

---

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA CENTRALE EOLICA OFFSHORE  
DENOMINATA “SCICLI”  
E OPERE DI CONNESSIONE  
POTENZA NOMINALE: 750 MW**

---

Procedura di Valutazione di Impatto Ambientale ex D.lgs.152/2006  
Domanda di Autorizzazione Unica ex D.lgs. 387/ 2003  
Domanda di Concessione Demaniale Marittima ex R.D. 327/1942

PROPONENTE

**NINFEA RINNOVABILI S.r.l.**

Largo agosto n. 3 20122  
MILANO  
P.IVA: 11920550966

PROGETTAZIONE

**TECNOCONSULT**  
ENGINEERING CONSTRUCTION SRL

Via Einaudi, 20C  
60032 FANO (PU) IT –



ELABORATO

N. TITOLO  
ELABORATO

**RELAZIONE TECNICA ELETTRODOTTO  
MARINO**

DATA	REVISIONE	EMISSIONE	VERIFICATO	APPROVATO
LUGLIO 2024	00	TECNOCONSULT	NINFEA RINNOVABILI	NINFEA RINNOVABILI

CODICE COMMESA	SCICLI	CODICE ELABORATO	REL_05
----------------	--------	------------------	--------



## INDICE DELLA RELAZIONE

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE</b> .....	<b>4</b>
1.1	BREVE DESCRIZIONE DEL PROGETTO .....	4
<b>2</b>	<b>SCOPO DEL DOCUMENTO</b> .....	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>TRACCIATO DELL'ELETTRODOTTO SOTTOMARINO IN CAVO INTERRATO</b> .....	<b>7</b>
3.1	GENERALITÀ.....	7
3.2	ARCHITETTURA ELETTRICA DEL PARCO.....	7
3.3	DESCRIZIONE DEL TRACCIATO IN CAVO INTERRATO.....	10
3.4	ATTRAVERSAMENTI INDIVIDUATI .....	12
3.5	VINCOLI.....	12
3.6	BENI CULTURALI SUBACQUEI .....	13
3.7	VALUTAZIONE OSTACOLO E PERICOLI PER LA NAVIGAZIONE AEREA .....	14
3.8	VALUTAZIONE INTERFERENZE CON OPERE MINERARIE.....	14
<b>4</b>	<b>CARATTERISTICHE TECNICHE DEGLI ELETTRODOTTI IN CAVO INTERRATO</b> .....	<b>15</b>
4.1	PREMESSA .....	15
4.2	CARATTERISTICHE ELETTRICHE E MECCANICHE .....	15
4.3	MODALITÀ DI POSA E DI ATTRAVERSAMENTO .....	18
4.3.1	<i>Lavori di preinstallazione</i> .....	18
4.3.2	<i>Collegamenti tra gli Aerogeneratori e le Stazioni di Trasformazione Offshore</i> .....	18
4.3.3	<i>Cavi di export</i> .....	19
4.3.4	<i>Modalità di regolazione delle interferenze con le condotte esistenti</i> .....	20
4.3.5	<i>Approdo dei cavi marini a terra (HDD)</i> .....	23
4.4	SISTEMA DI TELECOMUNICAZIONI.....	24
4.5	SISTEMA DI MONITORAGGIO .....	25
4.6	CARATTERISTICHE DELLE COMPONENTI DEL CAVIDOTTO .....	25
<b>5</b>	<b>DEFINIZIONE DEL PIANO DI INDAGINE E ATTIVITA'</b> .....	<b>27</b>
<b>6</b>	<b>CAMPI ELETTROMAGNETICI</b> .....	<b>28</b>
<b>7</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOTECNICO</b> .....	<b>29</b>
<b>8</b>	<b>REALIZZAZIONE DELL'OPERA</b> .....	<b>30</b>
<b>9</b>	<b>CONCLUSIONI</b> .....	<b>31</b>



**10 RIFERIMENTI..... 32**



## 1 INTRODUZIONE

L'energia eolica è una delle fonti energetiche rinnovabili fondamentali per la transizione ecologica.

Nel 2023 in Europa, l'installazione di impianti eolici ha registrato un aumento significativo di +17 GW, un record storico, ma, nonostante questa evoluzione, la capacità eolica installata sembra essere ancora insufficiente per soddisfare gli obiettivi della Unione Europea al 2030.

Infatti, la Direttiva 2023/2413 di promozione dell'energia da fonti rinnovabili (c. d. RED III), pubblicata nella Gazzetta Ufficiale Europea del 31 ottobre 2023, ha aumentato dal 32 % al 42,5 % l'obiettivo dell'Unione relativo alla quota di energia da fonti rinnovabili nel consumo lordo di energia entro il 2030, con l'ambizione di raggiungere il 45 %.

In Italia, la potenza eolica installata annuale non segue l'andamento richiesto per raggiungere gli obiettivi 2030 e nel 2023 i nuovi impianti, secondo dati Terna-Gaudì, ammontano a circa 488 MW, in leggera diminuzione sul 2022 (-7%).

Con la sempre minore disponibilità di siti da destinare all'installazione di parchi eolici onshore, l'eolico offshore rappresenta una possibilità per incrementare le energie rinnovabili in Italia e raggiungere sia gli obiettivi energetici posti dalle istituzioni europee per il 2030 sia gli obiettivi intermedio al 2025 e quello del 2030 indicati dal nuovo PNIEC in via di approvazione.

L'Italia è contraddistinta da mari profondi e l'eolico galleggiante presenta le caratteristiche idonee per lo sviluppo di questa specifica tecnologia. Infatti, le strutture flottanti possono essere posizionate anche dove i fondali hanno notevoli profondità, rimanendo anche molto distanti dalla costa. Questo consente la riduzione dell'impatto visivo percepito dalla terraferma e consente lo sfruttamento di aree con disponibilità più elevata della risorsa vento.

### 1.1 Breve descrizione del progetto

In linea con gli indirizzi di politica energetica nazionale ed internazionale relativi alla promozione dell'utilizzo delle fonti rinnovabili volti alla riduzione delle emissioni di gas climalteranti, NINFEA RINNOVABILI S.r.l. si propone di avviare un progetto per la realizzazione di un nuovo impianto eolico offshore denominato "Scicli", di potenza pari a 750 MW, in uno specchio d'acqua nello Stretto di Sicilia a circa 27km dalla costa Siciliana tra Marina di Modica e Marina di Ragusa.

Il progetto prevede l'installazione offshore di:

- 50 aerogeneratori di potenza nominale di 15 MW cadauno, per una potenza nominale complessiva pari a 750 MW, localizzati ad una distanza minima di 27 km e massima di 40 km dalla costa Siciliana;
- 2 sottostazioni elettriche offshore su fondazione fissa (jacket) per l'innalzamento della tensione da 66 kV a 220 kV, ubicate ad una distanza minima di 33 km da costa;
- Cavi di campo (inter-array) per il collegamento delle turbine alle sottostazioni elettriche offshore;



- 4 cavidotti di export a 220 kV per il trasporto dell'energia dalle stazioni elettriche offshore al punto di giunzione a terra.

Il progetto prevede l'installazione onshore di:

- Buca giunti e gruppo di compensazione a terra;
- Cavidotto terrestre per il trasporto di energia dalla stazione di compensazione a terra alla stazione di trasformazione da 220kV a 380kV (stazione utente) ubicata nei pressi della futura Stazione Terna;
- Stazione di trasformazione da 220kV a 380kV (stazione utente);
- Cavidotto di collegamento a 380kV dalla stazione utente alla futura stazione Terna.

Per la connessione del Parco Eolico off-shore di Scicli sono previste delle opere di connessione che consistono in nuove opere della Rete di Trasmissione Nazionale (RTN), in particolare una nuova Stazione Elettrica (SE) a 380 kV da inserire in entra – esci alla esistente linea 380 kV della RTN “Chiamomonte Gulfi – Priolo. Per la nuova SE RTN è in fase di approvazione, da parte di Terna.

Lo schema di connessione alla RTN è individuato nella Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG), con codice pratica 202203856, rilasciata da Terna S.p.A. allegata al preventivo di connessione.



Figura 1-1 – Layout di impianto



## **2 SCOPO DEL DOCUMENTO**

Il presente documento descrive il tracciato marino del collegamento in cavo a partire dagli aerogeneratori offshore fino all'uscita del dell'Horizontal Directional Drilling (HDD, o Trivellazione Orizzontale Controllata – TOC; si veda paragrafi successivi), in prossimità dell'approdo a Marina di Ragusa.

Nello specifico, sono descritte le caratteristiche tecniche e progettuali dell'opera, al fine del rilascio delle autorizzazioni previste dalla legislazione vigente.

### 3 TRACCIATO DELL'ELETTRODOTTO SOTTOMARINO IN CAVO INTERRATO

#### 3.1 Generalità

La rotta del tracciato è stata studiata cercando di contemperare al meglio gli interessi pubblici e privati coinvolti e ha considerato in particolare:

- contenere per quanto possibile la lunghezza del tracciato per occupare la minor porzione possibile di territorio;
- l'individuazione di aree idonee per il sito di approdo a terra (nei quali collocare anche i rispettivi giunti terra-mare);
- le attività di pesca e marittime esercitate nelle aree, in quanto costituiscono il principale fattore di danneggiamento di cavi marini;
- la eventuale presenza di aree marine protette e biocenosi;
- cavi e condotte sottomarine esistenti, in esercizio e fuori servizio;
- la tipologia del fondale e l'andamento batimetrico.

La scelta dei tracciati è stata determinata, oltre che dalla localizzazione degli approdi, in base alla profondità, alle caratteristiche del fondale e alla necessità di incrociare altri cavi e gasdotti esistenti con angoli opportuni.

#### 3.2 Architettura elettrica del parco

Il progetto prevede l'installazione offshore di 50 aerogeneratori di potenza nominale di 15 MW cadauno, per una potenza nominale complessiva pari a 750 MW, situati ad una distanza minima di circa 27 km dalla costa Siciliana. La potenza totale ai fini della connessione coincide con quella nominale dell'impianto

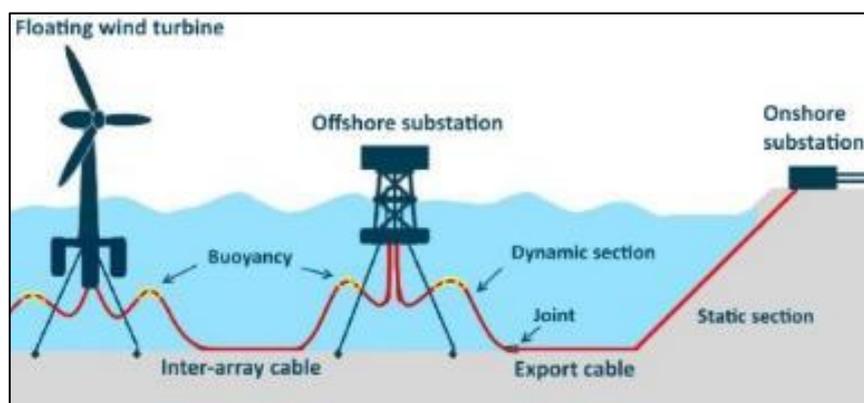


Figura 3-1 – Schematico delle principali opere



Date le profondità dell'area di progetto tra i 144 m e i 203 m, la tecnologia utilizzata per gli aerogeneratori è quella con strutture galleggianti. Detta tecnologia permette di realizzare impianti distanti dalla costa su fondali profondi con impatti ambientali ridotti. La tipologia realizzativa indicata consente il miglior sfruttamento della risorsa eolica in luoghi particolarmente favorevoli, che altrimenti sarebbero inutilizzabili a causa della profondità di fondale.

Le caratteristiche principali del progetto sono presentate nella seguente tabella:

ELEMENTO	DESCRIZIONE
Turbina	Ad asse orizzontale
Piattaforma flottante	Semisommersibile
Ancoraggio	Puntuale nel fondale
Numero di linee di ormeggio per turbina	6
Vita nominale del parco eolico	30 anni
Numero di turbine	50
Potenza della singola turbina	15 MW
Potenza nominale totale	750 MW

Tabella 3.1 – Principali caratteristiche del parco eolico di progetto

L'energia elettrica prodotta in bassa tensione da ciascuna turbina eolica viene elevata alla tensione di 66 kV dal trasformatore presente all'interno della torre o nella navicella.

L'interconnessione tra le turbine è effettuata mediante cavo elettrico dinamico sottomarino, i cui nodi sono posizionati internamente alle torri eoliche. All'interno delle stesse sono collocati i quadri elettrici in alta tensione (AT), con funzioni di sezionamento e protezione individuale di tutti gli apparati presenti a bordo. I gruppi di generazione saranno suddivisi in 13 sottocampi aventi ciascuno una potenza nominale da 45 MW a 60 MW. Le turbine sono interconnesse tra loro con cavi in alta tensione (66 kV); le linee di sottocampo saranno connesse elettricamente nella relativa Stazione di Trasformazione Offshore (STO1 o STO2).

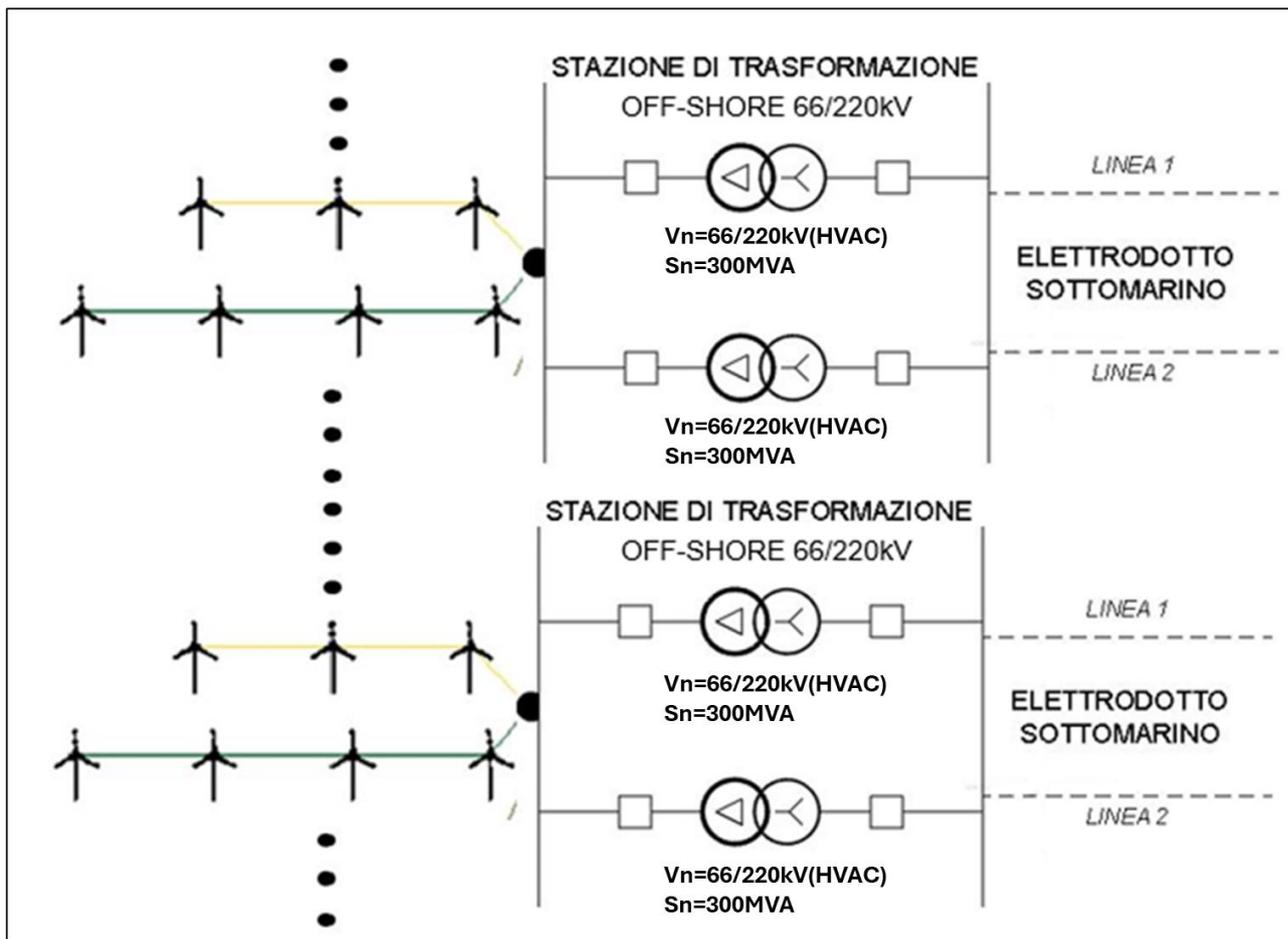


Figura 3-2 – Layout elettrico dell’impianto con sottocampi da 60 MW (verde) e 45 MW (giallo)

In ciascuna delle due Stazione di Trasformazione Offshore (STO1 e STO2) la tensione di 66 kV proveniente dal parco viene elevata a 220 kV tramite una coppia di trasformatori, all’uscita dei quali ha origine un collegamento marino in AT che raggiungerà il punto di sbarco a terra.

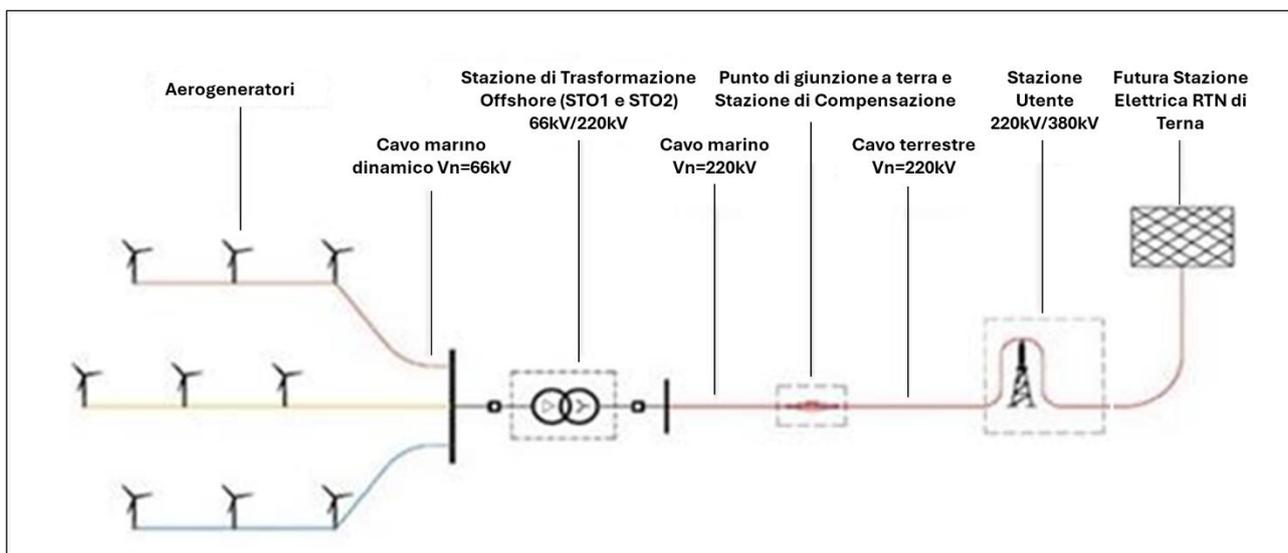


Figura 3-3 – Schema di interconnessione dell’impianto eolico

### 3.3 Descrizione del tracciato in cavo interrato

Il layout del parco eolico prevede il posizionamento di aerogeneratori in maniera pressoché uniformemente distribuito all'interno dello specchio d'acqua selezionato. Si è prevista pertanto una configurazione “radiale” dei cavi di interconnessione a 66 kV all'interno del parco eolico, a partire dagli aerogeneratori esterni, collegando in entra-esce gli aerogeneratori vicini fino a raggiungere le rispettive Stazioni di Trasformazione Offshore.

La seguente immagine riporta graficamente il percorso dei cavidotti 66 kV interni al parco eolico.



Figura 3-4 – Distribuzione dei cavi di collegamento tra gli aerogeneratori e le Stazioni elettriche offshore

La condotta elettrica sottomarina, di collegamento tra le Stazioni di Trasformazioni Offshore e la Stazione di Compensazione, è composta da 4 cavi in AT 220 kV (2 cavi per ciascuna STO) per una lunghezza di circa 54 km, di cui 1,1 km realizzato in Trivellazione Orizzontale Controllata TOC (o horizontal directional drilling HDD) per la parte di transizione mare/terra.

La parte di transizione e approdo è prevista con Trivellazione Orizzontale Controllata, inizia in mare a circa 470 m dalla linea di battigia, a circa 2 km ad est del Porto di Marina di Ragusa e raggiunge la Stazione di Compensazione e buca giunti dopo aver bypassato un parcheggio, un'area verde e la strada provinciale 63. La buca giunti interrata è ubicata all'interno della Stazione di Compensazione tra Via Marbella e Via Don Emanuele Muccio;

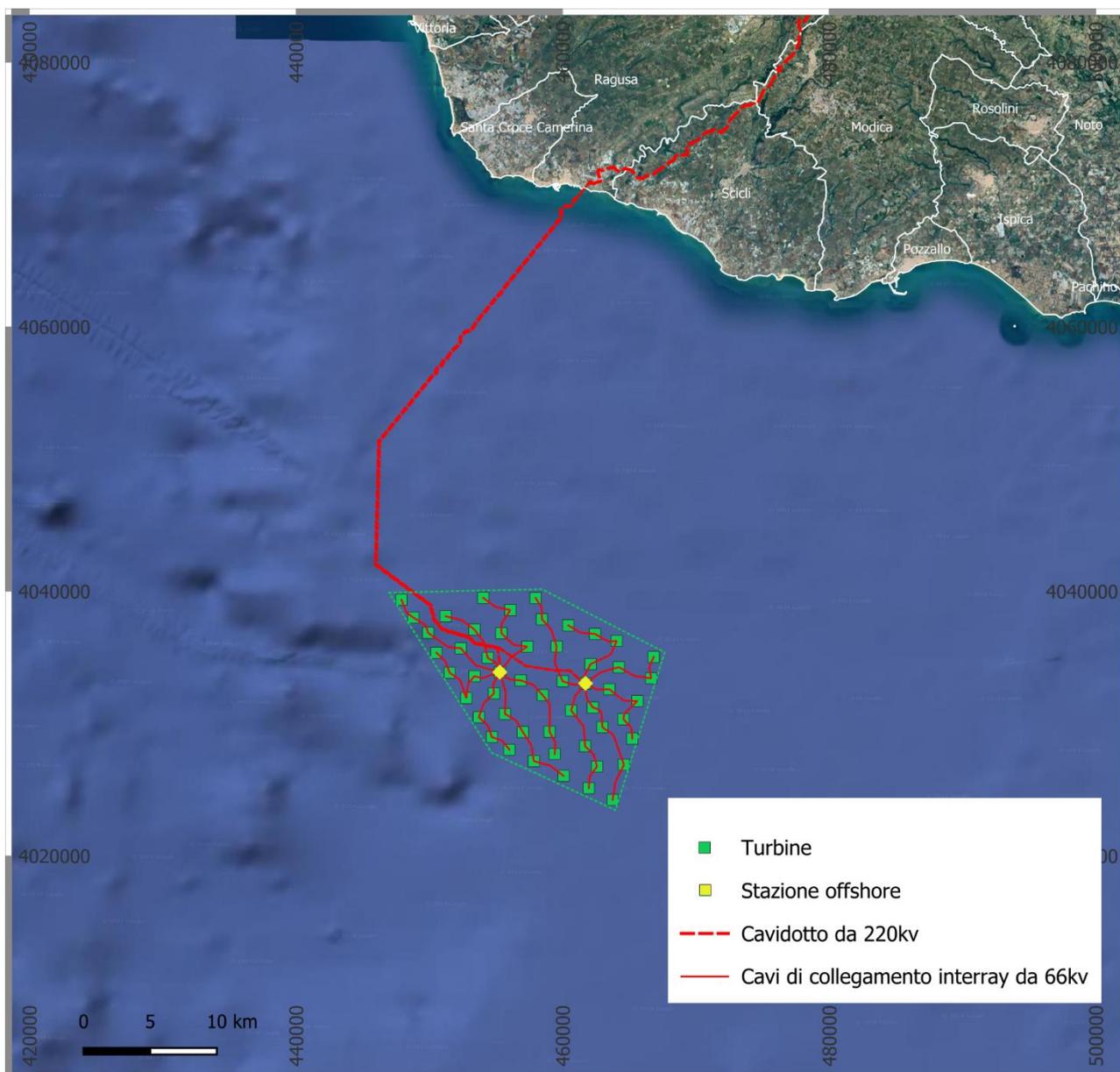


Figura 3-5 – Planimetria generale del tracciato elettrodotto in cavo marino 220kV

Il dettaglio del percorso dei cavidotti di export 220 kv è riportato nell'elaborato TAV\_48 - PARCO EOLICO - TRACCIATO E SEZIONE DEL CAVIDOTTO MARINO (Rif./a5/).

Le caratteristiche dell'area di intervento sono riportate nell'elaborato REL\_16 - RELAZIONE PRELIMINARE ATTIVITÀ DI POSA IN MARE DI CAVI E CONDOTTE E IMMERSIONE MATERIALI INERTI\_ART. 109 DLGS. 152/06 (Rif./a6/).

### 3.4 Attraversamenti individuati

Il rilievo geofisico ha rilevato le seguenti linee esistenti nell'area in prossimità del parco eolico.

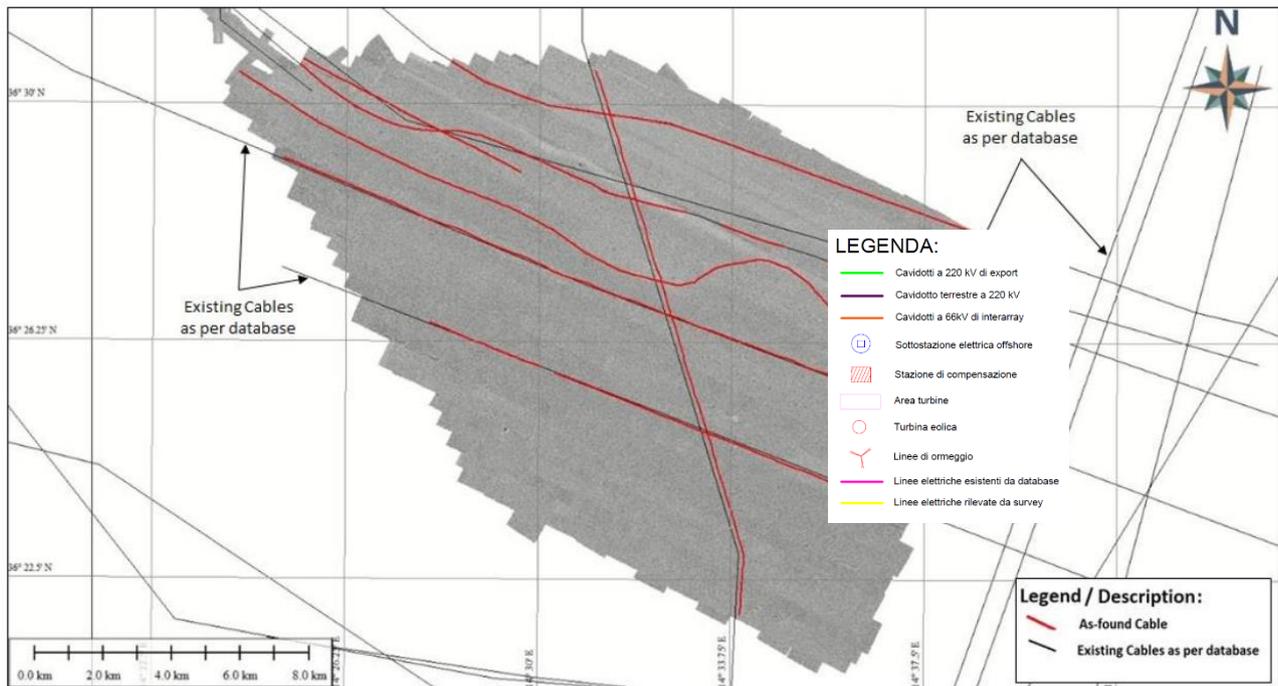


Figura 10-11: Cavi as-found all'interno del LOTTO A

Le linee esistenti attraversate dai cavidotti di progetto sono riassunte nell'elaborato TAV\_17 - UBICAZIONE PARCO EOLICO SU PLANIMETRIA LINEE ESISTENTI (Rif./a8/), alla quale si rimanda per maggiori dettagli.

Sulla base delle informazioni disponibili sono stati definiti dei percorsi dei cavidotti per minimizzare gli attraversamenti.

### 3.5 Vincoli

L'indicazione dei vincoli paesaggistici, ambientali ed archeologici relativi all'area interessata dall'elettrodotto è riportata nel documento REL\_A1 "Studio di Impatto Ambientale" (Rif./a4/).

### 3.6 Beni culturali subacquei

Essendo disponibili pubblicamente i soli dati inerenti ai Beni Culturali Subacquei presenti in prossimità della costa, in data 21 giugno 2024 si è proceduto a richiedere alla Soprintendenza del Mare (Allegato 1) relative informazioni riguardo la presenza di eventuali target di interesse storico, archeologico e moderno, sia in acque territoriali che in acque contigue.

L'area di indagine oggetto di tale richiesta si estende per circa 2.000 km<sup>2</sup> nel tratto di mare costiero tra Punta Braccetto (RG) e Marina di Modica (RG).

Come è possibile osservare, nessun potenziale target archeologico ricade all'interno dell'area di progetto con la sola esclusione del punto S1184 – Vascello italiano da 117 tonnellate affondato il 12/03/1917.

In merito a tale punto si evidenzia come le indagini geofisiche sito specifiche (descritte nel successivo capitolo) non abbiamo evidenziato la presenza dello stesso, in linea con il fatto che il relitto non sia stato mai segnalato in maniera diretta ma risulta mappato solo in termini di "NOTIZIA".

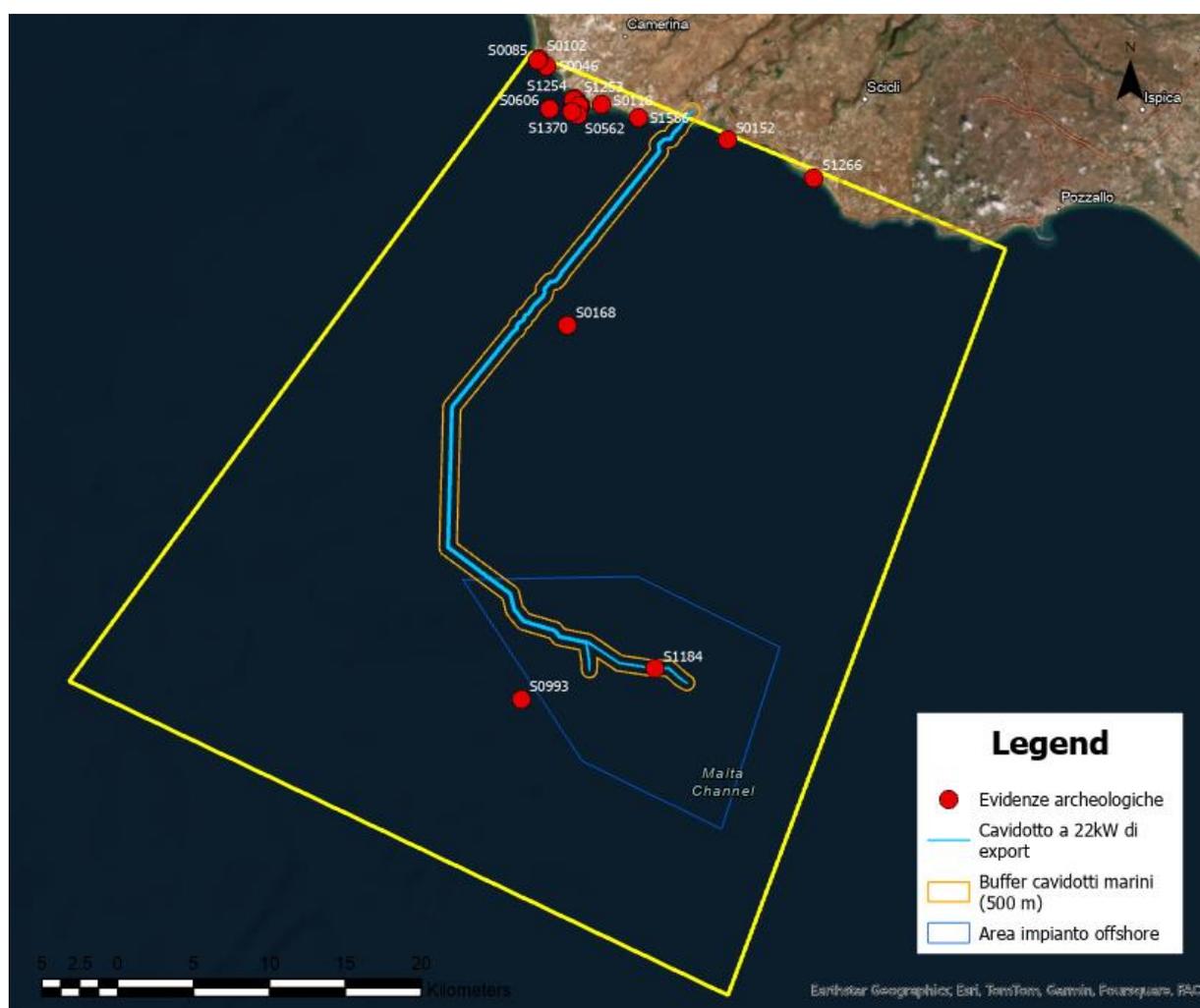


Figura 3-6: Giacimenti di interesse storico-archeologico sommersi nell'area di interesse (in giallo) richieste alla Soprintendenza del Mare

Per maggiori dettagli fare riferimento al documento Rif./a9/.



### 3.7 Valutazione ostacolo e pericoli per la navigazione aerea

Per quanto riguarda i vincoli aeroportuali si precisa che il tracciato dei cavi interrati non coinvolge sedimi aeroportuali né aree immediatamente adiacenti e, pertanto, in applicazione della circolare ENAC n° 0037030 del 22 marzo 2012, non necessita di istruttoria valutativa e di parere/nullaosta/approvazione da parte di ENAC (Ente Nazionale per l'Aviazione Civile).

### 3.8 Valutazione interferenze con opere minerarie

Ai sensi dell'articolo 120 del Regio Decreto 11 dicembre 1933, n.1775, il Testo unico di leggi sulle acque e sugli impianti elettrici, è previsto il nulla osta dell'autorità mineraria in merito alla verifica della non interferenza con titoli minerari per la produzione di idrocarburi e lo stoccaggio di gas naturale di nuove linee elettriche di collegamento e relativi impianti. La direttiva Direttoriale 11 giugno 2012 ha previsto la semplificazione delle procedure per il rilascio del Nulla Osta e che il proponente la realizzazione delle linee elettriche, sia da fonti rinnovabili che ordinarie, verifichi direttamente la sussistenza di interferenze con le aree delle concessioni vigenti utilizzando i dati disponibili nel sito del Ministero dello sviluppo economico.

In ottemperanza ai lettrami legislativi, quindi, la verifica di non interferenza è stata effettuata utilizzando il WebGIS DGS-UNMIG disponibile sul sito <http://unmig.mise.gov.it>.

Dall'analisi di cui sopra si conclude che il progetto non interferisce con aree interessate da concessioni o da impianti minerari.



## 4 CARATTERISTICHE TECNICHE DEGLI ELETTRODOTTI IN CAVO INTERRATO

### 4.1 Premessa

Il cavo sottomarino a 66 kV si compone di 1 terna di cavi tripolari di sezione massima calcolata di 630 mm<sup>2</sup> (massima per collegamenti in serie tra WTG); i conduttori sono del tipo circolare in rame, isolati in XLPE, schermatura e armatura in acciaio, con rivestimento esterno in materiale plastico. Il cavo sottomarino da 66 kV di collegamento tra le turbine è di tipo dinamico, parte dalla piattaforma galleggiante per adagiarsi sul fondale seguendo una curva ad "S" chiamata "lazy wave". I collegamenti dinamici che collegano due turbine eoliche avranno una lunghezza variabile da 1.5 km a 3.2 km circa.

Gli elettrodotti di export da 220 kV in uscita dalle Stazioni di Trasformazione Offshore (STO 1 e STO 2) sono costituiti da un cavo tripolare con conduttori di fase realizzati in rame, isolati in XLPE, schermatura e guaina esterna in polietilene. Ciascun conduttore di energia avrà una sezione di 1000 mm<sup>2</sup>. I cavidotti scenderanno fino al fondale marino all'interno di condutture connesse alla struttura metallica della piattaforma.

### 4.2 Caratteristiche elettriche e meccaniche

Sulla base della portata massima dei cavi, la rete di collegamento tra gli aerogeneratori è suddivisa in 13 sottocampi. Ciascun sottocampo sarà collegato con linea dedicata alle STO, nello specifico:

- La Stazione Di Trasformazione Offshore 1 (STO 1) colletta 6 sottocampi per un totale di 23 aerogeneratori ed una potenza nominale di 345 MW;
- La Stazione Di Trasformazione Offshore 2 (STO 2) colletta 7 sottocampi per un totale di 27 aerogeneratori ed una potenza nominale di 405 MW.

La tensione nominale di esercizio di ciascuna delle tredici linee sarà di 66 kV. Gli elettrodotti marini saranno pertanto 13, uno per ciascun sottocampo. Il loro tracciato è stato individuato sulla base delle carte nautiche disponibili, cercando di ridurre il più possibile la lunghezza del cavo, pur nel rispetto dei vincoli ambientali e degli altri cavi e condotte presenti nell'area d'intervento.

Il cavo elettrico tra le turbine è di tipo dinamico, parte dalla piattaforma galleggiante per adagiarsi sul fondale seguendo una curva a "S" chiamata "lazy wave". I collegamenti dinamici che collegano due turbine eoliche avranno una lunghezza variabile da 1.5 km a 3.2 km circa.



Figura 4-1 – Esempio di cavo di connessione

Come mostrato nella figura precedente, ciascun cavo è costituito da tre conduttori posizionati a "trifoglio" ed elicordati, in cui le correnti elettriche sono sfasate di 120° l'una rispetto all'altra. Il cavo sottomarino a 66 kV si compone di 1 terna di cavi tripolari di sezione massima calcolata di 630 mm<sup>2</sup> (massima per collegamenti in serie tra WTG); i conduttori sono del tipo circolare in rame, isolati in XLPE, schermatura e armatura in acciaio, con rivestimento esterno a bassa emissione di fumi. Ogni conduttore è costituito da un'anima in rame, rivestita da materiale altamente isolante che consente l'utilizzo fino a un livello di tensione di 66 kV.

L'assieme (nucleo + isolante) è circondato da uno schermo metallico conduttivo e una guaina protettiva. Una doppia armatura metallica composta in particolare da trecce in acciaio zincato serve a proteggere il cavo dalle sollecitazioni meccaniche esterne. La guaina esterna di protezione impedisce l'abrasione e limita la corrosione. Ogni collegamento di tipo dinamico sarà costituito dal cavo elettrico dinamico e vari accessori subacquei per garantire la sua integrità e formare la curva ad "S". Gli accessori principali sono:

- il limitatore di piegatura in poliuretano "bend stiffener" che limita il raggio di curvatura del cavo in corrispondenza della sua connessione alla piattaforma galleggiante;
- le boe in poliuretano che forniscono la forma del cavo "Lazy-Wave";
- i gusci in poliuretano che proteggono localmente il cavo dall'abrasione al suo contatto sul fondo del mare ("touchdown point").

Elevata la tensione da 66 kV a 220 kV nelle Stazione di Trasformazione Offshore su piattaforma marina, l'energia sarà convogliata verso terra. Sulla base di considerazioni in ordine alla continuità nel trasporto di energia dalle STO fino a terra, alla Stazione di Compensazione, e da lì fino alla stazione utente e poi verso la futura Stazione Elettrica RTN di Terna, si assume di realizzare due linee distinte alla tensione di 220 kV in uscita a ciascuna STO. Nell'ipotesi formulata i cavi marini di collegamento alla terraferma sono lunghi circa 54 km (da STO1) e 49 km (da STO2) e attraversano le diverse batimetrie fino allo sbarco sulla costa. In entrambi i tratti di percorrenza saranno installati due cavi in parallelo, entrambi da 220 kV, questo al fine di garantire continuità nella trasmissione elettrica, poiché in caso di guasto rilevato su uno dei due cavi e



conseguente necessità di intervento per manutenzione o riparazione, sarà possibile continuare la trasmissione con il secondo cavo di export.

I 4 elettrodotti di export da 220 kV in uscita dalle STO sono costituiti da un cavo tripolare con conduttori di fase realizzati in rame, isolati in XLPE, schermatura e guaina esterna in polietilene.. I cavidotti scenderanno fino al fondale marino all'interno di condutture connesse alla struttura metallica della piattaforma (J-tube). Il cavo in fibra ottica, a 24 o 48 fibre, necessario per i sistemi di comunicazione sarà alloggiato all'interno del cavo di energia protetto da idoneo setto separatore. Il cavo utilizzato sarà certificato e dimensionato secondo le norme e le normative vigenti. I cavi offshore di export sono costituiti da n°4 terne multipolari "3-core" di sezione 1000 mm² 220 kV. I cavi inter-array sono multipolari "3-core" di sezione da 300 mm² a 630 mm² 66 kV, variabile in funzione del tratto considerato, come meglio indicato nella tavola di progetto "Tav.53 - Schema Elettrico Unifilare e flusso di potenza" (Rif./a10/).

Le caratteristiche principali dei cavi a 66 kV e a 220 kV sono riportate nelle seguenti Tabelle.

### Current rating for three-core submarine cables with steel wire armour

Table 33

10-90 kV XLPE 3-core cables		
Cross section mm²	Copper conductor	Aluminium conductor
	A	A
95	300	235
120	340	265
150	375	300
185	420	335
240	480	385
300	530	430
400	590	485
500	655	540
630	715	600
800	775	660
1000	825	720

Table 34

100-300 kV XLPE 3-core cables		
Cross section mm²	Copper conductor	Aluminium conductor
	A	A
300	530	430
400	590	485
500	655	540
630	715	600
800	775	660
1000	825	720

Tabella 2- Corrente nominale per cavi sottomarini tripolari con armatura in filo d'acciaio, pag 3, Rif./a11/

### Three-core cables with lead sheath

Cross-section of conductor	Diameter of conductor	Insulation thickness	Diameter over insulation	Lead sheath thickness	Outer diameter of cable	Cable weight (Aluminium)	Cable weight (Copper)	Capacitance	Charging current per phase at 50 Hz	Inductance
mm²	mm	mm	mm	mm	mm	kg/m	kg/m	µF/km	A/km	mH/km

Table 49

Three-core cables, nominal voltage 220 kV (Um = 245 kV)										
500	26.2	24.0	77.6	2.9	219.0	71.8	81.3	0.14	5.7	0.43
630	29.8	23.0	79.2	3.0	224.0	74.9	86.7	0.16	6.4	0.41
800	33.7	23.0	83.1	3.1	234.0	80.2	95.3	0.17	6.9	0.40
1000	37.9	23.0	87.3	3.1	241.0	85.1	104.0	0.19	7.4	0.38



### 4.3 Modalità di posa e di attraversamento

Di seguito vengono riportate le principali modalità di posa e attraversamento impiegate lungo il tracciato dell'elettrodotto marino in cavo interrato. Per maggiori dettagli grafici fare riferimento alla Rif./a5/. I cavidotti offshore sono costituiti dai cavi di collegamento (66 kV) tra gli aerogeneratori e le Stazioni di Trasformazione Offshore e dai cavidotti marini a 220 kV per il trasporto a terra dell'energia prodotta. Si prevede di utilizzare una nave posacavi di adeguate dimensioni e dotata di tutte le attrezzature necessarie alla movimentazione ed al controllo dei cavi sia durante le fasi di imbarco del cavo che durante la posa. Le operazioni verranno eseguite in stretta collaborazione con le autorità portuali al fine di coordinare i lavori nelle zone soggette a circolazione di natanti.

Maggiori informazioni sono riportate nell'elaborato REL\_16 - RELAZIONE PRELIMINARE ATTIVITÀ DI POSA IN MARE DI CAVI E CONDOTTE E IMMERSIONE MATERIALI INERTI\_ART. 109 DLGS. 152/06 (Rif./a6/).

#### 4.3.1 Lavori di preinstallazione

Prima del varo dei cavi, i percorsi predefiniti verranno verificati tramite un'indagine geofisica pre-costruzione per individuare eventuali ostacoli che potrebbero interferire con la posa (ad esempio rocce, relitti, oggetti metallici, ordigni inesplosi). Se viene individuata un'ostruzione, questa verrà valutata e verrà stabilita una strategia appropriata per rimuovere o evitare l'ostruzione. In genere, per eliminare l'ostruzione, viene condotta un'indagine ROV (Remote Operated Vehicle). Laddove si sospetta che l'ostacolo sia un ordigno inesplosivo (UXO), verrebbe impiegata una mitigazione specialistica per evitare o rendere sicura l'ostruzione.

Dalle indagini in mare ad oggi svolte (survey geotecnica e geofisica), non si riscontrano rilevanti criticità.

#### 4.3.2 Collegamenti tra gli Aerogeneratori e le Stazioni di Trasformazione Offshore

Per il percorso del cavo a 66 kV, di tipo dinamico nei tratti tra la turbina ed il punto di arrivo sul fondale (touchdown point), si adotterà la configurazione ad onda pigra ("lazy wave",) installando moduli di galleggiamento lungo specifiche sezioni del cavo: si è infatti dimostrato che le prestazioni della "lazy wave" sono superiori a quelle della più classica forma a catenaria nel compensare il movimento della fondazione galleggiante e ridurre, quindi, i cicli massimi di danno dovuti a tensione e fatica.

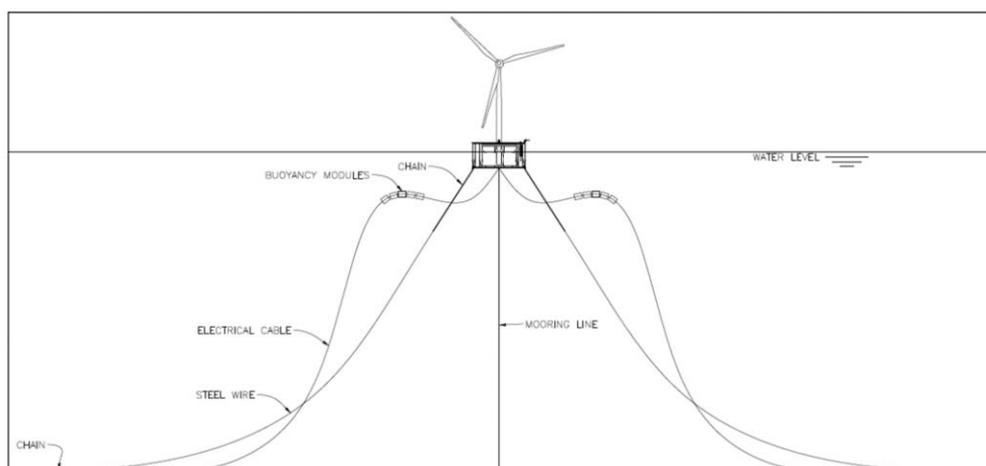


Figura 4-2 Posa dei cavi dinamici "lazy wave" realizzata mediante galleggianti

Le tratte di cavo tra due touchdown point successivi potranno essere posate in trincea, in semplice appoggio sul fondale o ricoperte con inerti di tipo cementizio (es. materassi in cls) o ghiaia (rockdumping).

### 4.3.3 Cavi di export

Come criterio generale, i cavi di export a 220 kV, che dipartono dalle Stazioni di Trasformazione Offshore e si attestano nella buca giunti all'approdo, saranno interrati così da essere protetti dal traffico marino. Ove sono presenti degli attraversamenti sottomarini (con condotte esistenti ad esempio), va ripristinato lo stesso livello di protezione dell'interramento. Sono disponibili diversi metodi per l'installazione dei cavi sottomarini, in funzione del tipo di fondale.

La macchina a getti d'acqua si basa sul principio di fluidificare il sedimento superficiale del fondo mediante l'uso di getti d'acqua marina prelevata in sito, getti che vengono usati anche per la propulsione. La macchina si posa a cavallo del cavo da interrare e, mediante l'uso esclusivo di getti d'acqua, fluidifica il materiale creando una trincea entro la quale il cavo si adagia: quest'ultimo viene poi ricoperto dallo stesso materiale in sospensione. Gran parte del materiale movimentato (circa il 60-70%) rimane all'interno della trincea e non viene disperso nelle immediate zone limitrofe da eventuali correnti sottomarine. Successivamente, le correnti marine contribuiranno in modo naturale a ricoprire completamente il cavo e quindi a garantire una immobilizzazione totale del cavo e una sua efficace protezione. Non vengono utilizzati fluidi diversi dall'acqua marina in sito e il riempimento dello scavo si effettua, in pratica, esclusivamente con lo stesso materiale di risulta o con ricoprimento naturale generato dalle onde e dalla corrente.

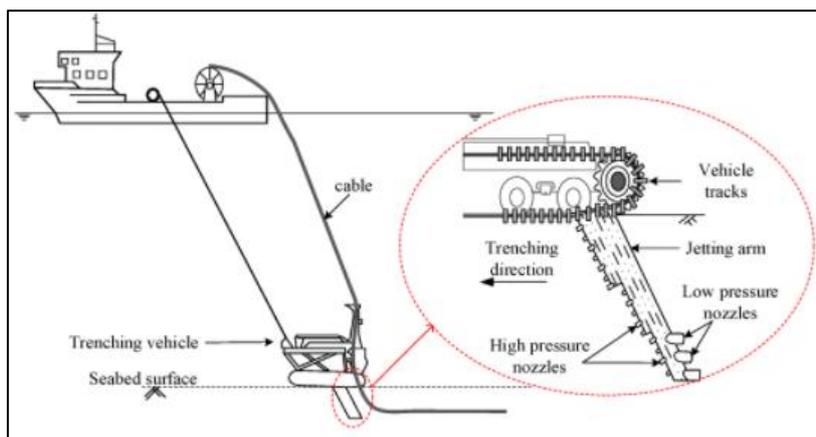


Figura 4-3 Esempio di post trenching jetting macchine (DEEPOCEAN)

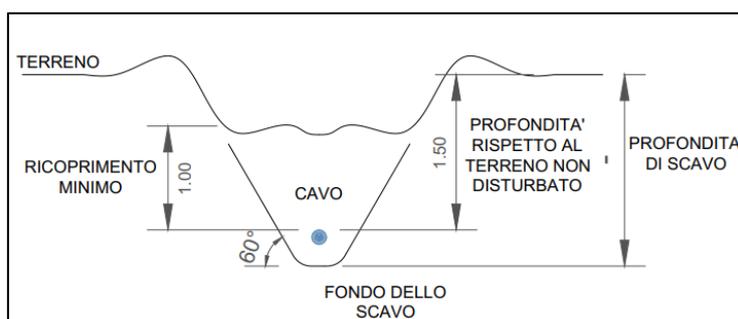


Figura 4-4 Sezione di scavo offshore tramite post trenching

Nel caso di fondo roccioso/duro ove non fosse possibile scavare, i cavi saranno appoggiati sul fondo ed eventualmente protetti con materassi di articolati di cemento o con ghiaia.

In prossimità dell'approdo, i cavi verranno inseriti in opportuna tubazione sotterranea, posata mediante perforazione teleguidata (Horizontal Directional Drilling – HDD o Trivellazione Orizzontale Controllata - TOC).

#### 4.3.4 Modalità di regolazione delle interferenze con le condotte esistenti

Il metodo di protezione principale degli elettrodotti a mare è l'interramento (offshore post trenching) ad una profondità minima di 1.5 m sotto il fondale.

In corrispondenza degli attraversamenti con i cavidotti esistenti, deve essere garantito un equivalente sistema di protezione, utilizzando ad esempio gusci, uraduct o equivalente, materassi articolati in calcestruzzo, ghiaia.

La distanza minima di separazione da garantire (tra condotte/elettrodotti esistenti e i nuovi elettrodotti) sarà minimo di 0.5 m; nel caso specifico, a seconda della posizione della condotta esistente, si possono utilizzare dei Concrete Mattresses (in caso di condotta interrata), oppure dei Concrete Bridge (ricoperto o meno di pietrame), in caso di condotta esistente affiorante.

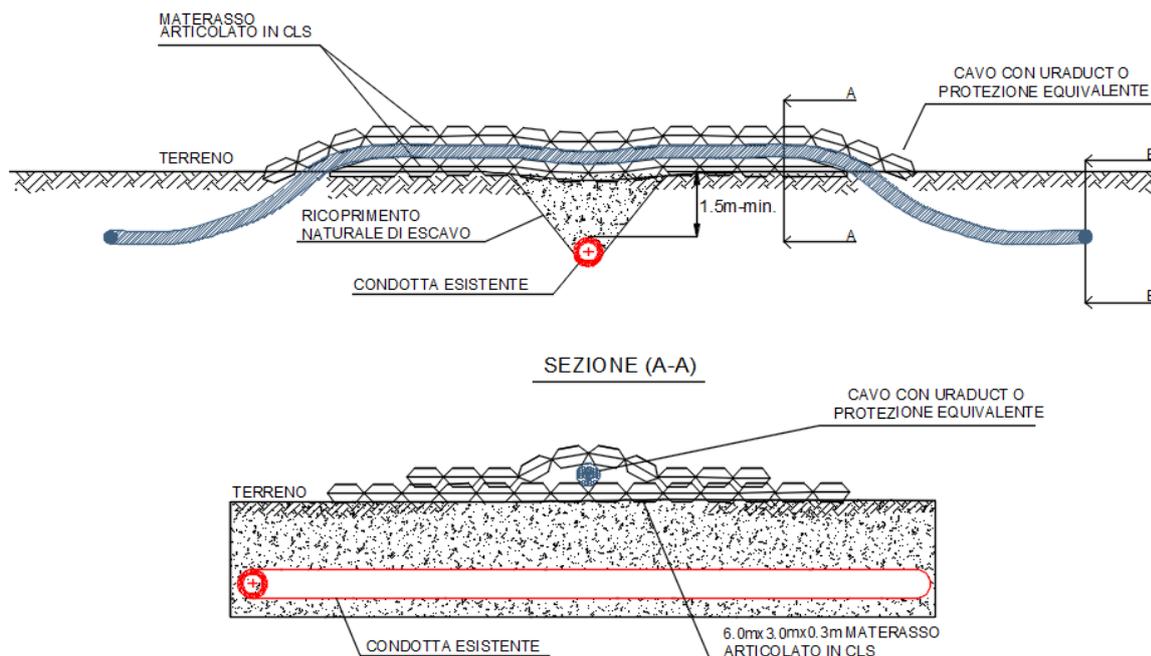


Figura 4-5 – Scavalcamento di una condotta interrata con materassi in cls

La figura precedente mostra la soluzione prevista nel caso in cui la condotta esistente da attraversare dovesse essere interrata, ipotesi da confermare con ROV survey; in tal caso si potranno installare dei materassi in calcestruzzo per proteggere e garantire la separazione con il cavo da installare.

Le figure seguenti mostrano la soluzione prevista nel caso in cui la condotta esistente da attraversare dovesse essere esposta; in tal caso saranno installate adeguate strutture di supporto ("bridge" in calcestruzzo) per garantire da un lato una distanza minima di separazione tra i cavi e la condotta, dall'altro un adeguato raggio di curvatura per l'elettrodotto da installare.

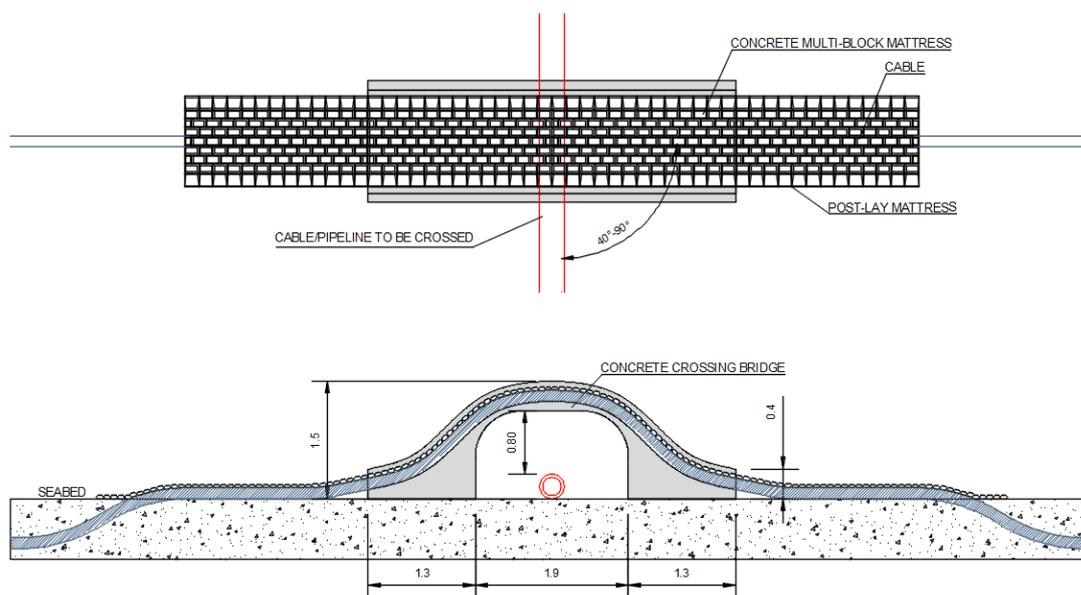


Figura 4-6 – Scavalcamento di una condotta affiorante con Concrete Bridge ricoperto di Concrete Mattress

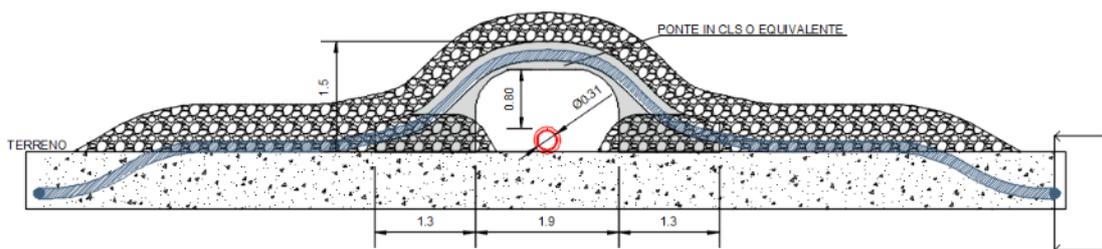


Figura 4-7 – Scavalco di una condotta affiorante con Concrete Bridge ricoperto di pietrame

I Concrete Mattresses, sono particolari sistemi di protezione, caratterizzati da un alto grado di flessibilità in entrambe le direzioni, longitudinale e trasversale; i blocchi in calcestruzzo che compongono il materasso sono uniti da una fune in polipropilene, di un opportuno diametro e resistenza, in accordo con le normative ISO, formando una serie di asole che permettono la movimentazione del materasso e la sua posa in opera.

Le soluzioni di attraversamento della condotta previste, in qualsiasi caso garantiscono le distanze dovute e la protezione sia della condotta esistente e sia dell'elettrodotto di progetto.

Sono in entrambi i casi soluzioni adatte ad auto proteggersi dallo scalzamento dovuto alle correnti sottomarine; infatti le soluzioni proposte di solito vengono utilizzate proprio come mitigazione allo scouring; risultano particolarmente efficaci sia i materassi articolati in calcestruzzo (in particolari le soluzioni "wedged" con i blocchetti estremi rastremati), sia il ricoprimento in pietrame, utilizzato appositamente alla base dei pali di fondazione; gli stessi crossing bridge hanno una sagoma che assecondano il flusso idrodinamico sottomarino e al tempo stesso svolgono un'azione consolidante delle sabbie.

In particolare, per il presente progetto, i cavidotti esistenti intersecano i seguenti componenti del parco eolico:

- linee di mooring;
- cavi di export;
- cavi di interarray.

Come soluzione generale per la regolazione delle interferenze dovute agli attraversamenti si assume di utilizzare i Concrete Mattresses.

Nell'immagine seguente viene riportato un esempio di materasso le cui dimensioni sono convenzionalmente di 6x3x0.3 m con un peso di 7,65 ton<sub>cls</sub>/materasso.

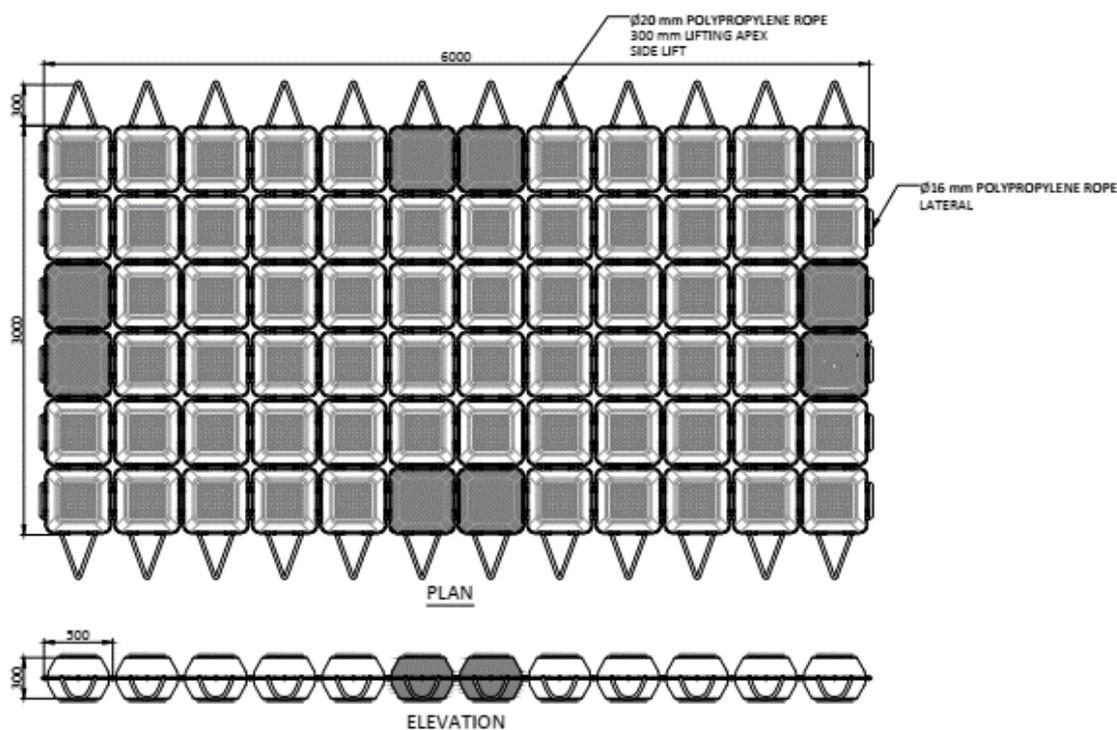


Figura 4-8 – Esempio Concrete Matresses

#### 4.3.5 Approdo dei cavi marini a terra (HDD)

L'installazione della condotta con la metodologia convenzionale della trincea aperta implica uno scavo di una trincea e il rinterro con il materiale di scavo provocando un inevitabile disturbo alle aree e ai suoli attraversati. Questa metodologia implica la necessità di ripristinare la condizione originale della zona attraversata.

Quando l'installazione della condotta coinvolge aree sensibili dal punto di vista ambientale, la tecnologia "trenchless" (attraversamento senza scavi aperti) è la metodologia valida ed efficace alternativa alla trincea aperta. Si tratta di un sistema di trivellazione teleguidata derivato dai metodi di perforazione direzionale per pozzi petroliferi. In una prima fase viene realizzato un foro pilota di piccolo diametro lungo il profilo di progetto prestabilito, generalmente curvo, utilizzando una lancia a getti, o in alternativa un motore a fanghi, collegata in testa a delle aste di perforazione. La testata di perforazione effettua sia l'azione di taglio meccanico del terreno che le deviazioni necessarie per seguire la direzione di progetto. Una punta da trapano (drill bit) e le stringhe di perforazione sono collegate al rig di perforazione. Il sistema riesce ad infilare nel terreno le aste di perforazione rotanti attraverso le quali viene pompato il fango bentonitico proveniente dall'impianto di separazione.

Il fango bentonitico rifluisce in superficie attraverso il meato (anello) esistente tra le aste di perforazione e il pozzo di trivellazione e viene poi pompato nell'impianto di separazione; in questa unità gli scarti vengono separati e dopo un trattamento di ristrutturazione, il fluido pulito ritorna nella perforazione.

Quando la perforazione (pilot hole) raggiunge il punto di uscita (seguendo il percorso progettato), inizia la fase di alesatura per allargare il foro alla dimensione progettata.

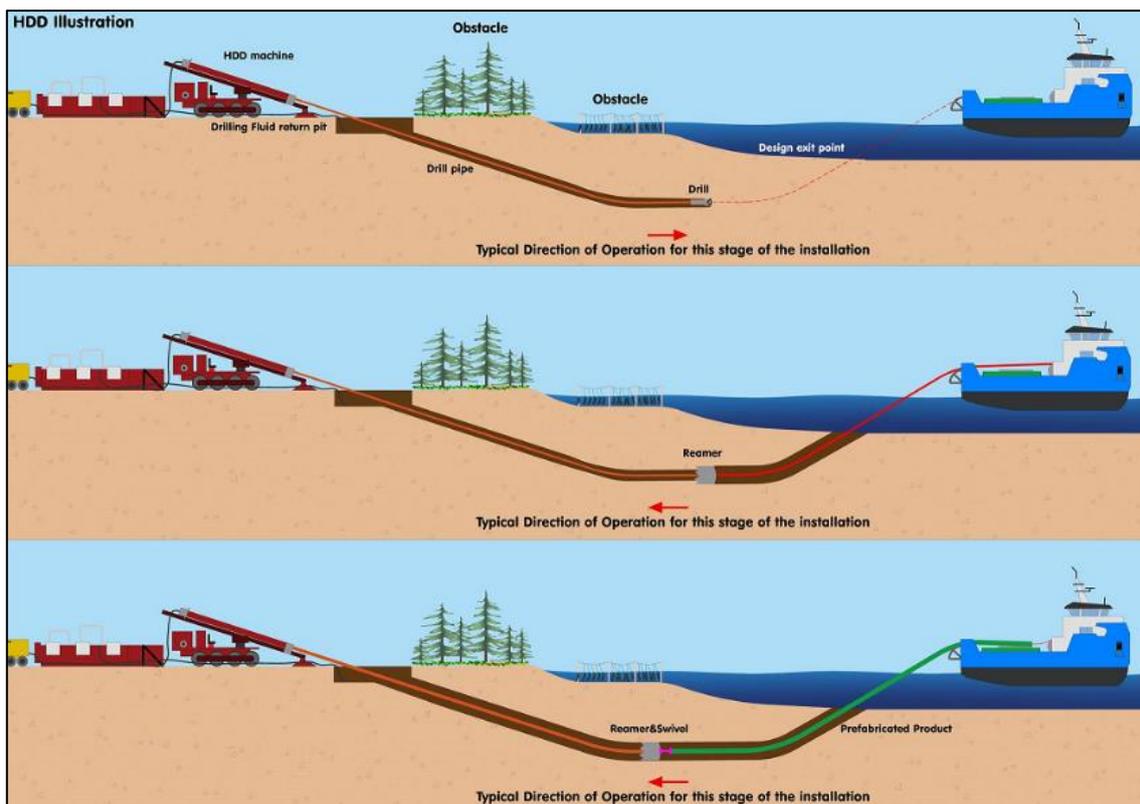


Figura 4-9 Tipica sequenza di HDD



Figura 4-10 Esempi di punta di perforazione HDD e Reamer

Al termine di uno o più passaggi di alesatura si avviano le operazioni di tiro del tubo camicia (conduit), precedentemente assemblato sotto forma di stringa sul fondo del mare o in parziale galleggiamento. Una volta installato il tubo camicia si può effettuare in sicurezza il tiro all'interno di esso del cavo di export da mare a terra. L'approccio a terra con HDD può consentire lunghezze singole fino a 2000 m, a seconda delle condizioni del terreno, del diametro finale del tubo da tirare, delle condizioni morfologiche e marine.

#### 4.4 Sistema di telecomunicazioni

Per la trasmissione dati per il sistema di protezione, comando e controllo dell'impianto, sarà utilizzato un sistema di telecomunicazioni tra le stazioni terminali dei collegamenti.

Esso sarà costituito da un cavo con 48 fibre ottiche, illustrato nella figura seguente.

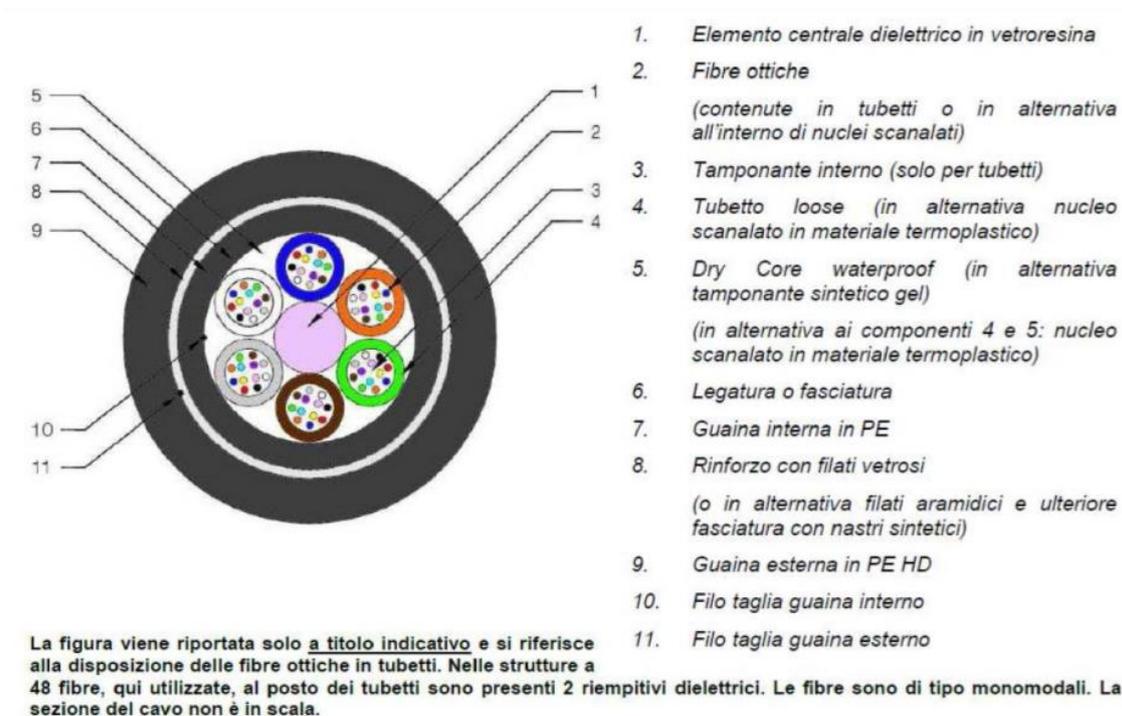


Figura 11 – Fibra ottica

## 4.5 Sistema di monitoraggio

Il sistema di monitoraggio sarà costituito da un cavo a fibre ottiche destinato principalmente a misurare/monitorare la temperatura (DTS-Distributed Temperature Sensing) lungo il percorso dell'elettrodotto. Detto sistema potrà assolvere ad ulteriori altre funzioni che potranno essere meglio definite durante le fasi di Progetto Esecutivo assieme alle caratteristiche fisiche, meccaniche ed elettriche del cavo in fibra ottica da utilizzarsi allo scopo.

## 4.6 Caratteristiche delle componenti del cavidotto

I campi elettrici nelle terminazioni e nei giunti ad alta tensione devono essere controllati in modo che la resistenza elettrica dell'isolamento del materiale circostante non sia messa a rischio. A seconda del livello di tensione, esistono diversi metodi di controllo, ad esempio il controllo geometrico, rifrangente o resistivo. Il controllo geometrico del campo è per lo più ottenuto con coni di sollecitazione prestampati e blocchi di giunzione.

La parte esterna della terminazione di un cavo può essere costituita da un isolante in porcellana o composito a seconda dell'ambiente. Il componente interno di controllo del campo è normalmente un cono di sollecitazione prestampato e lo spazio interno può essere asciutto o riempito con olio isolante. Esistono diversi tipi di terminazioni, come quelle per installazioni esterne o installazioni GIS interne.



Esistono diversi tipi di giunti per applicazioni terrestri. Molti giunti hanno un corpo prestampato in un unico pezzo e i giunti sono disponibili con o senza interruzione dello schermo a seconda dei metodi di incollaggio della guaina per il sistema. Queste parti prefabbricate e i materiali per gli accessori comprendono coni di sollecitazione per il controllo del campo, isolatori e alloggiamenti. I materiali utilizzati sono EPR o EPDM, Silicone, Epossidico, Porcellana, Carta e fluidi isolanti speciali. L'installazione di queste terminazioni e giunti richiede personale molto qualificato e ben addestrato.

Per dettagli fare riferimento alla REL\_06-RELAZIONE ELETTRICA (Rif./a1/).



## **5 DEFINIZIONE DEL PIANO DI INDAGINE E ATTIVITA'**

Si rimanda alla consultazione del documento sull'argomento REL\_16 - RELAZIONE PRELIMINARE ATTIVITÀ DI POSA IN MARE DI CAVI E CONDOTTE E IMMERSIONE MATERIALI INERTI\_ART. 109 DLGS. 152/06 (Rif./a6/).



## **6 CAMPI ELETTROMAGNETICI**

Si rimanda alla consultazione del documento sull'argomento REL\_43-RELAZIONE TECNICA EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE (Rif./a2/).



## **7 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOTECNICO**

L'indicazione degli assetti geologico, idrogeologico ed idraulico relativi all'area interessata dall'elettrodotto sono riportati nelle relazioni specifiche:

- REL\_A05 - RELAZIONE GEOLOGICA (OFFSHORE), Rif./a3/ e relativi riferimenti (come ad esempio i documenti "Geoteam, BayWa r.e. Offshore Wind Italy, Risultati delle Indagini Ambientali - Scicli, 2024").



## **8 REALIZZAZIONE DELL'OPERA**

Si rimanda alla consultazione del documento sull'argomento REL\_16 - RELAZIONE PRELIMINARE ATTIVITÀ DI POSA IN MARE DI CAVI E CONDOTTE E IMMERSIONE MATERIALI INERTI\_ART. 109 DLGS. 152/06 (Rif./a6/).



## **9 CONCLUSIONI**

Il tracciato della parte marina del collegamento in cavo del parco eolico a partire dagli aerogeneratori fino all'uscita del HDD in prossimità dell'approdo a Marina di Ragusa rispetta i migliori standard di progettazione e normative vigente in materia.

La scelta dei materiali del cavidotto e le modalità di posa sono state definite sulla base di sistemi largamente utilizzati nel settore ed ad elevata affidabilità.

Dall'analisi vincolistica e delle interferenze con i principali recettori dell'area, il tracciato del cavidotto marino risulta posizionato al di fuori di vincoli ostativi alla realizzazione dell'opera.



## 10 RIFERIMENTI

- /A1/ REL\_06-RELAZIONE ELETTRICA*
- /A2/ REL\_43-RELAZIONE TECNICA EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE*
- /A3/ REL\_31-RELAZIONE GEOLOGICA (OFFSHORE)*
- /A4/ REL\_A1 STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE*
- /A5/ TAV\_48-PARCO EOLICO - TRACCIATO E SEZIONE DEL CAVIDOTTO MARINO*
- /A6/ REL\_16-RELAZIONE PRELIMINARE ATTIVITÀ DI POSA IN MARE DI CAVI E CONDOTTE E IMMERSIONE MATERIALI INERTI\_ART. 109 DLGS. 152\_06*
- /A7/ TAV.34-PLANIMETRIA E SEZIONI APPRODO TERRA MARE (HDD)*
- /A8/ TAV\_17-UBICAZIONE PARCO EOLICO SU PLANIMETRIA LINEE ESISTENTI*
- /A9/ REL\_A7- VALUTAZIONE PRELIMINARE DEI POSSIBILI TARGET ARCHEOLOGICI A SEGUITO DI INDAGINI GEOFISICHE – PARTE MARINA*
- /A10/ TAV\_53-SCHEMA ELETTRICO UNIFILARE E FLUSSO DI POTENZA*
- /A11/ ABB, XLPE Submarine Cable Systems Attachment to XLPE Land Cable Systems -User's Guide, 2010.*