



# Tibula Energia S.r.l.

## Progetto Preliminare per la Realizzazione di un Parco Eolico Offshore - Olbia - Tibula Energia

### Relazione Tecnica - Valutazione di Impatto per Emissioni Elettromagnetiche (EMF) sulla Fauna Marina

Doc. No. P0025305-6-SAN-H9 Rev.00 - Febbraio 2023

Rev.	Descrizione	Preparato da	Controllato da	Approvato da	Data
00	Prima Emissione	Fulvio Fossa	Andrea Giovanetti	Marco Compagnino	Febbraio 2023

Tutti i diritti, traduzione inclusa, sono riservati. Nessuna parte di questo documento può essere divulgata a terzi, per scopi diversi da quelli originali, senza il permesso scritto di RINA Consulting S.p.A.

## INDICE

	Pag.
<b>LISTA DELLE FIGURE</b>	<b>2</b>
<b>ABBREVIAZIONI E ACRONIMI</b>	<b>2</b>
<b>1   PREMESSA</b>	<b>3</b>
<b>2   SCOPO DEL DOCUMENTO</b>	<b>4</b>
<b>3   CAMPI ELETTROMAGNETICI EMESSI DA CAVI SOTTOMARINI</b>	<b>5</b>
<b>4   EFFETTI DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI SULLA FAUNA MARINA</b>	<b>7</b>
<b>5   EFFETTI DEL CALORE EMESSO DAI CAVI SULL'ECOSISTEMA MARINO</b>	<b>8</b>
<b>6   MISURE DI MITIGAZIONE</b>	<b>9</b>
6.1   TIPOLOGIA DEL CAVO	9
6.2   INTERRAMENTO DEL CAVO	10
<b>7   CONCLUSIONI</b>	<b>11</b>
<b>REFERENZE</b>	<b>12</b>

## LISTA DELLE FIGURE

Figura 1.1:	Layout generale degli elementi di progetto Tibula Energia	3
Figura 3.1:	Vista delle posizioni dei singoli aerogeneratori e delle sottostazioni elettriche offshore e del tracciato preliminare del cavidotto marino	6
Figura 6.1:	Esempio di cavo di collegamento a 66 kV / 220 kV e tipico di sezione	10

## ABBREVIAZIONI E ACRONIMI

<b>AC</b>	Corrente Alternata
<b>CEM</b>	Campo Elettromagnetico
<b>DC</b>	Corrente Continua
<b>EMF</b>	Electro Magnetic Field
<b><math>\mu</math>T</b>	Micro Tesla
<b>V</b>	Volt

## 1 PREMESSA

La presente relazione è stata predisposta per Tibula Energia S.r.l., società controllata dal partenariato di Falck Renewables S.p.A., operatore internazionale nel campo delle energie rinnovabili, attivo nello sviluppo, nella progettazione, realizzazione e gestione di impianti di produzione di energia pulita da fonte eolica e solare e presente in 13 paesi e BlueFloat Energy, uno sviluppatore internazionale di progetti offshore con un'esperienza unica nella tecnologia galleggiante.

Tibula Energia è intenzionata a realizzare un parco eolico offshore composto da 65 aerogeneratori, per una taglia totale di 975 MW, ubicato nello specchio d'acqua in corrispondenza della costa nord orientale della Sardegna, tra il comune di Olbia (SS) ed il comune di Siniscola (NU).

La scelta di tale sito è stata effettuata tenendo conto della risorsa eolica potenzialmente disponibile, della distanza dalla costa, della profondità, della conformazione del fondale, dei possibili nodi di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) gestita da Terna S.p.A. e, non da ultimo, minimizzando/evitando il più possibile le aree di potenziale maggior interferenza a livello ambientale. In questa zona il fondale ha una profondità molto variabile e in particolare l'area scelta per l'installazione delle turbine varia dai 1000 m ai 1300 m circa.

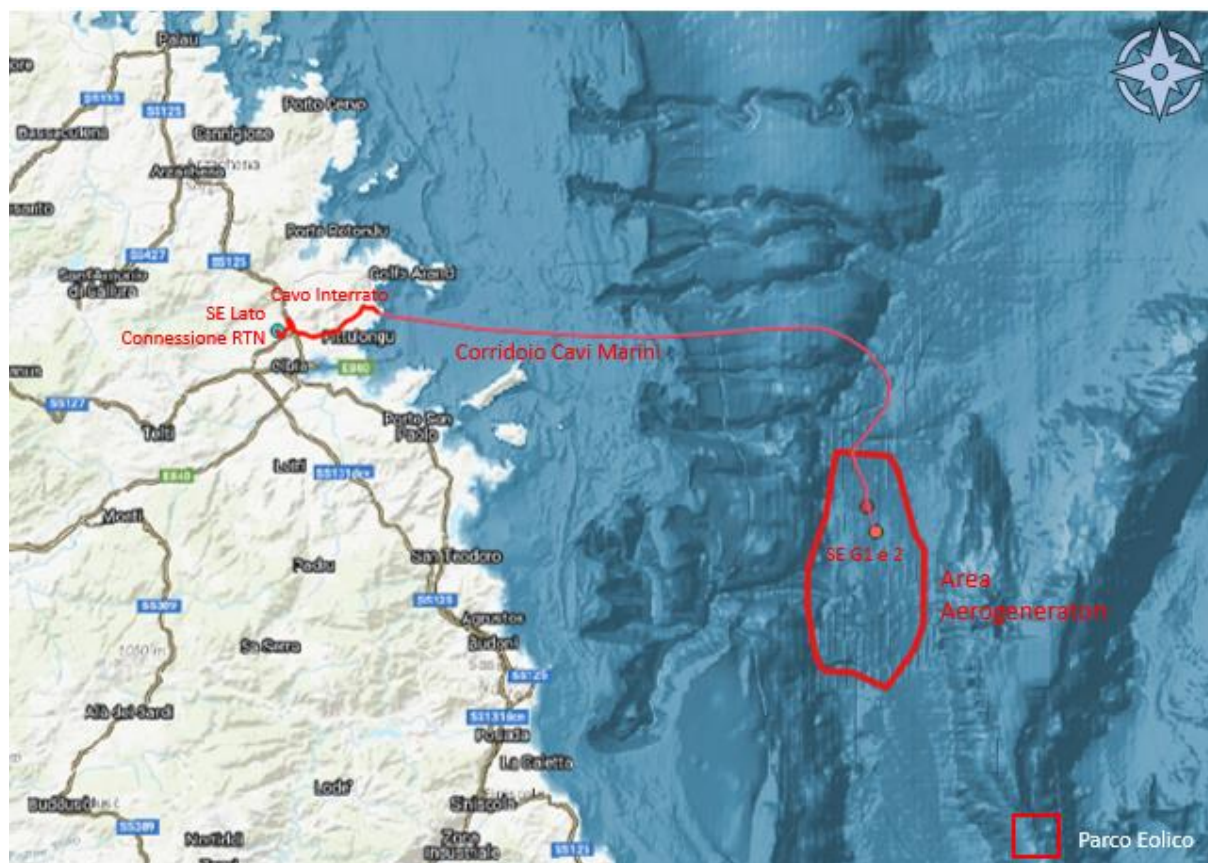


Figura 1.1: Layout generale degli elementi di progetto Tibula Energia

## 2 SCOPO DEL DOCUMENTO

La costruzione di un parco eolico prevede l'installazione di cavi sottomarini per il trasporto di energia alla rete elettrica nazionale a terra.

Durante la fase operativa, i cavi producono campi elettrici e campi magnetici. I campi elettrici sono generalmente confinati nella parte interna del cavo mediante l'utilizzo di guaine e armature altamente conduttive; d'altra parte, la tecnologia di isolamento attualmente disponibile risulta solo parzialmente efficace nella schermatura di emissioni elettromagnetiche che pertanto possono costituire un potenziale impatto sull'ambiente marino circostante.

Il sistema di cavi associato ai parchi eolici offshore comporta quindi l'emissione di campi elettromagnetici che interessano le aree limitrofe al cavo e, di conseguenza, le specie faunistiche che le abitano. Tuttavia, in base alle informazioni disponibili (Copping 2018) non vi è evidenza di alcun impatto (positivo o negativo) sulla fauna marina durante la fase operativa di un parco eolico.

Scopo di questo studio è la valutazione, in via previsionale, del possibile impatto potenziale correlato alla produzione di campi elettromagnetici dovuti all'installazione del parco eolico sulle specie faunistiche marine più sensibili ai possibili effetti e che potenzialmente frequentano l'area interessata dal progetto.

Lo studio illustra:

- ✓ la natura dei campi elettromagnetici marini generati dalla presenza di cavi elettrici (Cap. 3);
- ✓ i possibili effetti dei campi elettromagnetici sulle specie faunistiche marine di maggior sensibilità (Cap. 4);
- ✓ i possibili effetti del calore generato dai cavi elettrici sottomarini sulle specie faunistiche marine di maggior sensibilità (Cap. 5);
- ✓ possibili misure di mitigazione adottabili per eliminare o ridurre i potenziali impatti dei campi elettromagnetici e del calore (Cap. 6);
- ✓ le conclusioni (Cap. 7).

### 3 CAMPI ELETTROMAGNETICI EMESSI DA CAVI SOTTOMARINI

L'attenzione verso i potenziali effetti ecologici sull'ambiente connessi con i campi elettromagnetici (EMF) è in continua crescita per via dei possibili impatti ambientali (Taormina et al., 2018).

I campi elettromagnetici sono generati dal flusso di corrente che passa attraverso i cavi elettrici durante il funzionamento e possono essere distinti in:

- ✓ campi elettrici (indicati col simbolo E, misurati in volt per metro, Vm-1);
- ✓ campi magnetici (indicati col simbolo B, misurati in  $\mu$ T).

I campi elettrici aumentano in funzione dell'aumento della tensione e possono raggiungere i 1000  $\mu$ V/m per un cavo elettrico (Gill and Taylor, 2001), ma sono in genere efficacemente confinati all'interno dei cavi dall'armatura. Le caratteristiche dei campi elettromagnetici dipendono dal tipo di cavo (distanza tra i conduttori, bilanciamento del carico tra le fasi nel cavo, ecc.), dalla potenza e dal tipo di corrente (corrente continua o alternata).

Quando il cavo elettrico è interrato, lo strato di sedimento non elimina completamente il campo elettromagnetico generato, ma riduce l'intensità del campo elettromagnetico che risulta maggiore a contatto diretto con il cavo (CMACS, 2003).

La forza dei campi magnetici ed elettrici indotti aumenta proporzionalmente con il flusso di corrente e diminuisce rapidamente con la distanza dal cavo (Normandeu Associates Inc 2011). Correnti elettriche con intensità di 1600 A sono comuni nei cavi sottomarini. In conseguenza, campi magnetici di circa 3200  $\mu$ T sono generati, diminuendo a 320  $\mu$ T a 1m di distanza, 110  $\mu$ T a 4m e valori simili a quelli del campo magnetico terrestre (50  $\mu$ T) già ai 6m (Bocher and Zettler, 2006).

Il campo magnetico varia notevolmente in funzione del tipo di cavo, e la modellazione del campo magnetico indotto, sia da corrente continua, sia alternata, mostra eterogeneità di valori (1-160  $\mu$ T alla superficie del cavo (Normandeu Associates Inc 2011).

I cavi sottomarini sono specificamente progettati per trasmettere correnti elettriche nelle seguenti forme:

- ✓ corrente alternata (AC);
- ✓ corrente continua (DC).

Il tipo di trasmissione utilizzata è in genere determinata dalla capacità e dalla lunghezza della linea di trasmissione, così come da questioni commerciali. Per esempio, una linea DC può trasmettere più potenza di una linea AC delle stesse dimensioni, ma è più costosa. La trasmissione AC presenta alcune limitazioni poiché il flusso di potenza reattiva dovuto alla grande capacità del cavo provoca una perdita di potenza, che poi limita la distanza massima di trasmissione (< 100 km).

La corrente continua è quindi l'unica opzione tecnica praticabile per i collegamenti via cavo a lunga distanza. La corrente alternata è più frequentemente utilizzata nelle reti di collegamento tra sistemi marini di produzione di energia rinnovabile (Copping et al., 2016).

I cavi in uso oggi includono sistemi monopolari, bipolari e trifase. I diametri sono compresi tra 5 e 30 cm e pesano tra 15 e 120 kg/m.

Esistono diversi metodi per isolare i cavi elettrici al fine di contenere i campi elettrici emessi. Sistemi specifici sono stati proposti per i cavi dinamici, con strati di armatura e componenti interni specifici. Infatti, la loro posizione elevata nella colonna d'acqua li rende più suscettibili alla fatica per sollecitazione e torsione causata dall'idrodinamica (in particolare in caso di mareggiate).

Con specifico riferimento al Progetto in esame, come riportato nella Relazione Tecnica Illustrativa (Doc. No. P0025305-6-SAN-H1), l'analisi delle emissioni elettromagnetiche generate dagli elettrodotti di collegamento del parco eolico offshore dovrà essere effettuata considerando la posa dell'elettrodoto marino in AT sul fondale e protezione con materiali compatibili con le caratteristiche locali del fondale.

L'emissione elettromagnetica imputabile al cavo marino potrebbe essere, per le caratteristiche fisiche di sistemazione dei conduttori elettrici all'interno del corpo del cavo, assai limitata. Per esempio, la disposizione a trifoglio con cordatura elicoidale determina l'annullamento della risultante di campo nel dominio del cavo e il suo rapido decadimento all'esterno dello stesso cosicché, l'obiettivo di qualità di 3  $\mu$ T riportato in pubblicazione ISPRA, viene raggiunto, per questa tipologia di cavo, entro un metro di distanza dal cavo.

Secondo lo schema elettrico preliminare del progetto, gli impianti sono così suddivisi:

- ✓ L'impianto Tibula Energia – sez. A è costituito da 20 aerogeneratori, suddivisi su 4 stringhe, per una potenza complessiva pari a 300 MW, il cui modello e la cui fornitura, fermo restando le caratteristiche tecniche essenziali più diffuse in ambito ingegneristico, saranno definite nel dettaglio alla luce dello stato dell'arte e della disponibilità di mercato;
- ✓ L'impianto Tibula Energia – sez. B è costituito da 20 aerogeneratori, suddivisi su 4 stringhe, per una potenza complessiva pari a 300 MW, il cui modello e la cui fornitura, fermo restando le caratteristiche tecniche essenziali più diffuse in ambito ingegneristico, saranno definite nel dettaglio alla luce dello stato dell'arte e della disponibilità di mercato;
- ✓ L'impianto Tibula Energia – sez. C è costituito da 25 aerogeneratori, suddivisi su 5 stringhe, per una potenza complessiva pari a 375 MW, il cui modello e la cui fornitura, fermo restando le caratteristiche tecniche essenziali più diffuse in ambito ingegneristico, saranno definite nel dettaglio alla luce dello stato dell'arte e della disponibilità di mercato.

La tecnologia che si è scelto di utilizzare nel presente progetto, per tutte le sezioni che lo compongono, è quella detta delle turbine eoliche galleggianti. Tale tecnologia permette di realizzare impianti distanti dalla costa su fondali profondi con impatti ambientali trascurabili. La tipologia realizzativa indicata consente il miglior sfruttamento della risorsa eolica in loghi particolarmente favorevoli altrimenti inutilizzabili a causa della profondità del fondale.

La figura seguente mostra il posizionamento degli aerogeneratori, delle sottostazioni e del cavidotto preliminare sottomarino.



Figura 3.1: Vista delle posizioni dei singoli aerogeneratori e delle sottostazioni elettriche offshore e del tracciato preliminare del cavidotto marino

## 4 EFFETTI DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI SULLA FAUNA MARINA

Per quanto riguarda i possibili impatti sulla fauna marina, diverse specie di fauna marina distribuite globalmente sono note per essere sensibili ai campi elettromagnetici, tra queste:

- ✓ elasmobranchi (razze e squali);
- ✓ pesci ossei;
- ✓ mammiferi marini;
- ✓ tartarughe marine;
- ✓ molluschi;
- ✓ crostacei.

Infatti, è noto che la maggior parte di questi taxa utilizza il campo geomagnetico terrestre per l'orientamento e la migrazione (Lohman and Ernst, 2014). Alcune specie, come gli elasmobranchi, sono elettrosensibili e sono in grado di rilevare i campi elettrici attraverso specifici organi sensoriali chiamati "le ampolle di Lorenzini". Questo elettrosenso può essere utilizzato per rilevare campi elettrici emessi da prede, conspecifici o potenziali predatori, così come per l'orientamento (Gill et al., 2014). Si suppone ad esempio che alcuni episodi di morsi osservati su cavi elettrici non interrati possono essere legati al campo elettrico emesso dai cavi.

Gli elasmobranchi, ad esempio, possono rilevare campi elettrici e campi magnetici di intensità anche molto bassa (Bochert and Zettler, 2006). I cavi elettrici che producono campi magnetici di intensità elevata possono allontanare molte specie di elasmobranchi, modificando o impedendo alcuni movimenti tra aree di importanza ecologica per le specie (come aree di alimentazione, accoppiamento e riproduzione).

Studi focalizzati a studiare gli effetti dei campi elettromagnetici emessi dai cavi sottomarini su diverse specie di elasmobranchi hanno mostrato che la risposta sembra essere specifica della specie, forse anche degli individui (Gill et al., 2009).

Per quel che riguarda i pesci ossei (teleostei) è dimostrato che alcune specie utilizzano i campi elettromagnetici per orientare le proprie migrazioni, come ad esempio le anguille (*Anguilla anguilla*) che sembra modulare la propria velocità di nuoto in funzione dell'intensità del campo magnetico terrestre (Westerberg and Lagenfelt, 2008). Inoltre, secondo quanto riportato nelle linee guida OSPAR (2012) i pesci teleostei marini mostrano reazioni fisiologiche ai campi elettrici a intensità di campo minime di 7 mV / m e risposte comportamentali a 0,5-7,5 V / m (Poleo et al. 2001).

Per quanto riguarda gli invertebrati, i dati sono scarsi ad eccezione di alcuni studi relativi a impatti minori o non significativi di campi elettromagnetici antropogenici su invertebrati bentonici (Bochert and Zettler, 2006). Tuttavia, un recente studio sperimentale eseguito da Hutchison et al. (2018), evidenzia un sottile cambiamento nell'attività comportamentale dell'aragosta americana (*Homarus americanus*) quando esposta ai campi elettromagnetici di un cavo HVDC.

Per quel che riguarda i possibili effetti su mammiferi marini, tartarughe marine e specie pelagiche in generale, si denota una generale lacuna di dati che non permette di quantificare e valutare gli eventuali impatti dei campi elettromagnetici sulle specie potenzialmente presenti nell'area interessata dalla posa del cavo. L'unico mammifero marino attualmente noto per mostrare una qualsiasi risposta ai campi elettromagnetici è il delfino della Guiana (*Sotalia guianensis*) che ha dimostrato di possedere un sistema elettrorecettivo che utilizza le cripte vibrissali sul rostro per rilevare stimoli elettrici tipo quelli generati da pesci di piccole e medie dimensioni (Czech-Damal et al. 2013).

In conclusione, la presenza di campi elettromagnetici può potenzialmente comportare un'interferenza con le specie faunistiche marine maggiormente sensibili, con particolare attenzione agli organismi bentonici e demersali che vivono negli strati più bassi della colonna d'acqua, in prossimità del fondo.

Le conseguenze dei campi elettromagnetici possono includere i seguenti effetti:

- ✓ effetti sulle interazioni predatore/preda;
- ✓ effetti di allontanamento/attrazione e altri effetti comportamentali;
- ✓ effetti sulle capacità di navigazione/orientamento delle specie;
- ✓ effetti fisiologici e di sviluppo.



## 5 EFFETTI DEL CALORE EMESSO DAI CAVI SULL'ECOSISTEMA MARINO

Quando l'energia elettrica viene trasportata, una certa quantità viene persa come calore per effetto Joule, portando ad un aumento della temperatura sulla superficie del cavo e un conseguente riscaldamento dell'ambiente immediatamente circostante (OSPAR, 2012).

Il flusso costante di acqua intorno a un cavo posato o dinamico tende a dissipare l'energia termica che risulta limitata alla superficie del cavo. Tuttavia, per i cavi interrati, la radiazione termica può riscaldare il sedimento circostante a diretto contatto con il cavo, anche a diverse decine di centimetri di distanza da esso, soprattutto in presenza di sedimenti coesivi. L'emissione di calore è più alta nei cavi percorsi da corrente alternata piuttosto che in quelli a corrente continua a parità di trasmissione. L'emissione di calore può essere modulata in funzione delle caratteristiche fisiche e della tensione elettrica del cavo, della profondità, del tipo di fondo (conduttività termica, ecc.) e delle caratteristiche fisiche dell'ambiente (OSPAR, 2012).

Nonostante l'evidenza della radiazione termica dai cavi sottomarini, esistono pochi studi sull'argomento e la maggior parte consiste in modellazione numerica. Uno dei rari studi di misurazione sul campo ha riguardato l'impianto eolico offshore di Nysted (capacità massima di produzione di circa 166 MW), caratterizzato dalla presenza di due cavi AC di 33 e 132 kV interrati in una zona di sabbia a granulometria media, a circa 1 m di profondità. I risultati hanno mostrato un massimo aumento di temperatura di circa 2,5 °C a 50 cm direttamente sotto il cavo (Meißner et al., 2006).

La trasposizione di questi risultati ad altre località è difficile, considerando il gran numero di fattori che influenzano la radiazione termica, e sono necessari altri studi sul campo per ottenere una migliore comprensione degli effetti della radiazione termica.

Gli aumenti di temperatura vicino al cavo possono modificare le proprietà chimiche e fisiche del substrato, come la concentrazione di ossigeno (profondità dell'interfaccia redox) e, indirettamente, lo sviluppo delle comunità di microrganismi e/o l'attività batterica.

La temperatura può potenzialmente causare piccoli cambiamenti spaziali nella struttura della comunità bentonica attraverso la modifica del comportamento migratorio, con le specie criofiliche che vengono escluse dal percorso del cavo a favore di altre specie più tolleranti.

Dalle informazioni note in materia gli impatti dell'aumento di temperatura locale causato da cavi elettrici sulle comunità bentoniche (diversità della macrofauna o struttura e funzionamento microbico) sono stati raramente esaminati, e mancano indagini in situ. Inoltre, gli studi che utilizzano aumenti di temperatura controllati appaiono spesso irrealistici per quanto riguarda l'estensione del presunto riscaldamento. Questa considerevole lacuna di conoscenza impedisce di trarre conclusioni certe sugli impatti ecologici della radiazione termica di lunga durata sugli ecosistemi, ma considerando la ristrettezza del corridoio e la prevista debolezza della radiazione termica, i potenziali impatti non sono considerati significativi.

## 6 MISURE DI MITIGAZIONE

Dal momento che il posizionamento e la messa in opera dei cavi sottomarini possono influenzare l'ambiente marino, esistono delle linee guida che prevedono l'eventuale applicazione di opportune misure di mitigazione (OSPAR 2009).

Le misure disponibili per minimizzare o evitare la maggior parte degli impatti ambientali causati dalla posa e utilizzo dei cavi sottomarini si differenziano a seconda del possibile impatto generato.

Nella fattispecie, per quanto riguarda le emissioni dei campi EMF ed il calore generato dal passaggio di corrente, le misure di mitigazione più adeguate sono individuate nelle seguenti azioni:

- ✓ interrimento del cavo;
- ✓ accurata scelta della tipologia del cavo.

### 6.1 TIPOLOGIA DEL CAVO

I campi elettrici generati direttamente sono considerati controllabili da un'adeguata schermatura, ad esempio mediante piastre d'acciaio, guaine all'interno del cavo che isolano il conduttore, ecc. Tuttavia, può verificarsi un campo elettrico indotto generato dal campo magnetico. In caso di elevati flussi di corrente durante la trasmissione di energia i campi elettrici vicino al conduttore superano significativamente i valori tipici in condizioni naturali.

Il verificarsi di campi magnetici associati alla trasmissione di energia è meglio limitato dalla compensazione del campo che si ottiene utilizzando modelli appropriati di posizionamento del conduttore/cavo e/o la geometria della configurazione. Quando si usano due cavi separati a conduttore singolo per una trasmissione in corrente continua, essi dovrebbero essere sepolti nel fondo marino parallelamente e alla minima distanza possibile l'uno dall'altro ("*close lying*"), in maniera che i campi magnetici tendano a neutralizzarsi. In un cavo a due conduttori questa neutralizzazione raggiunge idealmente il 100% quando si usa un design coassiale e nessun campo elettrico sarà indotto e potrebbe quindi essere considerato e, dove opportuno, applicato come misura di prevenzione se necessaria.

Nel caso di sistemi di trasmissione AC, il campo magnetico è meglio limitato utilizzando cavi a tre conduttori che portano ad una neutralizzazione quasi completa del campo sulla superficie del cavo, poiché la somma delle tensioni e delle correnti delle tre fasi è zero in qualsiasi momento. Se si usano tre cavi a conduttore singolo, di nuovo devono essere installati il più vicino possibile e in parallelo l'uno all'altro per ottenere una sufficiente compensazione del campo. In ogni caso un campo elettrico sarà indotto nei materiali conduttivi circostanti come l'acqua salata.

Infine, per ridurre l'impatto ambientale della radiazione termica, le misure di mitigazione appropriate sulla scelta del tipo di cavo possono includere l'uso di sistemi di trasmissione HVDC invece di cavi AC per interconnettori e connettori di parchi eolici. Inoltre, l'uso di un sistema di trasmissione bipolare invece di due cavi monopolari separati porterà a una riduzione dell'area riscaldata.

Come riportato nella Relazione Tecnica Illustrativa (Doc. No. P0025305-6-SAN-H1), le linee elettriche AT di connessione degli aerogeneratori, funzionanti a 66kV, e le linee di collegamento dal mare alla costa, funzionanti a 220 kV, saranno costituite da cavi tripolari armati – in rame o alluminio, comprensivi di fibra ottica monomodale il cui tubetto è inglobato all'interno dell'armatura del conduttore - idonei alla posa sottomarina. In prossimità della costa saranno realizzate delle giunzioni tra conduttori marini e conduttori terrestri funzionanti alla medesima tensione.

Allo stato attuale, come presentato negli schemi unifilari documentati in **Error! Reference source not found.** e **Error! Reference source not found.**, per l'interconnessione degli aerogeneratori è prevista una linea marina in cavo a 66 kV avente sezione pari a 800 mm<sup>2</sup> con anima in rame e isolamento in EPR, mentre per il trasporto dell'energia dalla OSS fino a terra è prevista una linea marina in cavo a 220 kV avente sezione pari a 800 mm<sup>2</sup> con anima in rame e isolamento in EPR.



Figura 6.1: Esempio di cavo di collegamento a 66 kV / 220 kV e tipico di sezione

## 6.2 INTERRAMENTO DEL CAVO

Poiché la forza dei campi magnetici e dei campi elettrici (indotti) diminuisce in funzione della distanza dal cavo, un'ulteriore riduzione dell'esposizione delle specie marine ai campi elettromagnetici può essere ottenuta con l'interramento dei cavi. Il sedimento non ha alcun effetto schermante, ma l'interramento dei cavi riduce l'esposizione delle specie sensibili ai campi elettromagnetici aumentando la distanza degli organismi dal cavo.

L'aumento di temperatura indotto dal cavo nello strato superiore del fondo marino dipende, tra gli altri fattori, dalla profondità di interramento del cavo. Per ridurre l'aumento di temperatura si dovrebbe definire una profondità di interramento appropriata. Ci sono evidenze che vari organismi marini possono reagire sensibilmente ad un aumento anche limitato della temperatura ambientale.

Sulla base delle conoscenze attuali, tuttavia, non è ancora possibile specificare in rapporto a quale aumento di temperatura nel sedimento ci si possono aspettare conseguenze significative per l'ambiente marino (BFS 2005).

Per le acque offshore tedesche la rispettiva Agenzia Federale per la Conservazione della Natura ha concordato una soglia di un aumento massimo tollerabile della temperatura di 2 K a 20 cm di profondità nel sedimento. Questo valore è stato originariamente stabilito come approccio precauzionale al fine di proteggere gli organismi del fondo da danni e le comunità bentoniche dai cambiamenti causati dall'aumento antropogenico della temperatura. Il cosiddetto criterio dei 2 K può essere soddisfatto da un'appropriata profondità di interramento dei cavi elettrici.

In generale, un'appropriata profondità di interramento di almeno 1 m può limitare l'aumento della temperatura superficiale dei sedimenti per evitare che la fauna macrozoobentonica subisca effetti significativi e che le comunità e i processi bentonici ne risultino influenzati.

Oltre agli aspetti ecologici e alle opzioni tecniche riguardanti la posa dei cavi, è necessario prendere in considerazione le proprietà termiche del sedimento, il tipo di cavo e la capacità di trasmissione quando si definisce la profondità di interramento.

Nelle acque tedesche si propone che la profondità di interramento dei cavi non sia inferiore a 1 m nella ZEE e ad almeno 3 m nelle aree con traffico navale intenso (ad esempio i canali di navigazione). Nei parchi eolici offshore, la profondità di interramento dei cavi è di almeno 0,6 m. Nei canali di marea del Mare di Wadden i cavi sono interrati ad almeno 2 m sotto il fondo del mare. In Nord America e nel Sud-Est asiatico le profondità di interramento tipiche per tutti i tipi di cavi sono tra 0,9 e 3,5 m. Altre fonti riferiscono di profondità di interramento preferite da 0,6 a 0,9 m in molte aree costiere del Regno Unito (OSPAR 2008).

Nella fattispecie del progetto in essere, si valuterà la possibilità di interrare il cavo per alcuni tratti della linea.

## 7 CONCLUSIONI

I cavi elettrici installati nell'ambiente marino, durante la fase operativa, emettono un campo magnetico a 50 Hz che decresce in intensità molto rapidamente man mano che ci si allontana dal cavo. Questo campo magnetico induce un campo elettrico di basso valore. Di conseguenza, solo le comunità biotiche nelle immediate vicinanze del cavo potrebbero essere esposte al campo magnetico.

Sulla base dei dati disponibili fino ad oggi, non esiste evidenza di campi elettromagnetici (EMF) associati con generazione elettrica marina da fonte rinnovabile che abbiano impatto (positivo o negativo) sulle specie faunistiche dell'area di interesse (Copping 2018).

Per quel che riguarda le specie di mammiferi marini, sebbene non manchino in letteratura esempi di specie di cetacei che visitano regolarmente aree con presenza di parchi eolici operativi (Lindeboom et al. 2011), inoltre non esiste alcuna evidenza che la presenza dell'elettromagnetismo dei cavi sottomarini ad essi associati, possano generare alcun impatto negativo sui cetacei dell'area. Alcune specie di cetacei, tuttavia, potrebbero essere in grado di rilevare variazioni nei campi magnetici (Normandeau Associates Inc 2011).

Inoltre, dal momento che i mammiferi marini sono generalmente noti per frequentare le strutture dei parchi eolici offshore senza alcuna evidenza di disturbo che possa essere associato alla presenza di campi EMF, si presuppone che il relativo impatto si possa considerare complessivamente trascurabile.

In conclusione, alla luce delle analisi condotte fino ad ora, e sulla base della bibliografia disponibile, non vi sono evidenti elementi di significativo rischio che emergano nella valutazione degli effetti dei campi elettromagnetici emessi dai cavi sottomarini per le diverse specie che compongono la fauna marina (cetacei, pesci, crostacei e specie pelagiche). A tal riguardo, si prevederà comunque nella fase di VIA un eventuale approfondimento, sulla base di ulteriore bibliografia e studi che si rendano disponibili nel futuro.

Analogamente, si giunge alla stessa conclusione per quel che riguarda i possibili effetti del calore emesso dai cavi sulla fauna marina.

## REFERENZE

- BFS, 2005: Grundsätze zu den Umweltauswirkungen im Zusammenhang mit elektromagnetischen Feldern und thermischen Auswirkungen der Kabelanbindung von Offshore-Windenergieparks an das Verbundstromnetz. - Bundesamt für Strahlenschutz, 17 p.
- Bochert R, Zettler ML. Effect of electromagnetic fields on marine organisms geomagnetic field detection in marine organisms. *Offshore Wind Energy Res Environ Impacts* 2006:223–34. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-34677-7\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-540-34677-7_14).
- CMACS. A baseline assessment of electromagnetic fields generated by offshore windfarm cables. COWRIE Report EMF - 01-2002 66; 2003.
- Czech-Damal, N.U., G. Dehnhardt, P. Manger, and W. Hanke. 2013. Passive electroreception in aquatic mammals. *J Comp Physiol A Neuroethol Sens Neural Behav Physiol* 199(6): 555-63. NLM.
- Copping, A. 2018. *The State Of Knowledge For Environmental Effects Driving Consenting/Permitting For The Marine Renewable Energy Industry*. Prepared For Ocean Energy Systems On Behalf Of The Annex IV Member Nations.
- Copping A, Sather N, Hanna L, Whiting J, Zydlewski G, Staines G, et al. Annex IV 2016 State of the science report: environmental effects of marine renewable energy development around the world (<http://dx.doi.org/10.1097/JNN.0b013e3182829024>);
- Gill AB, Taylor H. The potential effects of electromagnetic fields generated by cabling between offshore wind turbines upon Elasmobranch Fishes. – CCW Science Report. 76; 2001.
- Gill AB, Gloyne-Philips I, Kimber J, Sigray P. Marine renewable energy, electromagnetic (EM) fields and EM-sensitive animals. In: Shields MA, Payne ILA, editors. *Marine renewable energy technology and environmental interactions* Springer; 2014. p. 61–79. [https://doi.org/10.1007/978-94-017-8002-5\\_6](https://doi.org/10.1007/978-94-017-8002-5_6).
- Gill AB, Huang Y, Gloyne-philips I, Metcalfe J, Quayle V, Spencer J. et al. COWRIE 2.0 electromagnetic fields (EMF) phase 2: EMF-sensitive fish response to EM emissions from sub-sea electricity cables of the type used by the offshore renewable energy industry; 2009.
- Hutchison Z, Sigray P, He H, Gill AB, King J, Gibson C. Electromagnetic Field (EMF) impacts on elasmobranch (shark, rays, and skates) and American Lobster movement and migration from direct current cables. Sterling (VA): U.S. Department of the Interior, Bureau of Ocean Energy Management. OCS Study BOEM 2018-00 (<http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.10830.97602>); 2018.
- Normandeau Associates Inc. 2011. *Effects of EMFs from Undersea Power Cables on Elasmobranchs and Other Marine Species*. U.S. Dept. of the Interior, Bureau of Ocean Energy Management, Regulation, and Enforcement, Pacific OCS Region, Camarillo, CA. OCS Study BOEMRE 2011-09.
- Lindeboom, H.J., H.J. Kouwenhoven, M.J.N. Bergman, S. Bouma, S. Brasseur, R. Daan, R.C. Fijn, D. de Haan, S. Dirksen, et al. 2011. Short-term ecological effects of an offshore wind farm in the Dutch coastal zone; a compilation. *Environmental Research Letters* 6(3): 1-13. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/6/3/035101>.
- Lohmann KJ, Ernst DA. The geomagnetic sense of crustaceans and its use in orientation and navigation. In: Derby C, Thiel M, editors. *Nervous system and control of behavior*. Oxford University Press; 2014. p. 321–36.
- Meißner K, Schabelon H, Bellebaum J, Sordyl H. Impacts of submarine cables on the marine environment: a literature review; 2006.
- OSPAR, 2008: Background Document on potential problems associated with power cables other than those for oil and gas activities. – Publication Number: 370/2008, 50 p.
- OSPAR, 2009: Assessment of the environmental impacts of cables. – Publication Number: 437/2009, 19 p.
- OSPAR Commission. Guidelines on best environmental practice (BEP) in cable laying and operation; 2012.
- Poléo, A. B. S., H. F. Johannessen & M. J. Harboe, 2001: High voltage direct current (HVDC) sea cables and sea electrodes: Effects on marine life. – (1st revision of the literature study) 50 p.
- Taormina B., Bald J., Want A., Thouzeau Lejart M., Desroy N and Callier A., 2018. A review of potential impacts of submarine power cables on the marine environment: Knowledge gaps, recommendations and future directions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 96 380–391.

Westerberg H, Lagenfelt I. Sub-sea power cables and the migration behaviour of the European eel. Fish Manag Ecol 2008;15:369–75. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2400.2008.00630.x>.



**RINA Consulting S.p.A.** | Società soggetta a direzione e coordinamento amministrativo e finanziario del socio unico RINA S.p.A.  
Via Cecchi, 6 - 16129 GENOVA | P. +39 010 31961 | rinaconsulting@rina.org | www.rina.org  
C.F./P. IVA/R.I. Genova N. 03476550102 | Cap. Soc. € 20.000.000,00 i.v.