



UNIONE EUROPEA



REPUBBLICA ITALIANA



REGIONE SARDEGNA



OPERA:

**PROGETTO DI UNA CENTRALE EOLICA OFFSHORE GALLEGGIANTE  
NEL MARE DI SARDEGNA DENOMINATA "SARDINIA NORTH-WEST" E DELLE  
RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE**

**STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE**  
**Art. 21, D.Lgs. n. 152/2006 - DEFINIZIONE DEI CONTENUTI SIA (SCOPING)**

COMMITTENTE:



**AVENHEXICON S.r.l.**  
Viale Luigi Majno, 5  
20122 - Milano  
C.F. e P.Iva 12219810962

PROGETTISTA:



**MPOWER S.r.l.**  
**Dott. Ing. Edoardo Boscarino**  
(Coordinatore Project Team)  
Via Niccolò Machiavelli, 2 - 95030 - Sant'Agata Li Battiati (CT)  
C.F. e P.Iva 04265440877



PROJECT TEAM:

Dott. Arch. Attilio Massarelli (Staff di Coordinamento e Rendering)  
Dott. Ing. Giovanni Battaglia (Staff di Coordinamento)  
Dott. Geol. Alessandro Treffiletti (GIS)  
Dott. Geol. Damiano Gravina (GIS)  
Dott. Ing. Elio Occhino (Acustica Ambientale)  
Dott. Geol. Salvatore Bannò (Geologia)  
Dott. Geol. Stefania Serra (Aspetti Naturalistici ed Ambientali)

Dott. Ing. Muhammad Saqib (Aspetti strutturali e geotecnici)  
Dott. Ing. Alessandro Cali (Aspetti aeronautici)  
Geom. Antonio Fleri (Aspetti demaniali)  
Dott. Rosario Pignatello - IBLARCHÈ s.r.l.s. (Aspetti Archeologici)  
Dott. Ing. Giancarlo Guenzi - ENERGOCONSULT s.r.l. (Impianti elettrici)  
Dott. Ing. Gianni Barletta (Impianti elettrici)

OGGETTO:

**SCOPING PRELIMINARE AMBIENTALE**

**RELAZIONE PRELIMINARE VALUTAZIONE IMPATTO EMISSIONI EMF SULLA FAUNA MARINA**

REV.	DATA	OGGETTO DELLA REVISIONE	ELABORAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE
00	25-10-2022	EMISSIONE PER SCOPING PRELIMINARE	GG/GB/SS	GG/GB/SS	EB

SCALA: -  
FORMATO: A4

CODICE DOCUMENTO:

SNW	SCOP	R.08	00
COMMESSA	FASE	TAVOLA	REV.

CODICE ELABORATO:

**R.08.00**



Contraente:  mpower <small>global • engineering • solutions</small>	<b>Progetto per la realizzazione di una CENTRALE EOLICA OFFSHORE nel Mare di Sardegna, denominata "SARDINIA NORTH-WEST"</b>			Proponente:  hexicon AVAPA ENERGY		
	<b>RELAZIONE VALUTAZIONE IMPATTO EMISSIONI EMF SULLA FAUNA MARINA</b>					
Doc.: <b>SNW.SCOP.R.08.00</b>	Commissa: <b>SARDINIA NW</b>	Contratto: <b>30/11/2021</b>	Rev. <b>0</b>	Data: <b>25/10/2022</b>	Pagina <b>1</b> di <b>26</b>	Doc. Prop.:

## INDICE

1. Premessa .....	5
2. Lay-out del parco .....	5
3. Cavi di interconnessione .....	6
4. Effetti e/o Impatti dei cavi sottomarini .....	7
5. Definizione degli impatti .....	10
6. Campi elettromagnetici emessi da cavi sottomarini .....	13
7. Specie marine sensibili ai campi elettrici e magnetici .....	15
8. Risposta degli organismi marini .....	20
9. Indicazioni sulla progettazione e posa dei cavi .....	23
10. Misure di mitigazione e conclusioni .....	24
11. Bibliografia .....	25

<b>0</b>	<b>25/10/2022</b>	<b>EMISSIONE PER RICHIESTA DI SCOPING</b>	<b>SS/GG/GB</b>	<b>SS</b>	<b>EB</b>
<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	<b>Titolo Revisione</b>	<b>Elaborato</b>	<b>Verificato</b>	<b>Approvato</b>
Documento di proprietà di Mpower S.r.l. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.			File: <b>SNW.SCOP.R.08.00 Relazione EMF sulla fauna marina.docx</b>		

Contraente:  mpower <small>global • engineering • solutions</small>	<b>Progetto per la realizzazione di una CENTRALE          EOLICA OFFSHORE nel Mare di Sardegna,          denominata "SARDINIA NORTH-WEST"</b>		Proponente: 	
	<b>RELAZIONE VALUTAZIONE IMPATTO          EMISSIONI EMF SULLA FAUNA MARINA</b>			
Commessa: <b>SARDINIA NW</b>		Contratto: <b>30/11/2021</b>		
Rev. <b>0</b>				
Doc.: <b>SNW.SCOP.R.08.00</b>	Data: <b>25/10/2022</b>	Pagina <b>2</b> di <b>26</b>		Doc. Prop.:

## INDICE DELLE FIGURE

<i>Figura 1: Inquadramento su Atlante di Rete di Terna S.p.A.</i> .....	6
<i>Figura 2: Struttura cavo HVAC.</i> .....	7
<i>Figura 3: Struttura cavo HVAC a 380 kV</i> .....	7
<i>Figura 4: Schematizzazione dei campi elettrico e magnetico.</i> .....	8
<i>Figura 5: Schematizzazione dei campi elettromagnetici indotti da un impianto offshore (da Zoe et al, 2020, modificato).</i> .....	9
<i>Figura 6: tecniche principali di posa dei cavi sottomarini (da Normandeau et al., 2011).</i> .....	11
<i>Figura 7: esempio di accumulo di detrito sul cavidotto (da Normandeau et al., 2011).</i> .....	11
<i>Figura 8: Distribuzione generale di alcune specie bentoniche sul fondale marino e intensità del campo magnetico teorico (da Normandeau et al., 2011).....</i>	12
<i>Figura 9: diagramma dell'intensità del campo magnetico generato</i> .....	15
<i>Figura 10: Elettrorecettori (Ampolle di Lorenzini) e canali della linea laterale nella testa di uno squalo.</i> .....	16

## INDICE DELLE TABELLE

<i>Tabella 1: Livelli di sensibilità elettrica (E) e magnetica (M) nei pesci marini – sintesi.....</i>	18
<i>Tabella 2: Livelli di sensibilità elettrica (E) e magnetica (M) in invertebrati, rettili e mammiferi marini – sintesi .....</i>	19

<b>0</b>	<b>25/10/2022</b>	<b>EMISSIONE PER RICHIESTA DI SCOPING</b>	<b>SS/GG/GB</b>	<b>SS</b>	<b>EB</b>
<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	<b>Titolo Revisione</b>	<b>Elaborato</b>	<b>Verificato</b>	<b>Approvato</b>
Documento di proprietà di Mpower S.r.l. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.			File: <b>SNW.SCOP.R.08.00 Relazione EMF sulla fauna marina.docx</b>		

Contraente:  global • engineering • solutions	<b>Progetto per la realizzazione di una CENTRALE EOLICA OFFSHORE nel Mare di Sardegna, denominata "SARDINIA NORTH-WEST"</b>			Proponente: 
	<b>RELAZIONE VALUTAZIONE IMPATTO EMISSIONI EMF SULLA FAUNA MARINA</b>			
Doc.: <b>SNW.SCOP.R.08.00</b>	Commissa: <b>SARDINIA NW</b>	Rev. <b>0</b>	Contratto: <b>30/11/2021</b>	Doc. Prop.:
	Data: <b>25/10/2022</b>		Pagina <b>3</b> di <b>26</b>	

## LISTA DEGLI ACRONIMI

AC	Corrente Alternata
DC	Corrente Continua
EMF (CEM)	Electromagnetic fields (Campi elettromagnetici)
HVAC	High Voltage Alternating Current
HVDC	High Voltage Direct Current
OTM	Stazione di trasformazione
POI	Point of interconnection
RTN	Rete di Trasmissione Nazionale
SSE	Sotto stazione elettrica
STMG	Soluzione tecnica minima generale

<b>0</b>	<b>25/10/2022</b>	<b>EMISSIONE PER RICHIESTA DI SCOPING</b>	<b>SS/GG/GB</b>	<b>SS</b>	<b>EB</b>
<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	<b>Titolo Revisione</b>	<b>Elaborato</b>	<b>Verificato</b>	<b>Approvato</b>
Documento di proprietà di Mpower S.r.l. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.			File: <b>SNW.SCOP.R.08.00 Relazione EMF sulla fauna marina.docx</b>		

Contraente:  global • engineering • solutions	<b>Progetto per la realizzazione di una CENTRALE EOLICA OFFSHORE nel Mare di Sardegna, denominata "SARDINIA NORTH-WEST"</b>		Proponente: 		
	<b>RELAZIONE VALUTAZIONE IMPATTO EMISSIONI EMF SULLA FAUNA MARINA</b>				
Doc.: <b>SNW.SCOP.R.08.00</b>	Commissa: <b>SARDINIA NW</b>	Rev. <b>0</b>	Contratto: <b>30/11/2021</b>	Data: <b>25/10/2022</b>	Pagina <b>4</b> di <b>26</b>
			Doc. Prop.:		

## UNITA' DI MISURA E FATTORI DI CONVERSIONE

<b>Corrente elettrica</b>		
Ampere	A	1 A
Milliampere	mA	0.001 A
Microampere	µA	0.000001 A
Densità	mA/m <sup>2</sup>	
<b>Voltaggio</b>		
Volt	V	1 V
Kilovolt	kV	1000 V
Millivolt	mV	0.001 V
Microvolt	µV	0.000001 V
Nanovolt	nV	0.000000001 V
<b>Campo elettrico</b>		
V/m	volt/m	
mV/m	0.001 V/m	
V/cm	100 V/m	
mV/cm	0.001 V/cm	
µV/cm	0.000001 V/cm	
nV/cm	0.000000001 V/cm	
<b>Campo magnetico</b>		
Tesla	T	1 Weber/m <sup>2</sup>
Millitesla	mT	0.001 T
Microtesla	µT	0.000001 T = 10 mG
Nanotesla	nT	0.000000001 T
Gauss	G	
Milligauss	mG	0.001 G = 0.1 µT

<b>0</b>	<b>25/10/2022</b>	<b>EMISSIONE PER RICHIESTA DI SCOPING</b>	<b>SS/GG/GB</b>	<b>SS</b>	<b>EB</b>
Rev.	Data	Titolo Revisione	Elaborato	Verificato	Approvato
Documento di proprietà di Mpower S.r.l. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.			File: <b>SNW.SCOP.R.08.00 Relazione EMF sulla fauna marina.docx</b>		

Contraente:  mpower <small>global • engineering • solutions</small>	<b>Progetto per la realizzazione di una CENTRALE          EOLICA OFFSHORE nel Mare di Sardegna,          denominata "SARDINIA NORTH-WEST"</b>		Proponente:  hexicon AVAPA ENERGY	
	<b>RELAZIONE VALUTAZIONE IMPATTO          EMISSIONI EMF SULLA FAUNA MARINA</b>			
Commessa: <b>SARDINIA NW</b>		Contratto: <b>30/11/2021</b>		
Rev. <b>0</b>				
Doc.: <b>SNW.SCOP.R.08.00</b>	Data: <b>25/10/2022</b>	Pagina <b>5</b> di <b>26</b>		Doc. Prop.:

## 1. Premessa

La presente relazione tecnica è finalizzata alla valutazione dei possibili impatti delle emissioni dovute a campi elettromagnetici (EMF o CEM) sulla fauna marina dovuti ai cavidotti di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica off-shore di tipo galleggiante, proposto dalla società **Avenhexicon S.r.l.** nata come joint venture paritetica tra la società di sviluppo di impianti rinnovabili **AVAPA ENERGY S.r.l.** con sede in Italia e la società svedese **HEXICON A.B.**

L'area d'impianto è localizzata nello specchio acqueo del Mar di Sardegna prospiciente la costa delle province di Sassari ed Oristano, ubicata a una distanza minima di oltre 13 miglia nautiche (24 km) dalle coste sarde più vicine. Su tale area insisteranno l'impianto eolico e il cavidotto marino lungo circa 41 km fino al molo di ponente del Porto di Alghero.

Tale area è stata selezionata sulla base di studi preliminari, in considerazione della risorsa eolica disponibile, della presenza di vincoli normativi, urbanistici e ambientali nonché della distanza dalla costa, natura e profondità dei fondali e della possibilità di connessione alla rete elettrica nazionale.

Il progetto ha l'obiettivo, in coerenza con gli indirizzi comunitari, di incrementare la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile e di fronteggiare la crescente richiesta di energia da parte delle utenze sia pubbliche che private.

## 2. Lay-out del parco

L'impianto eolico offshore in progetto denominato "SARDINIA NORTH-WEST" è composto da n. 27 strutture di fondazione galleggianti a forma triangolare ancorate al fondale, dotate ciascuna di n. 2 aerogeneratori, ciascuno con potenza nominale di 25 MW, per un numero totale di aerogeneratori pari a 54 ed una potenza totale dell'impianto di 1.350 MW.

Per quanto riguarda l'energia prodotta e trasformata su una SSE offshore galleggiante da 150 kV alternata a 380 kV HVAC, si prevede l'immissione dell'energia prodotta sulla rete nazionale di Terna in corrispondenza della più vicina SSE a 380 kV ubicata presso la Centrale termoelettrica di Fiume Santo, in Contrada Cabu Aspru, nel territorio del Comune di Sassari. Tale ipotesi potrà essere successivamente confermata o modificata in funzione alla STMG che sarà fornita da Terna.

Il trasporto dell'energia prodotta avverrà tramite una terna di cavidotti subacquei HVAC a 380 kV per una lunghezza di 41 km fino al molo sopraflutto del porto di Alghero, e successivamente, attraverso una terna di cavidotti terrestri, che percorreranno la rete stradale esistente fino alla SE per una lunghezza di 38 km.

<b>0</b>	<b>25/10/2022</b>	<b>EMISSIONE PER RICHIESTA DI SCOPING</b>	<b>SS/GG/GB</b>	<b>SS</b>	<b>EB</b>
<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	<b>Titolo Revisione</b>	<b>Elaborato</b>	<b>Verificato</b>	<b>Approvato</b>
Documento di proprietà di Mpower S.r.l. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.			File: <b>SNW.SCOP.R.08.00 Relazione EMF sulla fauna marina.docx</b>		



Contraente:  global • engineering • solutions	<b>Progetto per la realizzazione di una CENTRALE EOLICA OFFSHORE nel Mare di Sardegna, denominata "SARDINIA NORTH-WEST"</b>		Proponente: 		
	<b>RELAZIONE VALUTAZIONE IMPATTO EMISSIONI EMF SULLA FAUNA MARINA</b>				
Doc.: <b>SNW.SCOP.R.08.00</b>	Commissa: <b>SARDINIA NW</b>	Contratto: <b>30/11/2021</b>			
Rev. <b>0</b>	Data: <b>25/10/2022</b>	Pagina <b>6</b> di <b>26</b>	Doc. Prop.:		

Per la trasmissione dell'energia elettrica prodotta sarà utilizzata la tecnologia HVAC (*High Voltage Alternating Current*), rispetto alla più performante HVDC (*High Voltage Direct Current*), viste le ridotte distanze di collegamento con la terraferma e fino alla consegna dell'energia.

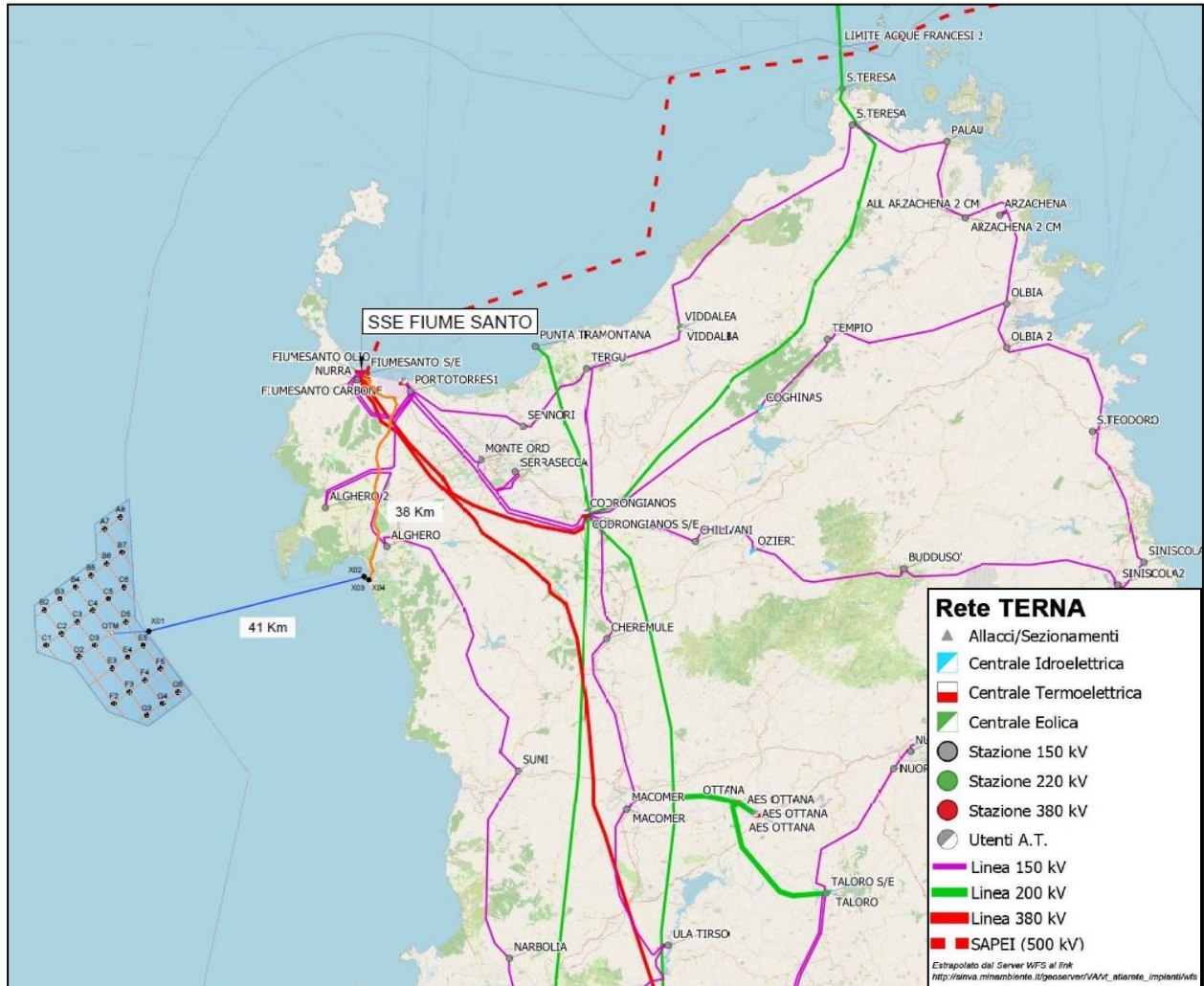


Figura 1: Inquadramento su Atlante di Rete di Terna S.p.A.

### 3. Cavi di interconnessione

Per trasferire l'energia elettrica dagli aerogeneratori alla stazione di trasformazione verranno utilizzati dei cavi a 150 kV in corrente alternata la cui struttura permette di poter essere adagiati sul fondale senza ulteriori protezioni. Dalla stazione OTM alla RTN saranno installati dei cavi sul fondale marino, per circa 41 km, di tipo cavi HVAC isolati a 380 kV del tipo a Massa Impregnata. La soluzione si basa su un sistema a 380 kV AC composto da tre cavi tripolari, con una sezione di  $3 \times 1.000 \text{ mm}^2$  in rame cadauno, ogni circuito è dimensionato per trasmettere fino a 800 MW.

<b>0</b>	<b>25/10/2022</b>	<b>EMISSIONE PER RICHIESTA DI SCOPING</b>	<b>SS/GG/GB</b>	<b>SS</b>	<b>EB</b>
Rev.	Data	Titolo Revisione	Elaborato	Verificato	Approvato
Documento di proprietà di Mpower S.r.l. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.			File: <b>SNW.SCOP.R.08.00 Relazione EMF sulla fauna marina.docx</b>		



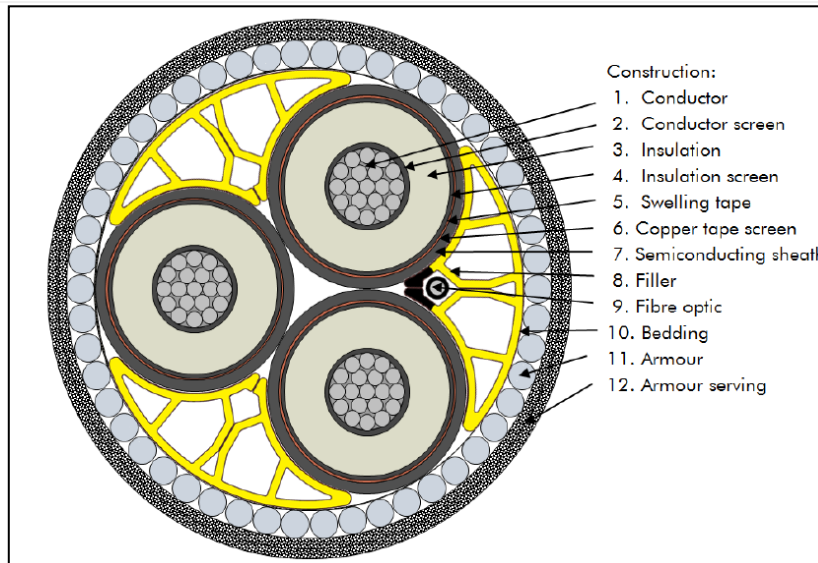


Figura 2: Struttura cavo HVAC.

Dalla stazione OTM alla RTN saranno installati dei cavi sul fondale marino, per circa 51 km. Si tratta di cavi HVAC isolati a 380 kV del tipo a Massa Impregnata.

La soluzione si basa su un sistema a 380 kV AC composto da un cavo tripolare, 3 cavi in totale, con una sezione di 3 x 500 mm<sup>2</sup> rame.



Figura 3: Struttura cavo HVAC a 380 kV

#### 4. Effetti e/o Impatti dei cavi sottomarini

L'industria eolica offshore è in continua espansione. Utilizzando nuove tecnologie, si prevede di installare aerogeneratori e strutture connesse di sempre maggiore capacità in acque più profonde e più lontano dalla costa (Soares-Ramos et al., 2020). I cavi elettrici sottomarini presentano molti effetti ambientali potenziali (Taormina et al., 2018). Tra questi, per l'uomo si ricordano la mancanza di accesso alle zone di pesca a causa del rischio di impigliamento per le attrezzature da pesca e, ben più importante, per l'ambiente marino sono gli effetti dei campi elettromagnetici (EMF) sulle specie target. Queste possono essere bentoniche, che trascorrono gran parte della loro vita sul fondo marino, che nectoniche, cioè che vivono nella colonna

<b>0</b>	<b>25/10/2022</b>	<b>EMISSIONE PER RICHIESTA DI SCOPING</b>	<b>SS/GG/GB</b>	<b>SS</b>	<b>EB</b>
Rev.	Data	Titolo Revisione	Elaborato	Verificato	Approvato
Documento di proprietà di Mpower S.r.l. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.			File: <b>SNW.SCOP.R.08.00 Relazione EMF sulla fauna marina.docx</b>		

Contraente:  global • engineering • solutions	<b>Progetto per la realizzazione di una CENTRALE EOLICA OFFSHORE nel Mare di Sardegna, denominata "SARDINIA NORTH-WEST"</b>		Proponente: 	
	<b>RELAZIONE VALUTAZIONE IMPATTO EMISSIONI EMF SULLA FAUNA MARINA</b>			
Doc.: <b>SNW.SCOP.R.08.00</b>	Commissa: <b>SARDINIA NW</b>	Contratto: <b>30/11/2021</b>	Doc. Prop.:	
	Rev. <b>0</b>			
	Data: <b>25/10/2022</b>	Pagina <b>8</b> di <b>26</b>		

d'acqua, ma che occasionalmente possono contrarre rapporti con il fondale e, pertanto, venire a contatto con i cavidotti.

Per definizione, i campi elettromagnetici sono sia magnetici che elettrici (Figura 4). Il campo magnetico di un cavo deriva dal movimento della corrente elettrica all'interno dell'anima del cavo. La tensione applicata al cavo produce un campo elettrico che è contenuto all'interno della schermatura del cavo se perfettamente collegato a terra (Gill et al., 2014).

I campi magnetici non sono contenuti all'interno del cavo, ma vengono emessi nell'ambiente (Figg. 4-5), interagendo in tre dimensioni con il campo geomagnetico locale (Gill et al., 2014). A causa della natura rotazionale del campo magnetico associato ai cavi AC, essi inducono anche campi elettrici (CMACS, 2003). Tuttavia, i campi elettrici indotti dal movimento possono anche derivare da un animale o da un corpo idrico che si muove attraverso il campo magnetico prodotto da cavi CA e CC (Gill et al., 2014).

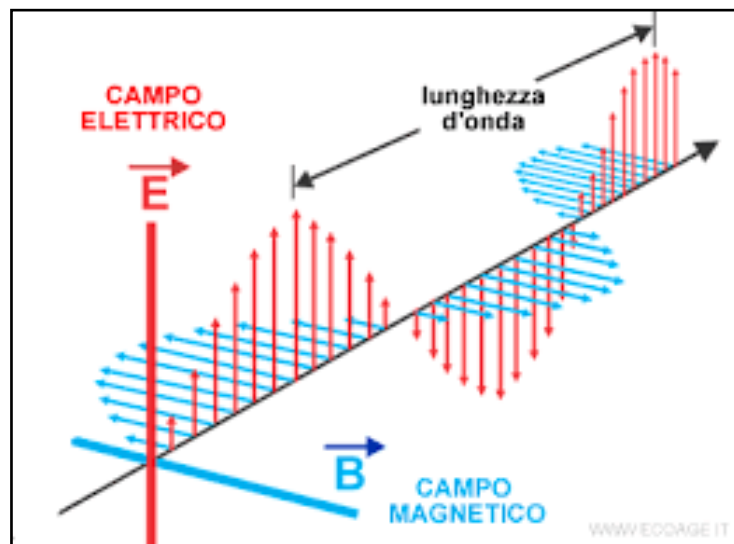


Figura 4: Schematizzazione dei campi elettrico e magnetico.

Le intensità dei campi elettromagnetici decadono in funzione della distanza dalla sorgente e possono essere simulate sperimentalmente utilizzando le proprietà del cavo (materiali di schermatura/nucleo, configurazione, amperaggio, tensione) e il campo geomagnetico locale. È importante considerare le proprietà del cavo e l'interazione tridimensionale del campo elettromagnetico emesso con il campo geomagnetico locale, nonché l'estensione spaziale e l'intensità del campo elettromagnetico del cavo. Indipendentemente dalla capacità del cavo, la potenza trasmessa varia con il tempo e influenza il campo stesso.

<b>0</b>	<b>25/10/2022</b>	<b>EMISSIONE PER RICHIESTA DI SCOPING</b>	<b>SS/GG/GB</b>	<b>SS</b>	<b>EB</b>
Rev.	Data	Titolo Revisione	Elaborato	Verificato	Approvato
Documento di proprietà di Mpower S.r.l. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.			File: <b>SNW.SCOP.R.08.00 Relazione EMF sulla fauna marina.docx</b>		

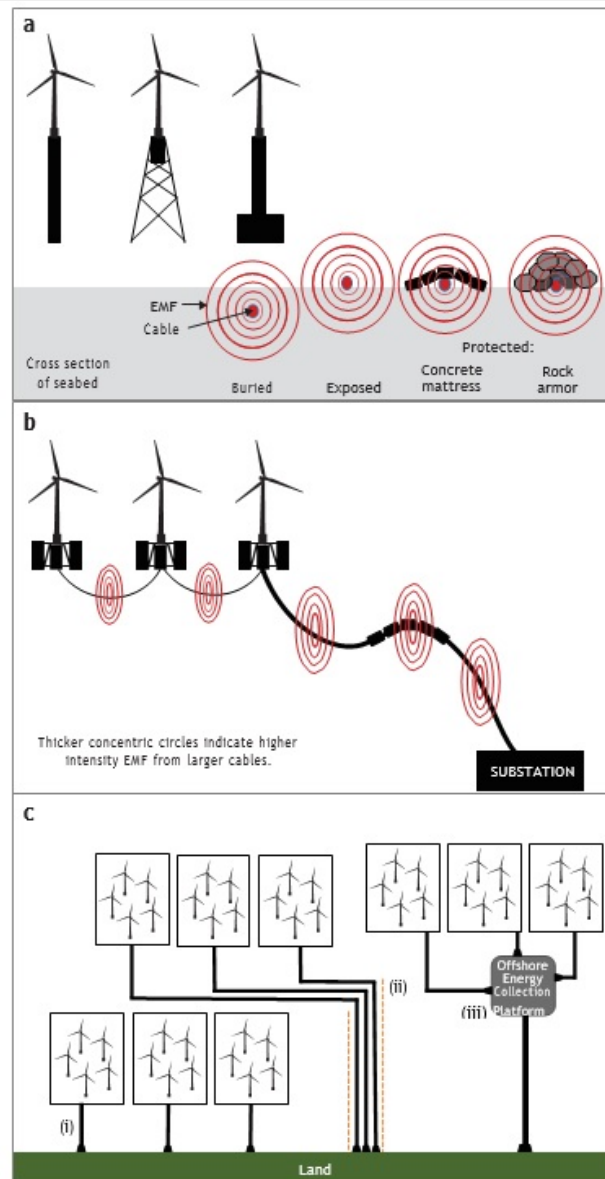


Figura 5: Schematizzazione dei campi elettromagnetici indotti da un impianto offshore (da Zoe et al, 2020, modificato).

Alcuni impianti offshore prevedono più cavi di esportazione o corridoi multicavo (Figura 5) che potrebbero avere campi elettromagnetici interagenti. Si presume spesso che l'interramento dei cavi o le protezioni (Figura 5a) riducano gli effetti dei campi elettromagnetici aumentando la distanza dalla sorgente, riducendo così l'intensità dei campi elettromagnetici in funzione della distanza. Tuttavia, una riduzione dell'intensità dei campi elettromagnetici può portare i campi elettrici e/o magnetici in intervalli più percepibili dalle specie ricettive (Formicki et al., 2004; Newton et al., 2019).

<b>0</b>	<b>25/10/2022</b>	<b>EMISSIONE PER RICHIESTA DI SCOPING</b>	<b>SS/GG/GB</b>	<b>SS</b>	<b>EB</b>
Rev.	Data	Titolo Revisione	Elaborato	Verificato	Approvato
Documento di proprietà di Mpower S.r.l. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.			File: <b>SNW.SCOP.R.08.00 Relazione EMF sulla fauna marina.docx</b>		

Contraente:  mpower <small>global • engineering • solutions</small>	<b>Progetto per la realizzazione di una CENTRALE EOLICA OFFSHORE nel Mare di Sardegna, denominata "SARDINIA NORTH-WEST"</b>			Proponente: 
	<b>RELAZIONE VALUTAZIONE IMPATTO EMISSIONI EMF SULLA FAUNA MARINA</b>			
Doc.: <b>SNW.SCOP.R.08.00</b>	Commissa: <b>SARDINIA NW</b>	Rev. <b>0</b>	Contratto: <b>30/11/2021</b>	Doc. Prop.:
	Data: <b>25/10/2022</b>		Pagina <b>10</b> di <b>26</b>	

Le fonti di campi elettromagnetici antropici correlati ai cavidotti offshore includono (1) cavi di collegamento tra aerogeneratori e sottostazioni (Figura 5a, b) e (2) cavi di esportazione, in varie configurazioni, che trasmettono energia a riva (Figura 5c). I cavi comunemente posati nel o sul fondo marino, pur muniti di protezione, emettono campi elettromagnetici che possono essere rilevati dalle specie marine. Inoltre, dispositivi galleggianti con cavi dinamici situati nella colonna d'acqua introducono campi elettromagnetici nella zona pelagica. Ad oggi, i cavi in corrente alternata (AC) a media e alta tensione sono di più comune impiego negli impianti offshore, ma sono stati impiegati anche cavi in corrente continua (DC) che sono vantaggiosi per la loro maggiore capacità ed efficacia in tempi più lunghi, quali quelli proposti nel presente progetto.

## 5. Definizione degli impatti

Per questa trattazione, è necessario introdurre due concetti. Il primo è quello di effetto, mentre il secondo è l'impatto. L'*effetto* è il cambiamento di una variabile ambientale. Se l'effetto causa cambiamenti osservabili in uno o più recettori ambientali, si parla di *impatto*, che può essere positivo o negativo.

La presenza di un cavo adagiato sul fondale marino può indurre sia la creazione di un nuovo habitat, sia l'alterazione dell'habitat esistente.

Nel primo caso, il cavo non interrato e le strutture di protezione e stabilizzazione ad esso associate, formeranno un nuovo substrato duro, ideale per la colonizzazione da parte di organismi sessili del *fouling*. Il nuovo substrato duro così colonizzato richiamerà organismi vagili, come invertebrati e pesci. Il fenomeno viene indicato con il termine di "effetto barriera" e la sua entità dipende dalle dimensioni e dalla natura delle strutture associate al cavo, nonché dalle caratteristiche fisiche ed edafiche del substrato circostante. Il cavidotto può anche indurre alterazioni di habitat attraverso cambiamenti nell'idrodinamismo e nella dinamica dei sedimenti. Questo fenomeno è comunque generalmente circoscritto e poco rilevante, a causa delle modeste elevazioni delle strutture stesse.

<b>0</b>	<b>25/10/2022</b>	<b>EMISSIONE PER RICHIESTA DI SCOPING</b>	<b>SS/GG/GB</b>	<b>SS</b>	<b>EB</b>
<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	<b>Titolo Revisione</b>	<b>Elaborato</b>	<b>Verificato</b>	<b>Approvato</b>
Documento di proprietà di Mpower S.r.l. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.			File: <b>SNW.SCOP.R.08.00 Relazione EMF sulla fauna marina.docx</b>		

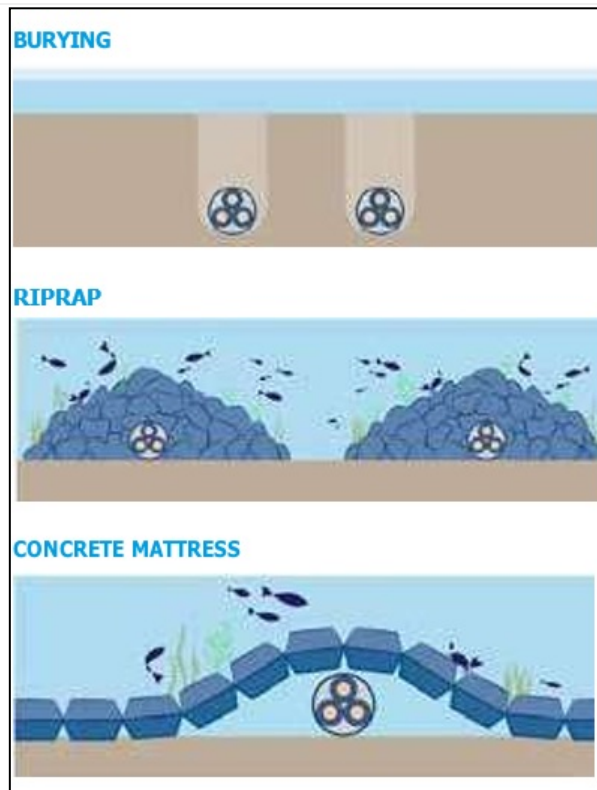


Figura 6: tecniche principali di posa dei cavi sottomarini (da Normandeau et al., 2011).



Figura 7: esempio di accumulo di detrito sul cavidotto (da Normandeau et al., 2011).

<b>0</b>	<b>25/10/2022</b>	<b>EMISSIONE PER RICHIESTA DI SCOPING</b>	<b>SS/GG/GB</b>	<b>SS</b>	<b>EB</b>
<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	<b>Titolo Revisione</b>	<b>Elaborato</b>	<b>Verificato</b>	<b>Approvato</b>
Documento di proprietà di Mpower S.r.l. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.			File: <b>SNW.SCOP.R.08.00 Relazione EMF sulla fauna marina.docx</b>		



Contraente:  mpower global • engineering • solutions	<b>Progetto per la realizzazione di una CENTRALE EOLICA OFFSHORE nel Mare di Sardegna, denominata "SARDINIA NORTH-WEST"</b>		Proponente: 	
	<b>RELAZIONE VALUTAZIONE IMPATTO EMISSIONI EMF SULLA FAUNA MARINA</b>			
Doc.: <b>SNW.SCOP.R.08.00</b>	Commissa: <b>SARDINIA NW</b>	Rev. <b>0</b>	Contratto: <b>30/11/2021</b>	Doc. Prop.:
	Data: <b>25/10/2022</b>		Pagina <b>12</b> di <b>26</b>	

Generalmente, nei fondali marini interessati dalla posa di un cavidotto, vengono apposti precisi vincoli, atti a impedire le attività di pesca (es. strascico), l'ancoraggio e le attività di dragaggio. Si tratta di azioni altamente impattanti sull'ecosistema marino e pertanto il divieto comporta un considerevole miglioramento dello stato di salute dell'ambiente sommerso che si traduce in significativo incremento della biodiversità. Questo è l'effetto riserva, che è un effetto indiretto e altamente positivo per l'ecosistema marino.

Quando la corrente elettrica attraversa un cavo, una parte dell'energia si trasforma in calore (effetto Joule). Nel caso di cavi sottomarini non interrati, il contatto con l'acqua dissipa efficacemente il calore, che resta circoscritto alla superficie del cavo. Per i cavi interrati, invece, il calore riscalda i sedimenti circostanti. Naturalmente, i substrati più coesivi e compatti (limi o argille) accumuleranno più calore in ragione della loro bassa conducibilità.

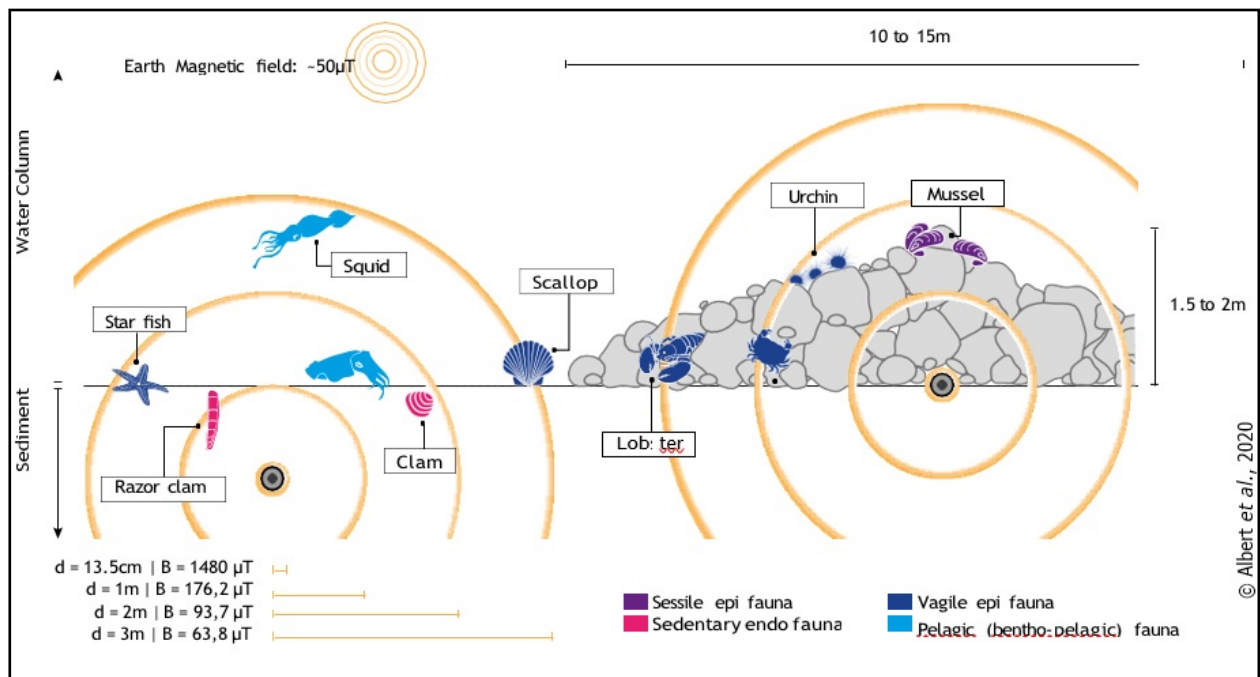


Figura 8: Distribuzione generale di alcune specie bentoniche sul fondale marino e intensità del campo magnetico teorico (da Normandeau et al., 2011)

Ultimo effetto, che rappresenta il *focus* della presente relazione, è relativo alla presenza dei campi elettromagnetici che sono generati dal passaggio della corrente elettrica lungo il cavidotto. I campi elettromagnetici sono rappresentati dal campo magnetico (unità di misura: Tesla) e dal campo elettrico (che si misura in volt per metro). Per la sua natura, un cavidotto sottomarino non genera un campo elettrico, perché è schermato. Genera un campo magnetico che è funzione dell'intensità della corrente che attraversa il cavo e dei parametri (soprattutto geometrici) di posa. Tale campo diminuisce con la distanza secondo la relazione  $1/d$ , dove  $d$  è la distanza dal centro del cavo.

<b>0</b>	<b>25/10/2022</b>	<b>EMISSIONE PER RICHIESTA DI SCOPING</b>	<b>SS/GG/GB</b>	<b>SS</b>	<b>EB</b>
<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	<b>Titolo Revisione</b>	<b>Elaborato</b>	<b>Verificato</b>	<b>Approvato</b>
Documento di proprietà di Mpower S.r.l. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.			File: <b>SNW.SCOP.R.08.00 Relazione EMF sulla fauna marina.docx</b>		



Contraente:  mpower <small>global • engineering • solutions</small>	<b>Progetto per la realizzazione di una CENTRALE          EOLICA OFFSHORE nel Mare di Sardegna,          denominata "SARDINIA NORTH-WEST"</b>		Proponente: 	
	<b>RELAZIONE VALUTAZIONE IMPATTO          EMISSIONI EMF SULLA FAUNA MARINA</b>			
Doc.: <b>SNW.SCOP.R.08.00</b>	Commissa: <b>SARDINIA NW</b>	Rev. <b>0</b>	Contratto: <b>30/11/2021</b>	Doc. Prop.:
	Data: <b>25/10/2022</b>		Pagina <b>13</b> di <b>26</b>	

## 6. Campi elettromagnetici emessi da cavi sottomarini

L'attenzione verso i potenziali impatti ecologici dei campi elettromagnetici 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:

1. campi elettrici (chiamati campi E, misurati in volt per metro, Vm-1);
2. campi magnetici (chiamati campi B, misurati in  $\mu\text{T}$ ).

I campi elettrici aumentano in funzione dell'aumento della tensione e possono raggiungere i 1000  $\mu\text{V}/\text{m}$  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 tre fasi nel cavo, ecc.), dalla potenza e dal tipo di corrente (corrente continua o alternata).

Quando il cavo elettrico è sepolto, 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 (Normandeau et al., 2011). Correnti elettriche con intensità di 1600 A sono comuni nei cavi sottomarini. In risposta, campi magnetici di circa 3200  $\mu\text{T}$  sono generati, diminuendo a 320  $\mu\text{T}$  a 1m distanza, 110  $\mu\text{T}$  a 4m e valori simili al campo magnetico terrestre (50  $\mu\text{T}$ ) oltre i 6m (Bochert e 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 questa eterogeneità (1-160  $\mu\text{T}$  alla superficie del cavo (Normandeau et al., 2011).

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

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

Il tipo di trasmissione può essere determinato dalla capacità e dalla lunghezza della linea di trasmissione, così come da ragioni economiche e commerciali. Per esempio, una linea DC può trasmettere più potenza di una linea AC delle stesse dimensioni, ma è più costosa. Il cavo 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).

<b>0</b>	<b>25/10/2022</b>	<b>EMISSIONE PER RICHIESTA DI SCOPING</b>	<b>SS/GG/GB</b>	<b>SS</b>	<b>EB</b>
<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	<b>Titolo Revisione</b>	<b>Elaborato</b>	<b>Verificato</b>	<b>Approvato</b>
Documento di proprietà di Mpower S.r.l. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.			File: <b>SNW.SCOP.R.08.00 Relazione EMF sulla fauna marina.docx</b>		

Contraente:  global • engineering • solutions	<b>Progetto per la realizzazione di una CENTRALE EOLICA OFFSHORE nel Mare di Sardegna, denominata "SARDINIA NORTH-WEST"</b>		Proponente: 	
	<b>RELAZIONE VALUTAZIONE IMPATTO EMISSIONI EMF SULLA FAUNA MARINA</b>			
Commessa: <b>SARDINIA NW</b>		Contratto: <b>30/11/2021</b>		
Rev. <b>0</b>				
Doc.: <b>SNW.SCOP.R.08.00</b>	Data: <b>25/10/2022</b>	Pagina <b>14</b> di <b>26</b>		Doc. Prop.:

La corrente continua è quindi l'unica opzione tecnica praticabile per i collegamenti via cavo a lunga distanza. I cavi in uso oggi includono sistemi monopolari, bipolari e trifase, con diametri sono compresi tra 5 e 30 cm e peso tra 15 e 120 kg/m.

Esistono diversi metodi per isolare i cavi elettrici al fine di contenere i campi elettrici emessi. Inoltre i cavi dinamici, tecnologicamente avanzati e dotati di armatura e componenti interni specifici, essendo posizionati sopra il fondale, sono più suscettibili alla pressione e alla torsione indotta dall'idrodinamismo, in particolare in caso di mareggiate.

In riferimento all'ipotesi progettuale, le emissioni elettromagnetiche imputabili ai cavidotti potrebbero essere, per le caratteristiche fisiche di arrangiamento dei conduttori elettrici all'interno del corpo del cavo, assai limitata. Per esempio, la disposizione a trifoglio con cordatura elicoidale determina infatti 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, sarà raggiunto entro un metro di distanza dal cavo.

Il movimento attraverso un campo magnetico o la rotazione di un campo magnetico crea campi elettrici indotti. Ciò può verificarsi dal movimento della corrente dell'acqua o da un organismo che nuota attraverso il campo o dalla rotazione asimmetrica del campo elettrico all'interno del cavo. La velocità e l'orientamento della corrente o dell'organismo rispetto al campo determinano l'intensità del campo indotto. Una corrente d'acqua o un organismo che si muove parallelamente al campo magnetico del cavo non genererà un campo elettrico indotto. Una corrente d'acqua o un organismo che si muove perpendicolarmente al campo magnetico del cavo genererà il massimo campo elettrico indotto e l'intensità del campo sarà funzione della velocità della corrente o dell'organismo, del suo esatto orientamento rispetto al campo magnetico del cavo e della forza del campo magnetico.

<b>0</b>	<b>25/10/2022</b>	<b>EMISSIONE PER RICHIESTA DI SCOPING</b>	<b>SS/GG/GB</b>	<b>SS</b>	<b>EB</b>
<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	<b>Titolo Revisione</b>	<b>Elaborato</b>	<b>Verificato</b>	<b>Approvato</b>
Documento di proprietà di Mpower S.r.l. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.			File: <b>SNW.SCOP.R.08.00 Relazione EMF sulla fauna marina.docx</b>		

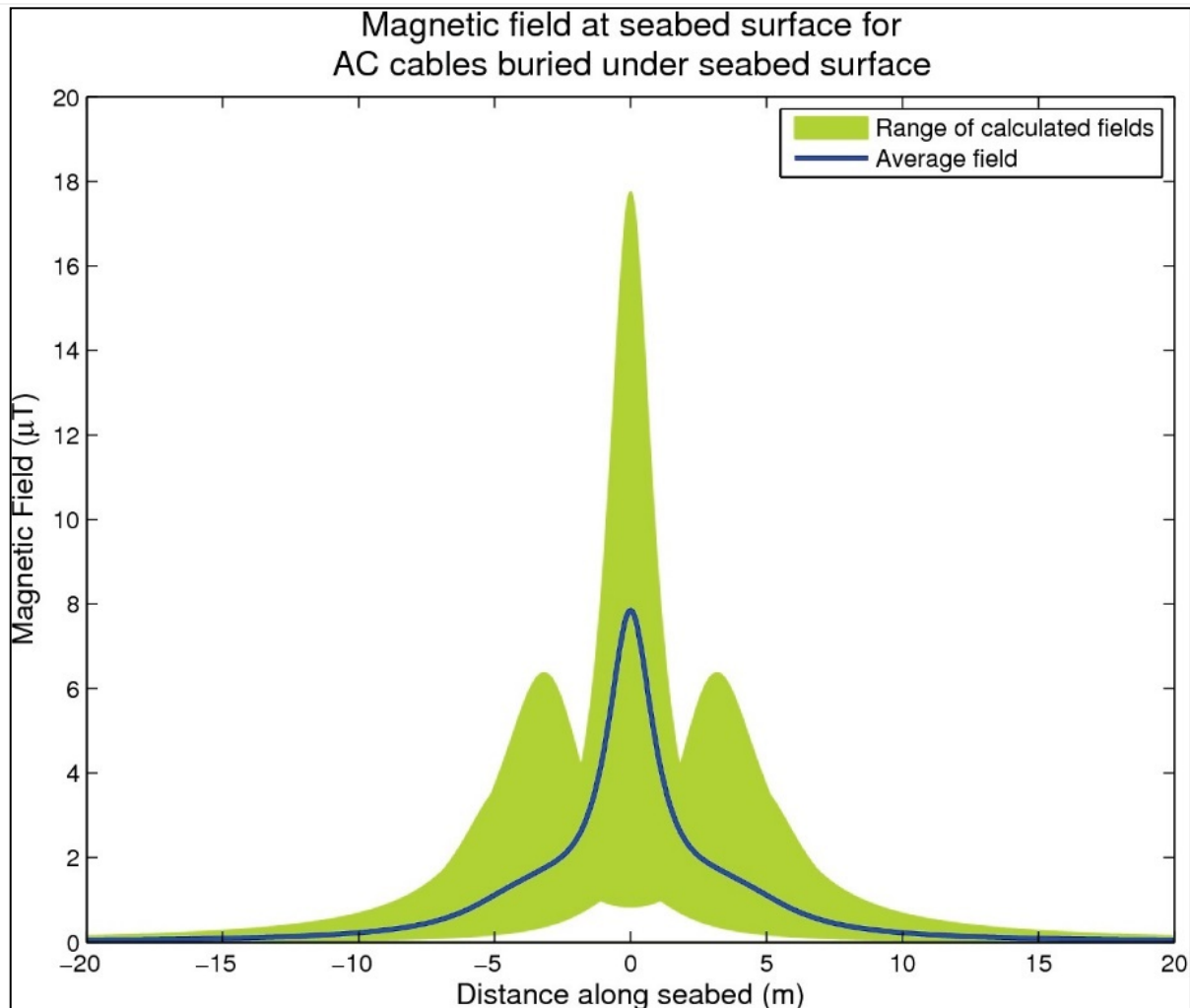


Figura 9: diagramma dell'intensità del campo magnetico generato sulla superficie del fondo marino da cavo AC sepolto.

## 7. Specie marine sensibili ai campi elettrici e magnetici

Nel presente impianto eolico offshore è prevista una rete di cavidotti (*array cabling*), per il trasporto di energia elettrica tra le varie strutture dell'impianto collegando tra loro gli aerogeneratori, gli aerogeneratori con la sottostazione elettrica offshore e la sottostazione offshore con quella onshore. All'interno del parco eolico questa rete crea campi elettromagnetici artificiali, che possono interferire con i sistemi di orientamento di diverse specie marine a breve e lungo raggio (Dolman *et al.*, 2004). I campi elettromagnetici potrebbero alterare il trofismo, la migrazione, la riproduzione o la suscettibilità alla predazione di animali presenti nelle vicinanze dei cavi, con il rischio aggiuntivo di lesioni e mortalità a seconda della forza del campo elettromagnetico generato (USDE, 2009).

<b>0</b>	<b>25/10/2022</b>	<b>EMISSIONE PER RICHIESTA DI SCOPING</b>	<b>SS/GG/GB</b>	<b>SS</b>	<b>EB</b>
<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	<b>Titolo Revisione</b>	<b>Elaborato</b>	<b>Verificato</b>	<b>Approvato</b>
Documento di proprietà di Mpower S.r.l. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.			File: <b>SNW.SCOP.R.08.00 Relazione EMF sulla fauna marina.docx</b>		

Contraente:  global • engineering • solutions	<b>Progetto per la realizzazione di una CENTRALE          EOLICA OFFSHORE nel Mare di Sardegna,          denominata "SARDINIA NORTH-WEST"</b>		Proponente: 	
	<b>RELAZIONE VALUTAZIONE IMPATTO          EMISSIONI EMF SULLA FAUNA MARINA</b>			
Doc.: <b>SNW.SCOP.R.08.00</b>	Commessa: <b>SARDINIA NW</b>	Contratto: <b>30/11/2021</b>	Doc. Prop.:	
	Rev. <b>0</b>			
	Data: <b>25/10/2022</b>	Pagina <b>16</b> di <b>26</b>		

In generale, l'attività di posizionamento dei cavi richiede una o due mezzi navali, ciò si traduce in un aumento a breve termine dei livelli di rumore nell'ambiente marino. Impatti elettromagnetici, dovuti al cablaggio utilizzato per collegare le turbine, possono verificarsi potenzialmente sui mammiferi marini e influenzare il loro complesso sistema di navigazione e orientamento. Questo tipo di impatto appartiene ad un campo di ricerca relativamente poco esplorato, ma effetti magnetici diretti su Mysticeti ed Odontoceti sembrano verificarsi soprattutto a distanza ravvicinata dal cavidotto (Gill *et al.*, 2005).

Uno studio (Czech-Damal *et al.*, 2011) sulla specie *Sotalia guianensis*, un delfino della costa atlantica del Sud America, ha dimostrato la presenza di organi sensoriali (elettrorecettori) deputati al trofismo, attraverso la rilevazione di campi elettromagnetici (elettroricezione o elettrolocalizzazione) generati dalla preda. In particolare però gli effetti di disturbo indotti dalla corrente elettrica trasferita dal cavidotto potrebbero essere molto importanti per gli Elasmobranchi che sono altamente sensibili ai campi magnetici.

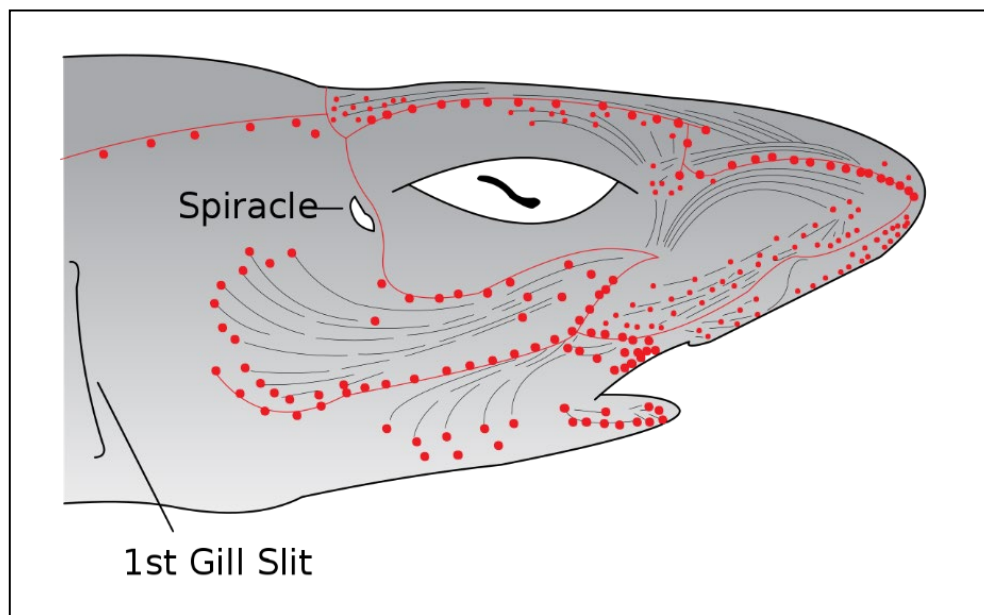


Figura 10: Elettrorecettori (Ampolle di Lorenzini) e canali della linea laterale nella testa di uno squalo.

Organi di senso magnetici o elettrici sono stati segnalati per un'ampia gamma di *taxa*<sup>1</sup> marini (Tabelle 1 e 2). Si ritiene che i mammiferi marini siano dotati di senso magnetico comune anche a tartarughe marine, a molti gruppi di pesci (compresi gli Elasmobranchi) e a diversi gruppi di invertebrati. La capacità di rilevare i campi elettrici è ben nota per gli Elasmobranchi

<sup>1</sup> *Tàxon s. m. [ propr. neutro lat. scient., dal gr. τάξις «ordine»] (pl. taxa). – Nella sistematica biologica e botanica, termine che indica una categoria sistematica non meglio circoscritta e definita (può essere di qualsiasi grado: specie, genere, famiglia, ecc.); corrisponde a entità, raggruppamento sistematico (da <https://www.treccani.it/vocabolario/taxon/>)*

<b>0</b>	<b>25/10/2022</b>	<b>EMISSIONE PER RICHIESTA DI SCOPING</b>	<b>SS/GG/GB</b>	<b>SS</b>	<b>EB</b>
Rev.	Data	Titolo Revisione	Elaborato	Verificato	Approvato
Documento di proprietà di Mpower S.r.l. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.			File: <b>SNW.SCOP.R.08.00 Relazione EMF sulla fauna marina.docx</b>		

Contraente:  mpower <small>global • engineering • solutions</small>	<b>Progetto per la realizzazione di una CENTRALE          EOLICA OFFSHORE nel Mare di Sardegna,          denominata "SARDINIA NORTH-WEST"</b>		Proponente: 	
	<b>RELAZIONE VALUTAZIONE IMPATTO          EMISSIONI EMF SULLA FAUNA MARINA</b>			
Commessa: <b>SARDINIA NW</b>		Contratto: <b>30/11/2021</b>		
Rev. <b>0</b>				
Doc.: <b>SNW.SCOP.R.08.00</b>	Data: <b>25/10/2022</b>	Pagina <b>17</b> di <b>26</b>	Doc. Prop.:	

e la presenza diffusa delle strutture anatomiche note come *ampolle di Lorenzini*<sup>2</sup> suggerisce che si tratta di una capacità praticamente universale all'interno del *taxon*. Anche alcuni gruppi di pesci ossei (come lamprede e storioni) e alcuni altri teleostei possiedono un sistema elettro sensoriale molto avanzato. Pochi sono invece i dati sperimentali raccolti sugli invertebrati, ad eccezione di test comportamentali, fisiologici e anatomici condotti sui Crostacei Decapodi, gruppo cui appartengono granchi, gamberi e aragoste.

Molte domande fondamentali sui meccanismi dei sistemi sensoriali e sulle funzioni vitali supportate da questi sensi non sono state risolte. Solo una piccola parte delle specie marine è stata studiata direttamente per i loro sensi magnetici o elettrici. Anche per le specie studiate, il lavoro si è spesso concentrato su un particolare stadio di vita, per cui le capacità sensoriali per le altre fasi vitali sono sconosciute. La ricerca si è anche concentrata sui comportamenti e le interazioni intra- e interspecifiche, e gli studi che valutano la risposta ai campi elettromagnetici dei cavi elettrici delle specie marine sono quasi del tutto assenti dalla letteratura; alcuni studiosi suggeriscono che ci sia risposta (ad esempio, Gill et al. 2009, Westerberg 2000), mentre altri non lo ritengono possibile (ad esempio, Andrulowicz et al. 2003). Tuttavia non è ancora stata affrontata la questione delle conseguenze positive o negative a livello individuale, di popolazione o di sistema. Pertanto, le lacune nei dati raccolti sulle specie marine e sulle loro risposte fisiologiche ai campi elettromagnetici antropogenici rendono le conclusioni sui potenziali impatti altamente speculative.

<sup>2</sup> Le ampolle di Lorenzini sono speciali organi di senso posseduti dagli elasmobranchi (squali e razze) e da alcune specie di Condrostei e Dipnoi. Si trovano nella parte anteriore della testa e formano una rete di canali costituite da piccole sacche con celle piene di gel elettro-conduttivo da cui si dipartono dei piccoli tubi che si aprono sulla superficie della pelle mediante pori. Attraverso questi organi gli squali e le razze riescono ad individuare i campi elettromagnetici prodotti da eventuali prede. Più specificamente riescono a rilevare la differenza di potenziale elettrico tra l'estremità del poro e la base delle cellule elettricettive. La soglia di sensibilità di alcuni squali può essere anche a solo 5 nV/cm. Attraverso le ampolle gli animali sono in grado di percepire il campo magnetico terrestre, sono quindi organi usati anche per l'orientamento. Furono scoperte e descritte da Stefano Lorenzini nel 1678 ([https://it.wikipedia.org/wiki/Ampolle\\_di\\_Lorenzini](https://it.wikipedia.org/wiki/Ampolle_di_Lorenzini)).

<b>0</b>	<b>25/10/2022</b>	<b>EMISSIONE PER RICHIESTA DI SCOPING</b>	<b>SS/GG/GB</b>	<b>SS</b>	<b>EB</b>
<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	<b>Titolo Revisione</b>	<b>Elaborato</b>	<b>Verificato</b>	<b>Approvato</b>
Documento di proprietà di Mpower S.r.l. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.			File: <b>SNW.SCOP.R.08.00 Relazione EMF sulla fauna marina.docx</b>		



Contraente:



**Progetto per la realizzazione di una CENTRALE EOLICA OFFSHORE nel Mare di Sardegna, denominata "SARDINIA NORTH-WEST"**

Proponente:



**RELAZIONE VALUTAZIONE IMPATTO EMISSIONI EMF SULLA FAUNA MARINA**

Commessa: **SARDINIA NW**

Contratto: **30/11/2021**

Rev. **0**

Doc.: **SNW.SCOP.R.08.00**

Data: **25/10/2022**

Pagina **18** di **26**

Doc. Prop.:

Gruppo	Nome	Sensibilità	Livello di sensibilità	Funzioni vitali potenzialmente esposte
CONDROITTI (Elasmobranchi)	Squalidae (squali)	Nessun dato	B	Nessun dato
	Squalo nutrice	E	B	Alimentazione, predazione o riconoscimento interspecifico
	Lamnidae (squali bianchi)	E/M?	B, A	Alimentazione, predazione o riconoscimento interspecifico, spostamenti
	Scyliorhinidae (Gattuccio)	E	B, P	Alimentazione, predazione o riconoscimento interspecifico
	Triakidae (Carcariniformi)	E	B	Alimentazione, predazione o riconoscimento interspecifico
	Requin (Carcarinidi)	E	B	Alimentazione, predazione o riconoscimento interspecifico, spostamenti
		E/M	B, A	Alimentazione, predazione o riconoscimento interspecifico, spostamenti
		Nessun dato	B	Nessun dato
	Pesci martello	E/M	B, A	Alimentazione, predazione o riconoscimento interspecifico, spostamenti
		E	B, A	Alimentazione, predazione o riconoscimento interspecifico
	Torpedini	E	B	Alimentazione, predazione o riconoscimento interspecifico
	Razze	E	P	Alimentazione, predazione o riconoscimento interspecifico
	Pastinaca	E	A, T, P	Alimentazione, predazione o riconoscimento interspecifico
		E/M	B, A	Alimentazione, predazione o riconoscimento interspecifico, spostamenti
	Manta	E	B, T	Alimentazione, predazione o riconoscimento interspecifico
		E/M	B, P	Alimentazione, predazione o riconoscimento interspecifico, spostamenti
Chimere	E	T	Spostamenti	
OSTEITTI	Lampreda	E	P	Alimentazione, predazione o riconoscimento interspecifico
	Storioni	E	B, P	Alimentazione, predazione o riconoscimento interspecifico
		E/M	B	Alimentazione, predazione o riconoscimento interspecifico, spostamenti
	Anguille	E/M	P, B, A	Alimentazione, predazione o riconoscimento interspecifico, spostamenti
		M	P	Spostamenti
	Siluro di mare	E	P, A	Alimentazione, predazione o riconoscimento interspecifico
	Salmonidi	M	B, A	Spostamenti
		M/E	P, B, A	Alimentazione, predazione o riconoscimento interspecifico, spostamenti
	Merluzzi	E	B	Alimentazione, predazione o riconoscimento interspecifico
	Pesci scorpione	M	P	Spostamenti
	Perciformi	M	B	Spostamenti
	Sgombri	M	B, A	Spostamenti
Pleuronectidae (Sogliola, Platessa)	Nessun dato	Nessuna tossicità	Spostamenti	
	M	B	Spostamenti	

Legenda: M: Media, B: Elevata (Sensibilità); B=Comportamentale, A=Anatomica, P=Fisiologica, T=Teorica (Livello)

Tabella 1: Livelli di sensibilità elettrica (E) e magnetica (M) nei pesci marini – sintesi delle conoscenze (da Normandeau et al., 2011 modificato).

<b>0</b>	<b>25/10/2022</b>	<b>EMISSIONE PER RICHIESTA DI SCOPING</b>	<b>SS/GG/GB</b>	<b>SS</b>	<b>EB</b>
<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	<b>Titolo Revisione</b>	<b>Elaborato</b>	<b>Verificato</b>	<b>Approvato</b>
Documento di proprietà di Mpower S.r.l. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.			File: <b>SNW.SCOP.R.08.00 Relazione EMF sulla fauna marina.docx</b>		



Contraente:  global • engineering • solutions	<b>Progetto per la realizzazione di una CENTRALE EOLICA OFFSHORE nel Mare di Sardegna, denominata "SARDINIA NORTH-WEST"</b>		Proponente: 	
	<b>RELAZIONE VALUTAZIONE IMPATTO EMISSIONI EMF SULLA FAUNA MARINA</b>			
Commessa: <b>SARDINIA NW</b>		Contratto: <b>30/11/2021</b>		
Rev. <b>0</b>				
Doc.: <b>SNW.SCOP.R.08.00</b>	Data: <b>25/10/2022</b>	Pagina <b>19</b> di <b>26</b>		Doc. Prop.:

Gruppo	Nome	Sensibilità	Livello di sensibilità	Funzioni vitali potenzialmente esposte
Mammiferi	Misticeti	M	T	Spostamenti
	Odontoceti	M	T, B, A	Spostamenti
		Nessun dato	T	Nessun dato
Tartarughe marine		M	B, T	Spostamenti
Molluschi	Gasteropodi	M	B	Orientamento
	Bivalvi	Nessun dato	Nessuna tossicità	
		M	P	Incerto
Artropodi	Isopodi	Nessun dato	Nessuna tossicità	
		M	B	Orientamento
	Anfipodi	M	B	Orientamento
	Gamberi	Nessun dato	Nessuna tossicità	
	Scampi	Nessun dato	P	
	Astici	M	P	Orientamento
		E	B	Alimentazione, predazione o riconoscimento interspecifico
	Aragoste	M	B, A	Spostamenti
	Granchi	Nessun dato	Nessuna tossicità	
Echinodermi	Stelle marine	M	P, sviluppo embrionale	Riproduzione

Legenda: M: Media, B: Elevata (Sensibilità); B=Comportamentale, A=Anatomica, P=Fisiologica, T=Teorica (Livello)

Tabella 2: Livelli di sensibilità elettrica (E) e magnetica (M) in invertebrati, rettili e mammiferi marini – sintesi delle conoscenze (da Normandeau et al., 2011 modificato).

Nonostante queste incertezze, le informazioni disponibili consentono di fare alcune deduzioni sui potenziali effetti dei CEM. Le funzioni vitali supportate da un senso magnetico possono includere l'orientamento, l'*homing*<sup>3</sup> e altre migrazioni o spostamenti a lungo o corto raggio. Le funzioni vitali supportate da organi di senso elettrico possono includere l'individuazione di prede o predatori oppure altri comportamenti sociali o riproduttivi. Il rischio di interferenza con queste funzioni esiste sicuramente in prossimità dei cavi, dove le capacità sensoriali si sovrappongono ai livelli di correnti elettromagnetiche che gli organismi rilevano.

Il confronto tra i risultati dei modelli teorici e le capacità sensoriali degli organismi mostra chiare differenze tra le probabili risposte delle specie sensibili ai campi elettromagnetici dei cavi a corrente alternata rispetto a quelli a corrente continua. Le ricerche suggeriscono che le specie marine hanno maggiori probabilità di rilevare e reagire ai campi magnetici dei cavi a corrente continua rispetto a quelli a corrente alternata. Non è chiaro, tuttavia, se ciò valga anche per le specie elettrosensibili. I campi elettrici indotti in corrente alternata potrebbero essere rilevanti se le specie elettrosensibili si dimostrassero sensibili a campi dell'ordine di 50-60 Hz e a frequenze più elevate.

La maggior parte delle specie marine potrebbe non percepire campi elettrici o magnetici di intensità molto bassa alle frequenze di trasmissione dell'energia elettrica in corrente alternata. I

<sup>3</sup> s. ingl. [der. del v. (to) home «tornare a casa, ritrovare la via di casa»], usato in ital. al masch. – In etologia, l'insieme dei comportamenti che consentono a un animale di ritrovare un luogo familiare e che implicano l'esistenza di complessi meccanismi di orientamento (da <https://www.treccani.it/homing>).

<b>0</b>	<b>25/10/2022</b>	<b>EMISSIONE PER RICHIESTA DI SCOPING</b>	<b>SS/GG/GB</b>	<b>SS</b>	<b>EB</b>
Rev.	Data	Titolo Revisione	Elaborato	Verificato	Approvato
Documento di proprietà di Mpower S.r.l. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.			File: <b>SNW.SCOP.R.08.00 Relazione EMF sulla fauna marina.docx</b>		

Contraente:  global • engineering • solutions	<b>Progetto per la realizzazione di una CENTRALE EOLICA OFFSHORE nel Mare di Sardegna, denominata "SARDINIA NORTH-WEST"</b>		Proponente: 	
	<b>RELAZIONE VALUTAZIONE IMPATTO EMISSIONI EMF SULLA FAUNA MARINA</b>			
Commessa: <b>SARDINIA NW</b>		Contratto: <b>30/11/2021</b>		
Rev. <b>0</b>				
Doc.: <b>SNW.SCOP.R.08.00</b>	Data: <b>25/10/2022</b>	Pagina <b>20</b> di <b>26</b>		Doc. Prop.:

campi magnetici AC di intensità inferiore a 5  $\mu\text{T}$  potrebbero non essere percepiti dai sistemi basati sulla magnetite (ad esempio, quelli posseduti da mammiferi, tartarughe, pesci, invertebrati), anche se questa soglia è teorica e deve essere confermata sperimentalmente. I campi elettrici AC di bassa intensità indotti dai cavi elettrici potrebbero non essere percepiti direttamente a distanze superiori a pochi metri dai sistemi ampollari sensibili alle basse frequenze dei pesci elettrosensibili.

Tuttavia, i campi elettrici in corrente alternata associati ai cavi elettrici possono evocare risposte più intense da parte delle specie associate all'habitat bentonico, soprattutto in prossimità dei cavi. L'intensità dei campi magnetici misurati sperimentalmente intorno ai cavi a corrente continua è superiore a quella dei campi intorno ai cavi a corrente alternata con tensioni simili, e gli organismi magnetosensibili sono probabilmente in grado di rilevare campi magnetici a corrente continua di bassa intensità ( $<10 \text{ nT}$  [ $<0,01 \mu\text{T}$ ]), ben al di sotto dei livelli previsti per i cavi destinati agli impianti offshore. Ci si chiede se l'alterazione del campo magnetico intorno a un cavo CC possa interferire con l'orientamento o la navigazione delle specie magnetorecettive.

I campi elettrici in corrente continua sono generati anche dal flusso di ioni carichi (ad esempio, acqua di mare, un organismo in movimento) che si muovono attraverso un campo magnetico in corrente continua. I pesci elettrosensibili sono altamente sensibili a gradienti di campo elettrico CC fino a 5 nV/cm mentre nuotano attraverso di essi. I campi bioelettrici prodotti dagli organismi viventi sono principalmente campi in corrente continua prodotti da gradienti ionici all'interno dell'organismo (sebbene vengano generati anche campi in corrente alternata). Sebbene i campi elettrici indotti dai cavi sottomarini non imitino direttamente le prede bioelettriche, i conspecifici o i predatori, questi campi risultanti possono influenzare il comportamento delle specie elettrosensibili.

## 8. Risposta degli organismi marini

Diverse pubblicazioni scientifiche riportano evidenze sulle risposte etologiche di alcuni animali marini. Ad esempio, gli esemplari giovani dello *Squalo bianco di sabbia* ritornano negli estuari o nelle acque costiere per diversi anni e la dipendenza di questa specie da specifici estuari dell'Atlantico centrale ha portato all'identificazione di aree di particolare interesse per gli habitat (HAPC). Per tutta la loro vita questi squali si nutrono di invertebrati bentonici o pesci demersali.

La combinazione di questi comportamenti e l'attenzione su queste acque per lo sviluppo di progetti eolici offshore indicano che esiste un'alta probabilità che questa specie venga esposta a cavi elettrici sottomarini. Esperimenti con squali bianchi di sabbia che nuotano liberamente hanno dimostrato la loro risposta (orientamento) alle basse intensità dei campi elettrici. Sebbene i giovani possano essere condizionati a rilevare campi magnetici CC, il meccanismo di questa risposta non è chiaro; i risultati suggeriscono che questa specie potrebbe reagire ai campi elettrici indotti risultanti dai campi magnetici dei cavi di alimentazione. Non sono stati condotti test sul

<b>0</b>	<b>25/10/2022</b>	<b>EMISSIONE PER RICHIESTA DI SCOPING</b>	<b>SS/GG/GB</b>	<b>SS</b>	<b>EB</b>
<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	<b>Titolo Revisione</b>	<b>Elaborato</b>	<b>Verificato</b>	<b>Approvato</b>
Documento di proprietà di Mpower S.r.l. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.			File: <b>SNW.SCOP.R.08.00 Relazione EMF sulla fauna marina.docx</b>		

Contraente:  global • engineering • solutions	<b>Progetto per la realizzazione di una CENTRALE EOLICA OFFSHORE nel Mare di Sardegna, denominata "SARDINIA NORTH-WEST"</b>		Proponente: 	
	<b>RELAZIONE VALUTAZIONE IMPATTO EMISSIONI EMF SULLA FAUNA MARINA</b>			
Commessa: <b>SARDINIA NW</b>		Contratto: <b>30/11/2021</b>		
Rev. <b>0</b>				
Doc.: <b>SNW.SCOP.R.08.00</b>	Data: <b>25/10/2022</b>	Pagina <b>21</b> di <b>26</b>		Doc. Prop.:

campo per esaminare il comportamento degli squali banchi di sabbia in prossimità di cavi elettrici sottomarini, quindi l'estrapolazione della letteratura disponibile come valutazione degli impatti può essere solo speculativa. L'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dai cavi di alimentazione potrebbe interferire con le attività di alimentazione, ma la simulazione sperimentale ha dimostrato che è probabile che le intensità di campo al di sopra delle soglie di sensibilità apparente siano limitate nello spazio. Pertanto, l'intensità dell'impatto potrebbe variare da trascurabile (ad esempio, un leggero aumento dello sforzo impiegato per l'alimentazione a causa di falsi segnali) a moderata (ad esempio, il cavo che passa attraverso una zona marina importante per il trofismo e con conseguente perdita di opportunità di alimentazione). Si prevede che altri squali demersali con popolazioni costiere (e in particolare con giovani ad habitus costiero) potrebbero dare risposte etologiche simili.

Il *Salmone rosso* è anadromo, tornando ai fiumi per deporre le uova e i giovani rimangono vicino alla costa per un certo periodo prima di dirigersi verso il mare aperto. Entrambi gli stadi di vita dipendono in parte dal campo geomagnetico, necessario per raggiungere le loro destinazioni. Il salmone rosso è pelagico quando raggiunge lo stadio giovanile, scende a valle ed entra nell'oceano. Sebbene i risultati delle simulazioni suggeriscano che i campi magnetici emessi dai cavi AC potrebbero essere rilevabili dal salmone, il pesce dovrebbe trovarsi entro diversi metri dal cavo per farlo; uno stile di vita pelagico ben al di sopra del fondo suggerisce che l'esposizione è improbabile. Cavi CC ampiamente separati potrebbero emettere campi magnetici a intensità superiori alla soglia apparente di questa specie. Se il cavo fosse orientato in modo tale che il suo campo magnetico alterasse localmente il campo geomagnetico, in particolare nelle immediate vicinanze di una foce di un estuario, gli adulti durante la migrazione riproduttiva e i giovani all'uscita in mare potrebbero essere indotti all'errore e cambiare rotta. Poiché esistono evidenze scientifiche che questa specie, durante la migrazione, fa affidamento su più sensi, inclusi la vista e l'olfatto, questi pesci potrebbero essere in grado di compensare una perturbazione localizzata nel segnale geomagnetico. Si prevede che altri salmonidi con un comportamento riproduttivo simile sperimenterebbero lo stesso tipo di effetto.

Il Tursiopo (*Tursiops truncatus*, Montagu, 1821) è un cetaceo odontoceto appartenente alla famiglia dei Delfinidi. Questi animali, oltre ad essere molto sensibili al campo geomagnetico, sono presenti in acque costiere e hanno habitus bentonico. Nell'Atlantico occidentale, spiaggiamenti vivi di questa specie sono stati correlati con minimi geomagnetici, rispondendo apparentemente a variazioni fino a  $<0,05 \mu T$ . In ragione dell'etologia della specie, i tursiopi potrebbero essere esposti a cavi elettrici sottomarini provenienti da progetti eolici offshore. I cavi CC avrebbero il maggior potenziale per influenzare questa specie e gli studi teorici suggeriscono che il tursiopo potrebbe rilevare il campo emesso da un cavo CC fino a 50 m direttamente sopra il cavo. L'effettiva intensità del campo sarebbe, tuttavia, influenzata dall'orientamento del cavo rispetto al campo geomagnetico. È ipotizzabile che un delfino possa percepire il campo magnetico del cavo e modificare così la sua direzione. Una volta fuori dall'influenza del cavo nel giro di pochi metri, è probabile che l'animale ritorni sulla rotta iniziale. Ci si potrebbe aspettare che altri delfini

<b>0</b>	<b>25/10/2022</b>	<b>EMISSIONE PER RICHIESTA DI SCOPING</b>	<b>SS/GG/GB</b>	<b>SS</b>	<b>EB</b>
<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	<b>Titolo Revisione</b>	<b>Elaborato</b>	<b>Verificato</b>	<b>Approvato</b>
Documento di proprietà di Mpower S.r.l. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.			File: <b>SNW.SCOP.R.08.00 Relazione EMF sulla fauna marina.docx</b>		

Contraente:  mpower <small>global • engineering • solutions</small>	<b>Progetto per la realizzazione di una CENTRALE          EOLICA OFFSHORE nel Mare di Sardegna,          denominata "SARDINIA NORTH-WEST"</b>		Proponente: 	
	<b>RELAZIONE VALUTAZIONE IMPATTO          EMISSIONI EMF SULLA FAUNA MARINA</b>			
Commessa: <b>SARDINIA NW</b>		Contratto: <b>30/11/2021</b>		
Rev. <b>0</b>				
Doc.: <b>SNW.SCOP.R.08.00</b>	Data: <b>25/10/2022</b>	Pagina <b>22</b> di <b>26</b>		Doc. Prop.:

e abbiano risposte simili, ma assimilare il comportamento del tursiope a quello di altri mammiferi marini, come le balene (di cui si hanno solo dati molto frammentari) sarebbe davvero una forzatura.

Il senso geomagnetico nelle tartarughe *Caretta caretta* è stato studiato in modo abbastanza approfondito, comprese le prime fasi di vita, che sono assai critiche. Ci sono indicazioni che il senso geomagnetico è fondamentale affinché l'animale giunga a destinazione (ad es. spiagge di nidificazione, aree di alimentazione), ma che sono necessari anche segnali olfattivi e visivi. I piccoli esposti a campi magnetici pulsati a bassa intensità nuotavano in modo casuale rispetto agli animali di controllo che nuotavano a est. I cavi elettrici posizionati nelle immediate vicinanze delle spiagge di nidificazione potrebbero influire sulla capacità dei piccoli di nuotare nella giusta direzione. Si presume che qualsiasi specie di tartaruga marina possa essere colpita allo stesso modo.

Le aragoste subiscono sia migrazioni stagionali che escursioni giornaliere trofiche. Sono sensibili al campo magnetico terrestre e usano questo senso sia per gli spostamenti che per l'homing. Le aragoste sono sempre in contatto con il fondo del mare e sarebbero pertanto esposte alla massima intensità del campo magnetico di qualsiasi cavo sottomarino. Le soglie di sensibilità non sono state determinate, ma i calcoli teorici hanno suggerito che un campo magnetico emesso da un cavo a 60 Hz CA dovrebbe essere di almeno 5  $\mu$ T per essere rilevabile dal sistema a base di magnetite dell'aragosta, un'intensità di campo che potrebbe verificarsi solo all'interno diversi metri dal cavo, ma entro forse decine di metri da un cavo CC (a seconda dell'orientamento del cavo). Altri decapodi non sono stati studiati a fondo come l'aragosta, ma è ragionevole presumere che coloro che mostrano comportamenti migratori e di ritorno simili possiedano anche capacità magnetosensoriali e potrebbero sperimentare effetti simili se esposti a cavi di alimentazione.

Da quanto sopra esposto, si può ragionevolmente osservare che gli elasmobranchi e le tartarughe marine hanno la più alta probabilità di essere colpiti dall'esposizione ai campi elettromagnetici dei cavi elettrici. L'elettrosensibilità è ampiamente diffusa tra gli elasmobranchi e la magnetosensibilità è ampiamente diffusa tra le tartarughe marine.

Le conseguenze dell'esposizione ai campi elettromagnetici per gli squali non sono chiare, sebbene la probabilità di esposizione per almeno alcuni individui delle specie demersali costiere sia relativamente alta, data l'ampia distribuzione di queste specie. I mammiferi marini hanno una probabilità relativamente bassa di essere colpiti dai campi elettromagnetici dei cavidotti nonostante siano magnetosensibili perché la loro elevata mobilità limiterebbe la durata dell'esposizione. Le popolazioni di alcune specie di crostacei decapodi, quali aragoste e granchi, specie francamente bentoniche e quindi maggiormente esposte alla vicinanza con il cavidotto, potrebbero subire un livello moderato di effetti dai campi elettromagnetici poiché il loro habitat epibentonico e la mobilità relativamente bassa esporrebbero i singoli organismi alle più alte intensità di campo. Sebbene l'elettrosensibilità o la magnetosensibilità siano state dimostrate in

<b>0</b>	<b>25/10/2022</b>	<b>EMISSIONE PER RICHIESTA DI SCOPING</b>	<b>SS/GG/GB</b>	<b>SS</b>	<b>EB</b>
<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	<b>Titolo Revisione</b>	<b>Elaborato</b>	<b>Verificato</b>	<b>Approvato</b>
Documento di proprietà di Mpower S.r.l. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.			File: <b>SNW.SCOP.R.08.00 Relazione EMF sulla fauna marina.docx</b>		

Contraente:  mpower <small>global • engineering • solutions</small>	<b>Progetto per la realizzazione di una CENTRALE EOLICA OFFSHORE nel Mare di Sardegna, denominata "SARDINIA NORTH-WEST"</b>			Proponente: 	
	<b>RELAZIONE VALUTAZIONE IMPATTO EMISSIONI EMF SULLA FAUNA MARINA</b>				
Commessa: <b>SARDINIA NW</b>		Contratto: <b>30/11/2021</b>			
Rev. <b>0</b>					
Doc.: <b>SNW.SCOP.R.08.00</b>	Data: <b>25/10/2022</b>	Pagina <b>23</b> di <b>26</b>		Doc. Prop.:	

un certo numero di osteitti pelagici, la vita nella colonna d'acqua li colloca al di fuori delle maggiori intensità di campo dei cavi sottomarini. La dimostrazione di elettro- o magnetosensibilità nei teleostei demersali è estremamente limitata e non ci fornisce alcun dato utile.

## 9. Indicazioni sulla progettazione e posa dei cavi

In conclusione, numerosi organismi marini sono in grado di rilevare campi elettrici e magnetici e molte specie usano appositi organi di senso per importanti funzioni vitali come la ricerca delle prede o gli spostamenti. Non è stato ancora determinato, tuttavia, se l'esposizione ai campi elettromagnetici da fonti antropogeniche abbia potenzialmente effetti deleteri sull'individuo, né, tantomeno, sulle popolazioni. Pertanto, allo stato attuale del progetto, è prematuro definire completamente quale mitigazione sul cavidotto sia assolutamente necessaria.

Indipendentemente da ciò, esistono diverse soluzioni ingegneristiche che possono essere prese in considerazione per ridurre le emissioni di campi elettromagnetici. Poiché alcuni accorgimenti progettuali forniscono contemporaneamente protezione per il cavo, la loro scelta può essere fatta senza significative implicazioni sui costi aggiuntivi, fornendo un ulteriore elemento per la scelta del tipo di mitigazione. Per esempio, il disegno del cavo e la tensione sono i fattori che possono avere un grande effetto sulla generazione del campo magnetico. I cavi CA sembrano generare intensità di campo magnetico inferiori rispetto ai cavi CC a parità di tensione. I cavi a tensione più alta producono campi magnetici inferiori rispetto ai cavi a tensione più bassa, a parità di potenza erogata. I campi magnetici possono essere ridotti al minimo avvicinando i cavi, consentendo ai vettori di campo di ciascun cavo di annullarsi a vicenda. Anche la guaina del cavo e l'aumento della conduttività e della permeabilità delle guaine riducono il campo magnetico.

L'orientamento di un cavo CC rispetto al campo geomagnetico locale determina l'ampiezza del campo combinato. Il percorso più diretto dagli aerogeneratori all'approdo è generalmente considerato l'alternativa più desiderabile e comporta il minor disturbo del fondale marino. Nelle aree in cui si trovano habitat costieri particolarmente sensibili, come il Coralligeno o le praterie di Posidonia, tuttavia, un può alto disturbo temporaneo può essere un compromesso accettabile per ridurre al minimo gli impatti del campo magnetico associato e bisogna sempre valutare attentamente tutte le possibili alternative.

È possibile raggruppare gli organismi marini potenzialmente esposti agli effetti/impatti generati da un cavidotto offshore in tre gruppi principali, in ragione del loro habitus. Possiamo distinguere migranti costieri, migranti onshore-offshore e specie residenti, per tutto o in parte del loro ciclo di vita. I migranti costieri hanno un'alta probabilità di attraversare anche più volte un cavidotto durante le loro migrazioni stagionali da nord a sud. La probabilità che siano esposti a campi elettromagnetici è funzione del loro comportamento in vicinanza del cavo. Le specie che nuotano in prossimità del fondale marino e quelle che si nutrono sopra o vicino al fondo (organismi

<b>0</b>	<b>25/10/2022</b>	<b>EMISSIONE PER RICHIESTA DI SCOPING</b>	<b>SS/GG/GB</b>	<b>SS</b>	<b>EB</b>
<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	<b>Titolo Revisione</b>	<b>Elaborato</b>	<b>Verificato</b>	<b>Approvato</b>
Documento di proprietà di Mpower S.r.l. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.			File: <b>SNW.SCOP.R.08.00 Relazione EMF sulla fauna marina.docx</b>		



Contraente:  mpower <small>global • engineering • solutions</small>	<b>Progetto per la realizzazione di una CENTRALE EOLICA OFFSHORE nel Mare di Sardegna, denominata "SARDINIA NORTH-WEST"</b>			Proponente:  hexicon AVAPA ENERGY
	<b>RELAZIONE VALUTAZIONE IMPATTO EMISSIONI EMF SULLA FAUNA MARINA</b>			
Doc.: <b>SNW.SCOP.R.08.00</b>	Commissa: <b>SARDINIA NW</b>	Rev. <b>0</b>	Contratto: <b>30/11/2021</b>	Doc. Prop.:
	Data: <b>25/10/2022</b>		Pagina <b>24</b> di <b>26</b>	

bentonti) saranno soggetti a un'esposizione maggiore rispetto a quelle che nuotano o si nutrono nella colonna d'acqua (organismi nectonti). In questo caso, i potenziali rischi derivanti da esposizioni multiple potrebbero essere indotti da errori di navigazione (supponendo che questi non siano corretti dagli altri sensi) o da cambiamenti improvvisi nelle modalità di alimentazione (disponibilità di risorse, presenza di predatori, ecc).

I migranti onshore-offshore raccolgono specie che si spostano annualmente tra acque poco profonde e profonde e specie che eseguono questi movimenti ai fini della riproduzione. Gli individui potrebbero, in questo modo, essere esposti a uno o più cavi più volte nel corso della loro vita. L'orientamento del cavo rispetto alla rotta migratoria e l'ubicazione del punto di arrivo determinerebbero la durata effettiva della loro esposizione. Non è chiaro, tuttavia, se un'esposizione rara, ma ripetuta, indurrebbe un effetto cumulo su queste specie.

Sono considerate residenti, infine, le specie sessili e pivotanti o debolmente mobili (vagili) e quelle che, in fasi di vita diverse, occupano habitat distinti. Sono specie generalmente planctoniche in forma larvale e sessili bentoniche da adulti.

In termini di impatti cumulativi, sono più esposte quelle specie le cui fasi di vita precoci potrebbero essere soggette a ripetute esposizioni allo stesso cavo o gruppo di cavi, sebbene non siano ancora chiariti i cambiamenti nella sensibilità ai campi elettromagnetici durante le successive fasi di vita.

## 10. Misure di mitigazione e conclusioni

Da quanto riportato precedentemente, risulta chiaro che è necessario minimizzare gli impatti dovuti alla messa in posa e all'uso del cavidotto sottomarino. Le emissioni elettromagnetiche potranno essere ridotte eseguendo una oculata scelta e un idoneo posizionamento del cavo (vedi Capitolo 3 e Relazione Elettrica di progetto).

<b>0</b>	<b>25/10/2022</b>	<b>EMISSIONE PER RICHIESTA DI SCOPING</b>	<b>SS/GG/GB</b>	<b>SS</b>	<b>EB</b>
<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	<b>Titolo Revisione</b>	<b>Elaborato</b>	<b>Verificato</b>	<b>Approvato</b>
Documento di proprietà di Mpower S.r.l. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.			File: <b>SNW.SCOP.R.08.00 Relazione EMF sulla fauna marina.docx</b>		



Contraente:  mpower <small>global • engineering • solutions</small>	<b>Progetto per la realizzazione di una CENTRALE          EOLICA OFFSHORE nel Mare di Sardegna,          denominata “SARDINIA NORTH-WEST”</b>		Proponente: 	
	<b>RELAZIONE VALUTAZIONE IMPATTO          EMISSIONI EMF SULLA FAUNA MARINA</b>			
Commissa: <b>SARDINIA NW</b>		Contratto: <b>30/11/2021</b>		
Rev.	<b>0</b>			
Doc.: <b>SNW.SCOP.R.08.00</b>	Data: <b>25/10/2022</b>	Pagina <b>25</b> di <b>26</b>		Doc. Prop.:

## 11. Bibliografia

- Andrulowicz, E. D., D. Napierska, and Z. Otremba. 2003. The environmental effects of the installation and functioning of the submarine SwePol Link HVDC transmission line: a case study of the Polish marine area of the Baltic Sea. *Journal of Sea Research* 49:337-345.
- Bochert, R., and M.L. Zettler. 2004. Long- term exposure of several marine benthic animals to static magnetic fields. *Bioelectromagnetics* 25(7):498–502, <https://doi.org/10.1002/bem.20019>.
- CMACS. 2003. A baseline assessment of electromagnetic fields generated by offshore wind farm cables. University of Liverpool, Centre for Marine and Coastal Studies. Rep. No. COWRIE EMF-01-2002 66. 71 pp.
- Copping A, Hanna L, Hutchison I. 2014. *Best Practices for Monitoring Environmental Effects of Marine Energy Devices*. Report by Aquatera Ltd and Pacific Northwest National Laboratory. pp 36, <https://tethys.pnnl.gov/publications/best-practices-monitoring-environmental-effects-marine-energy-devices>.
- Copping, A, Sather, N, Hannah, L, Whiting, J, Zydlewski, G, Staines, G, Gill, A, Hutchison, I, O'Hagan, A, Simas, T, et al. 2016. Annex IV 2016 State of the Science Report: Environmental Effects of Marine Renewable Energy Development Around the World.
- Czech-Damal <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21795271/> - affiliation-1N.U., Liebschner A., Miersch L, Klauer G., Hanke F.D., Marshall C., Dehnhardt G., Hanke W., 2012. Electroreception in the Guiana dolphin (*Sotalia guianensis*). *Proc Biol Sci*. 2012 Feb 22;279(1729):663-8. doi: 10.1098/rspb.2011.1127.
- Formicki, K., M. Sadowski, A. Tanski, A. Korzelecka-Orkisz, and A. Winnicki. 2004. Behavior of trout (*Salmo trutta* L.) larvae and fry in a constant magnetic field. *Journal of Applied Ichthyology* 20:290.
- Gill, A. B. and H. Taylor. 2001. The potential effects of electromagnetic fields generated by cabling between offshore wind turbines upon elasmobranch fishes. Countryside Council for Wales. Contract Science Report 488. 60 pp.
- Gill, A. B. and A. A. Kimber. 2005. The potential for cooperative management of elasmobranchs and offshore renewable energy development in UK waters. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 85:1075-1081.
- Gill, A. B., Y. Huang, I. Gloyne-Phillips, J. Metcalfe, V. Quayle, J. Spencer, and V. Wearmouth. 2009. 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. COWRIE Ltd. COWRIE-EMF-1-06. 128 pp
- Gill, AB, Bartlett, M and Thomsen, F. 2012a. Potential interactions between diadromous fishes of U.K. conservation importance and the electromagnetic fields and subsea noise from marine renewable energy developments. *Journal of Fish Biology*. 81(2): 664-695.
- Gill, AB, Huang, Y, Spencer, J and Gloyne-Philips, I. 2012b. Electromagnetic fields emitted by high voltage alternating current offshore wind power cables and interactions with marine organisms. *Proceedings of the Electromagnetics in Current and Emerging Energy and Power Systems Seminar Institute of Engineering and Technology, London*.

<b>0</b>	<b>25/10/2022</b>	<b>EMISSIONE PER RICHIESTA DI SCOPING</b>	<b>SS/GG/GB</b>	<b>SS</b>	<b>EB</b>
Rev.	Data	Titolo Revisione	Elaborato	Verificato	Approvato
Documento di proprietà di Mpower S.r.l. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.			File: <b>SNW.SCOP.R.08.00 Relazione EMF sulla fauna marina.docx</b>		

Contraente:  mpower <small>global • engineering • solutions</small>	<b>Progetto per la realizzazione di una CENTRALE          EOLICA OFFSHORE nel Mare di Sardegna,          denominata “SARDINIA NORTH-WEST”</b>		Proponente: 	
	<b>RELAZIONE VALUTAZIONE IMPATTO          EMISSIONI EMF SULLA FAUNA MARINA</b>			
Commissa: <b>SARDINIA NW</b>		Contratto: <b>30/11/2021</b>		
Rev. <b>0</b>				
Doc.: <b>SNW.SCOP.R.08.00</b>	Data: <b>25/10/2022</b>	Pagina <b>26</b> di <b>26</b>		Doc. Prop.:

- ICES. 2019. OSPAR request to advise on the current state and knowledge of studies into the deployment and environmental impacts of wet renewable technologies and marine energy storage systems. *In* Report of the ICES Advisory Committee, 2019. ICES Advice 2019, sr.2019.05, <https://doi.org/10.17895/ices.advice.4894>
- Newton, K.C., A.B. Gill, and S.M. Kajiura. 2019. Electroreception in marine fishes: Chondrichthyans. *Journal of Fish Biology* 95:135–154, <https://doi.org/10.1111/jfb.14068>.
- Norandeau, Exponent, T. Tricas, and A. Gill. 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.
- OSPAR Commission 2009a. Assessment of the Environmental Impact of Offshore Wind-farms. Biodiversity Series, Publ. Nr. 385/2009: 35 pp.
- Soares-Ramos, E.P.P., L. de Oliveira-Assis, R. Sarrias- Mena, and L.M. Fernández-Ramírez. 2020. Current status and future trends of offshore wind power in Europe. *Energy* 202:117787, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117787>.
- Taormina B., Bald J., Want A., Thouzeau G., Lejart M., Desroy N., Carlier 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* November 2018, 96: 380-391.
- Taormina B., Quillien N., Lejart M., Carlier A., Desroy N., Laurans M., D’Eu J.-F., Reynaud M., Perignon Y., Erussard H., Derrien-Courtel S., Le Gal A., Derrien R., Jolivet A., Chauvaud S., Degret V., Saffroy D., Pagot J.-P., Barillier A., 2021. Characterization of the potential impacts of subsea power cables associated with offshore renewable energy projects. Plouzané: France Energies Marines Editions, 2020, 74 pages.
- Westerberg H, Lagenfelt I. Sub-sea power cables and the migration behaviour of the European eel. *Fish Manag Ecol* 2008; 15:369–75.
- Zoë L. Hutchison, David H. Secor and Andrew B. Gill, 2020. The Interaction Between Resource Species and Electromagnetic Fields Associated with Electricity Production by Offshore Wind Farms. *Oceanography*, December 2020, Vol. 33, No. 4, Special issue on understanding the effects of offshore wind energy development on fisheries: 96-107.

<b>0</b>	<b>25/10/2022</b>	<b>EMISSIONE PER RICHIESTA DI SCOPING</b>	<b>SS/GG/GB</b>	<b>SS</b>	<b>EB</b>
<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	<b>Titolo Revisione</b>	<b>Elaborato</b>	<b>Verificato</b>	<b>Approvato</b>
Documento di proprietà di Mpower S.r.l. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.			File: <b>SNW.SCOP.R.08.00 Relazione EMF sulla fauna marina.docx</b>		