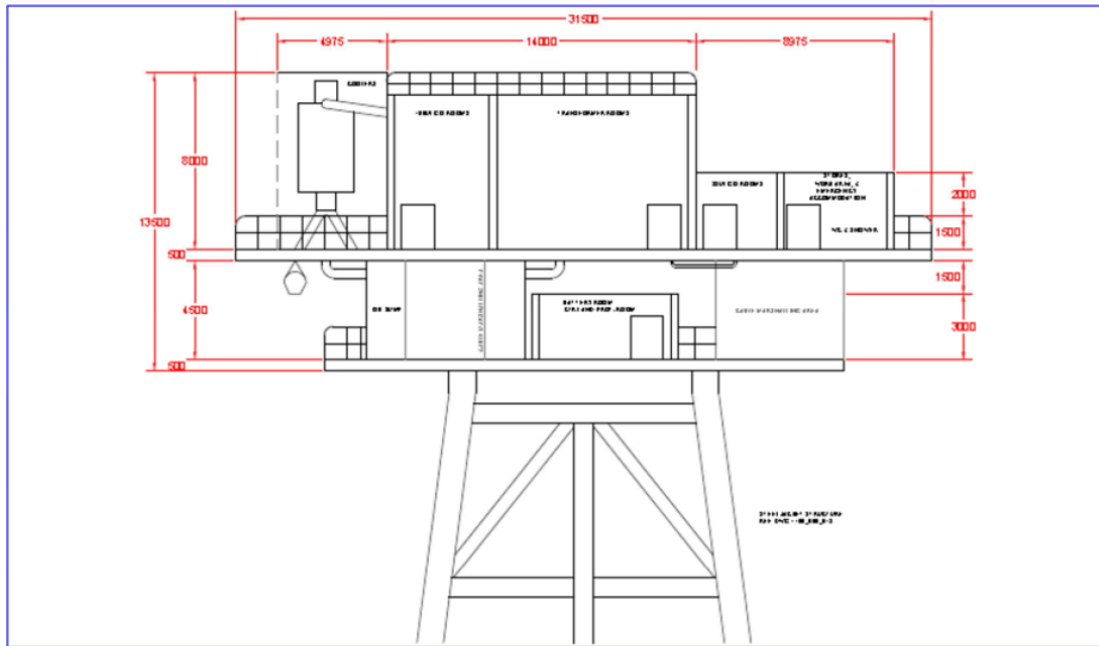
Modello	Potenza MW	Altezza mozzo dal pelo libero del mare circa m.	Diametro rotore m.	Altezza massima complessiva m.
V236	15	160	236	278

Ubicati nel golfo di Manfredonia.

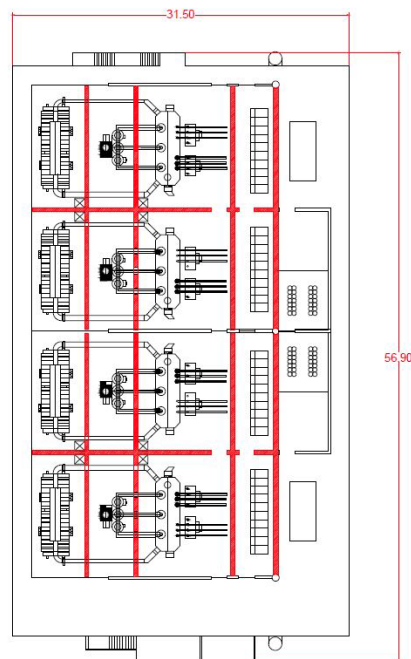
Il progetto prevede la installazione di una sottostazione di trasformazione offshore che eleverà la tensione a 380kV, ubicata tra gli aerogeneratori 33 e 34, con coordinate:

- 41°35'31.32"N, 16°12'22.78"E (in geografiche WGS84)
- 2620551 E, 4605198 N (in Gauss Boaga 2 Roma 40).

La sottostazione poggerà su fondazioni fisse a un'altezza di almeno 15 m dal livello medio del mare con un ingombro di circa 31,5 m x 57 m e un'altezza di 13-14 m.



Progetto preliminare per la Sotto stazione a mare, Prospetto



Progetto preliminare per la Sotto stazione a mare, Pianta

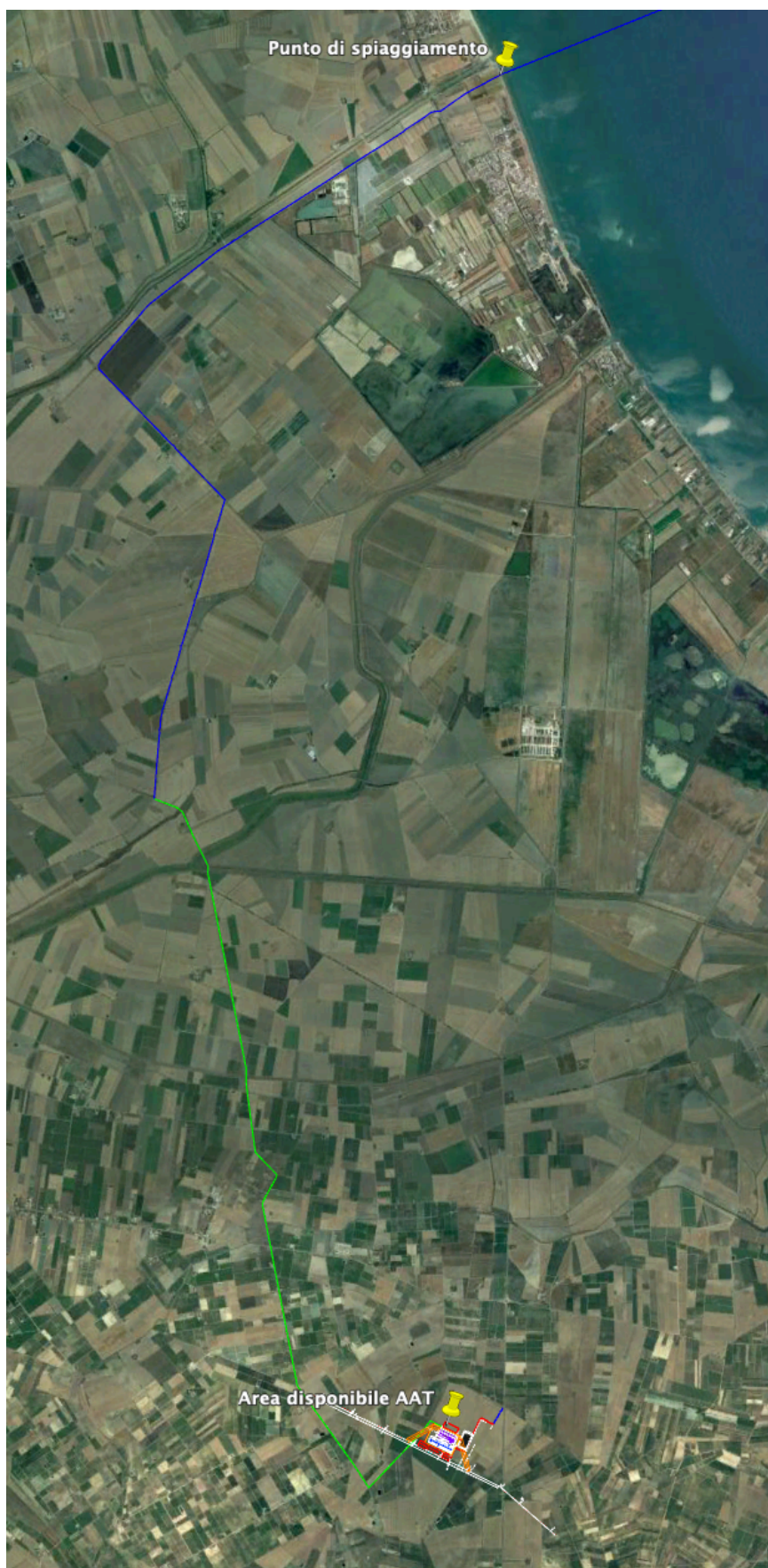
I cavi marini di trasmissione a 380 kV saranno interrati a una profondità standard di circa 1,5 m e, da 2 km dalla riva, a 2 m di profondità.

In corrispondenza della spiaggia il cavidotto avrà sempre un interrimento di 2-2,5 metri in modo da ridurre a valori nulli il campo elettromagnetico. In alternativa si dovranno adoperare cavi avvolti ad elica per i quali è dimostrato che il campo magnetico nell'intorno dei cavi avvolti ad elica è inferiore tanto più quanto è piccolo il passo dell'elica.



Lo studio che segue viene condotto per determinare la fascia di rispetto di campo elettromagnetico del cavidotto a terra.

Il percorso previsto per l'istallazione del cavidotto a terra dell'impianto eolico è ubicato a nord del centro abitato di Cerignola (FG), nei comuni di Manfredonia (FG), Cerignola (FG) e Zapponeta (FG).



Il cavidotto marino approda nel c.d. “punto di spiaggiamento” e si connette con il cavidotto di terra nella c.d. “fossa di giunzione offshore-onshore”, quest’ultima con le seguenti coordinate:

○ 41°31'20.85"N 15°54'26.18"E



fino alla “nuova stazione elettrica AT”, indicata da TERNA, ubicata in agro di Cerignola con punto di connessione (stallo) di coordinate:

Latitudine: 41°22'7.27"N

Longitudine: 15°53'39.36"E



Lo stallo prevede la consegna alla tensione di 380 kV, tensione prevista anche per tutto il cavidotto a partire dalla sottostazione di trasformazione a che viene generata dai trasformatori posti all'interno della stessa.

DIMENSIONAMENTO DELLA LINEA ELETTRICA IN CAVO INTERRATO

Per garantire una sufficiente elasticità ed indipendenza di esercizio, gli aerogeneratori saranno collegati nel tratto marino con doppia terna di cavi elettrici separati.

Analogamente gli aerogeneratori sostanzialmente avranno una disposizione radiale di 11 stringhe convergenti alla sottostazione a mare. Ogni stringa è dimensionata per raccogliere al massimo di 9 turbine.

In dettaglio, ci sono:

- Una stringa da nove aerogeneratori;
- Una stringa da otto aerogeneratori;
- Una stringa da sette aerogeneratori;
- Quattro stringhe da sei aerogeneratori;
- Quattro stringhe da cinque aerogeneratori.



Considerato il funzionamento a $\cos\phi$ pari a 0,95, poiché l'impianto è costituito da 68 aerogeneratori di potenza fino a 15/16 MW, si svilupperà una corrente di 1740 A, così ottenuta:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}V \cos\phi} = 1740 \text{ A}$$

A terra avremo dunque i seguenti parametri di partenza:

- Frequenza nominale 50 Hz
- Tensione nominale 380 kV
- Potenza nominale dell'impianto eolico 1088 MW
- Intensità di corrente nominale I_n 1740 A

Considerando una posa interrata in tubazione e le peggiori condizioni di esercizio, in base al catalogo dei cavi idonei al tipo di posa, scegliendo una sezione da 1000 mmq, si dovranno installare n.2 terne.

Poichè la portata teorica di una terna da 1000 mmq risulta pari a 1290A, considerando la resistività del terreno di circa 1,2 mK/W e i seguenti fattori correttivi:

- K1 = fattore di correzione per temperature diverse da 20 °C;
- K2 = fattore di correzione per più circuiti affiancati sullo stesso piano;
- K3 = fattore di correzione per profondità di posa diverse da 1 m;
- K4 = fattore di correzione per terreni con resistività termica diversa da 1 Km/W.

avremo:

$$I_z = 1290 \times 0.9 \times 1 \times 0.9 \times 1 = 1045 \text{ A (portata massima corretta)}$$

considerando 2 terne, si avrà:

$$I_z = 1290 \times 2 \times 1 \times 1 \times 0.9 \times 0.9 = 2090 \text{ A (portata massima di ciascuna delle 2 terne da 1000 mmq)}$$

Dunque, affinché il cavidotto sia in grado di supportare la corrente massima trasmessa dall'intero parco eolico, di dovrà verificare che:

$$I_n < I_z$$

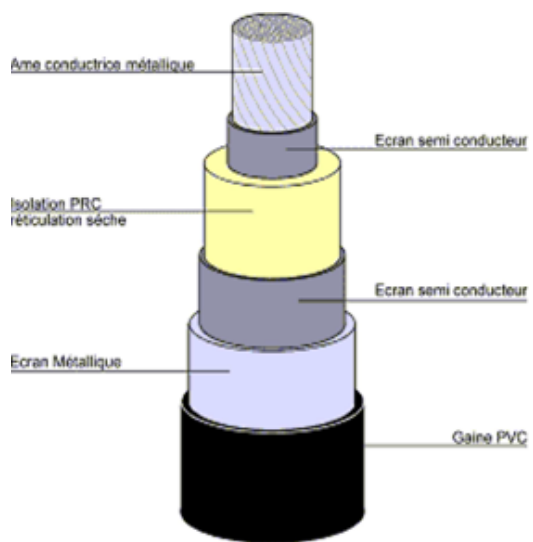
infatti $1740 < 2090$

Il cavo tripolare offshore verrà sfioccato nei 3 conduttori e sarà giuntato con un cavo unipolare onshore. Anche le fibre ottiche nel cavo offshore saranno isolate per poterle giuntare con un cavo standard in fibra ottica e saranno alloggiate separatamente dai cavi unipolari di potenza.

La fossa di giunzione sarà contenuta in un telaio di legno e metallo e protetta lateralmente da fianchi in cemento. I cavi saranno immersi in uno strato materiale stabilizzante. La fossa sarà ricoperta con lo stesso materiale in precedenza rimosso e rimarrà completamente interrata a una profondità di circa 2-2,5 metri. Le dimensioni saranno di circa 11,5 m x 7 m.

Dalla fossa di giunzione partono i cavi di trasmissione onshore fino alla sottostazione di trasformazione onshore secondo il percorso illustrato precedentemente.

Per quanto riguarda le soluzioni tecniche valutate, i cavi di TRASMISSIONE sono cavi monopolari XLPE con un'anima in rame attornita da vari livelli d'isolamento in materiale plastico, materiale semiconduttore, alluminio e guaina finale in PVC (si veda Figura seguente).



I cavi di potenza saranno terne unipolari del tipo ARG7H1(AR)E-AIR-BAG in rame sezioni da 1000mmq idonei anche alla posa direttamente interrati senza protezione meccanica in conformità alla modalità di posa "L" figura 3.6 e punto 4.3.11 della norma CEI 11-17 Fascicolo 8402.

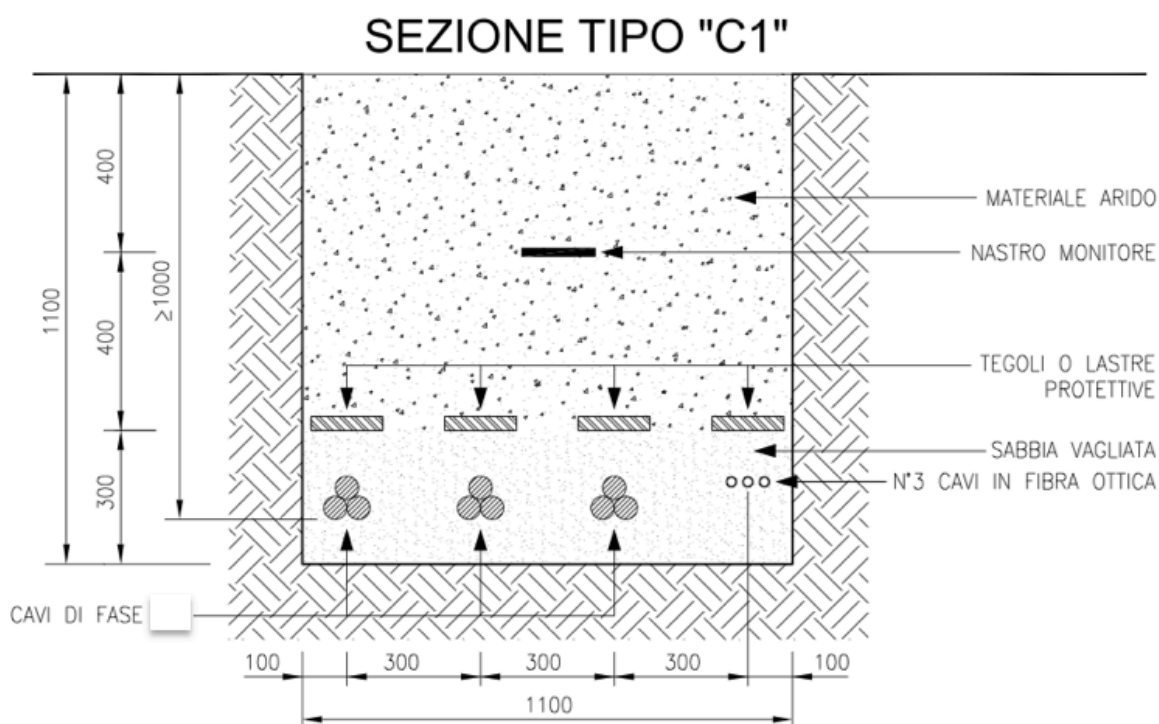
Modalità di posa elettrodotto interrato

La posa interrata dei cavi avverrà a una profondità maggiore di m.1,20 e una adeguata protezione meccanica sarà posta sui cavi stessi, sempre in conformità alla modalità di posa "L" della Norma C.E.I 11-17.

Prima della posa dei cavi verrà ricoperto il fondo dello scavo (letto di posa) con uno strato di sabbia avente proprietà dielettriche e per uno spessore secondo il tipico applicabile.

Sarà installata una rete in PVC (nastro monitor) di colore bianco-rosso per protezione e segnalazione dei cavi interrati.

La sezione tipo del cavidotto con tensione a 380kV di collegamento del campo eolico alla stazione primaria è la seguente:



Alla figura sopra esposta va eliminata una terna e, pertanto, si avrà una larghezza di 800 mm.

Per il sistema di supervisione e comunicazione è impiegato un cavo a fibra ottica con caratteristiche conformi alla sopracitata norma CEI 11-17.

Per il collegamento equipotenziale viene impiegato un conduttore di rame nudo di sezione pari a 50mmq.

Tutti gli impianti in bassa e media tensione saranno realizzati secondo le prescrizioni della norma CEI 11-1 con particolare riferimento alla scelta dei componenti della disposizione circuitale, degli schemi elettrici, della sicurezza di esercizio.

Più in generale, le modalità di connessione saranno conformi alle disposizioni tecniche emanate dall'autorità per l'energia elettrica e il gas, al Gestore della rete di distribuzione ed in completo accordo con disposizioni e consuetudini tecniche dell'ENEL e con le regole tecniche di connessione previste dal GRTN.

CALCOLO DELLE FASCE DI RISPETTO

Linee in cavo interrato

La norma CEI106-12 indica le formule approssimate per il calcolo dell'induzione magnetica prodotta da un sistema trifase di conduttori rettilinei disposti tra loro parallelamente e percorsi da una terna di correnti equilibrate e simmetriche. Successivamente dimostra che il campo magnetico nell'intorno dei cavi avvolti ad elica è inferiore tanto più quanto è piccolo il passo dell'elica.

Nel progetto presentato si considera la condizione di posa più sfavorevole dal punto di vista di emissioni di campi elettromagnetici in considerazione che, eventuali soluzioni alternative come l'utilizzo di cavi cordati ad elica, possono solo migliorare la criticità dovuta a tale fenomeno emissivo:

- la disposizione delle terne di cavi sarà in piano. Pertanto, in tale configurazione, si applica la formula per conduttori rettilinei disposti in piano e parallelamente;
- si considera il tipico C1 perché genera una fascia di rispetto di maggiore ampiezza essendo maggiore la distanza tra i conduttori;
- gli elettrodotti interrati presentano distanze rilevanti da edifici abitati o stabilmente occupati;
- la corrente viene distribuita alternata e non continua, riducendo così le perdite a parità di tensione.

VALORE DEL CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO INDOTTO DAI CAVIDOTTI INTERRATI

Campo elettrico

Il campo elettrico risulta ridotto in maniera significativa per l'effetto combinato dovuto alla speciale guaina metallica schermante del cavo ed alla presenza del terreno che presenta una conducibilità elevata. Per le linee elettriche di AT a 50Hz, i campi elettrici misurati attraverso prove sperimentali sono risultati praticamente nulli, per l'effetto schermante delle guaine metalliche e del terreno sovrastante i cavi interrati.

Considerando:

- la tipologia di posa dei cavi previsti in progetto;
- la tipologia di cavidotto definito in progetto: trifase unipolare;

si è stimato il valore del campo elettromagnetico, o meglio le distanze dal cavidotto, che garantiscono il rispetto dei limiti normativi, mediante le formule matematiche per il calcolo del campo magnetico.

Campo magnetico

Il valore del campo magnetico indotto dipende dal valore di corrente elettrica che attraversa il conduttore. Pertanto per il calcolo del valore del campo magnetico si è preso in considerazione la linea elettrica interrata destinata al trasporto dell'energia elettrica prodotta dall'intero impianto, ossia si è considerato il cavidotto che raccoglie tutta l'energia elettrica prodotta dall'impianto **eolico** (caso peggiore dal punto di vista dell'induzione di campi elettromagnetici).

Di seguito vengono riportati i risultati delle elaborazioni eseguite per determinare la DPA e la fascia di rispetto.

La situazione in esame è rappresentata da terne di cavi posati in piano lungo direttrici parallele.

La formula della distanza dal baricentro della configurazione di terne di conduttori (che rappresenta la scelta progettuale adottata per $B=3\mu T$) è la seguente:

$$B = 0,2 \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{S \cdot I}{R^2}$$

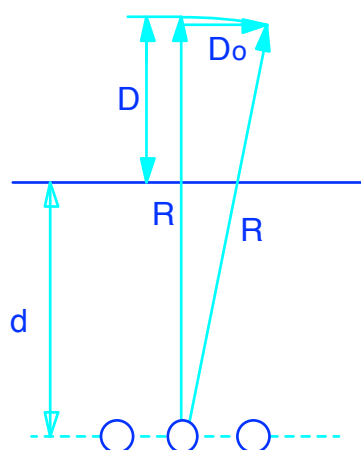
dove:

S rappresenta la distanza tra le generatrici delle terne dei conduttori

R è la distanza o raggio dal centro geometrico dei conduttori rispetto al quale corrisponde un valore di induzione magnetica B pari a $3 \mu T$.

Se a R sottraiamo la distanza di profondità di posa dei conduttori, che nel caso specifico è di circa metri 1,20 otteniamo la distanza di rispetto al di sopra del terreno.

$$D = R - d$$



Inoltre con la relazione seguente può calcolarsi la distanza D_0 in orizzontale dopo la quale il valore della induzione magnetica scende sotto i $3 \mu\text{T}$:

$$D_0 = (0,115 * S * I - d^2)^{0,5}$$

I calcoli per la determinazione della DPA sono stati eseguiti con il valore della corrente "I" intesa come corrente nominale di tratta riferita al numero massimo di aerogeneratori collegati con l'ipotesi di posa a profondità 1,2 m, presenza di altri cavi in trincea e resistività del terreno $1,2 \text{ mK/W}$.

Utilizzo degli aerogeneratori da 15/16 MW

Sezione a valle dell'intero parco eolico con 68 aerogeneratori:

- Frequenza nominale: 50 Hz
- Tensione nominale: 380 kV
- Potenza nominale: 1088 MW
- Corrente massima generabile alla tensione di 380kV con 2 terne: 2090A
- Distanza (S) tra le generatrici dei cavi: 0,3m

Imponendo il limite di legge:

Obiettivo qualità $B = 3 \mu\text{T}$ -> $R = 3,98\text{m}$; **$D=2,78\text{m}$** ; $D_0 = 3,97\text{m}$

Se consideriamo che la profondità dei cavi sarà non inferiore a metri 1,20 il vettore R che parte dal baricentro dei cavi in direzione verticale avrà. Nella peggiore delle ipotesi, una estensione pari a $R=3,98\text{m}$; la distanza verticale a partire dalla superficie del terreno all'interno della quale è corretto ritenere che non ci sia presenza di persone risulta pari a $D = 2,78\text{m}$, la stessa si estende in orizzontale per $D_0 = 3,97\text{m}$.

CONCLUSIONI SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO INDOTTO DAL CAVIDOTTO E DALLA CABINA DI TRASFORMAZIONE

Da quanto riportato nei precedenti paragrafi, nonché nei calcoli sopra eseguiti, risulta evidente che i campi generati sono tali da rientrare nei limiti di legge.

Affinchè il valore del campo elettromagnetico scenda a $3 \mu\text{T}$ lungo tutta la spiaggia attraversata dal cavidotto dovremo interrare lo stesso ad una profondità di m.3,98. In alternativa si dovranno adoperare cavi avvolti ad elica per i quali è dimostrato che il campo magnetico nell'intorno dei cavi avvolti ad elica è inferiore tanto più quanto è piccolo il passo dell'elica.

La fascia di rispetto per il cavidotto calcolata con l'obiettivo qualità da considerarsi sull'area al di sopra dello scavo, cioè dal piano strada, risulta estesa per una distanza verticale di $D = \text{m.2,78}$ e per una estensione in orizzontale pari a $D_0 = \text{m.3,97}$.

Dalla verifica puntuale di tutto il percorso del cavidotto e in prossimità della cabina utente 66/380kV non esistono recettori sensibili all'interno delle fasce di rispetto come sopra definite.

Pertanto, dal punto di vista della compatibilità elettromagnetica il l'impianto nel complesso è conforme alla normativa vigente.