

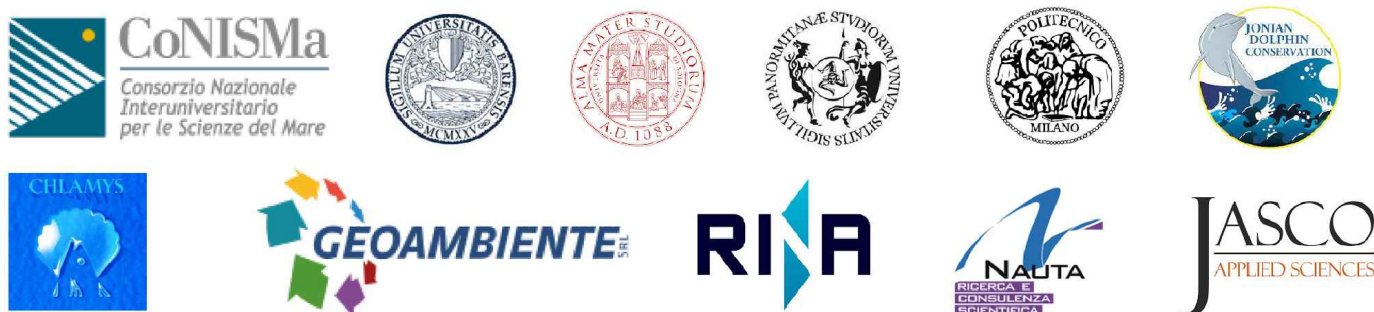
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO PER LA
 PRODUZIONE DI ENERGIA MEDIANTE LO SFRUTTAMENTO DEL VENTO
 NEL MARE ADRIATICO MERIDIONALE - LUPIAE MARIS
 35 WTG – 525 MW

PROGETTO DEFINITIVO - SIA

Progettazione e SIA



Indagini ambientali e studi specialistici



Studio misure di mitigazione e compensazione



supervisione scientifica



7. CANTIERIZZAZIONE, MANUTENZIONE E DISMISSIONE

R.7.1 Relazione tecnica generale

REV.	DATA	DESCRIZIONE



INDICE

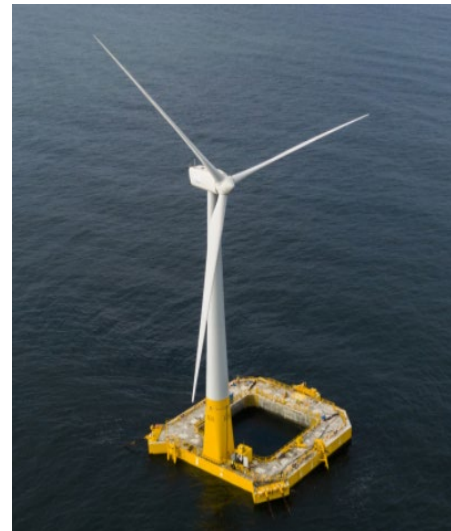
1	PREMESSA.....	1
2	DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI.....	3
	2.1 L'AREA DI PROGETTO.....	4
	2.2 CARATTERISTICHE DELLE OPERE	6
3	FONDAZIONI FLOTTANTI E AEROGENERATORI	8
	3.1 MODALITÀ ESECUTIVE	8
	3.1.1 <i>Fondazioni flottanti</i>	8
	3.1.2 <i>Installazione aerogeneratori</i>	10
	3.2 CANTIERE TIPO E INDIVIDUAZIONE AREE PORTUALI POTENZIALMENTE IDONEE	12
	3.2.1 <i>Il porto di Bari</i>	12
	3.2.2 <i>Il porto di Brindisi</i>	15
	3.2.3 <i>Il porto di Taranto</i>	17
4	ANCORAGGI	20
5	SOTTOSTAZIONE OFFSHORE	22
	5.1 JACKET - INSTALLAZIONE	22
	5.2 PALI - ESECUZIONE	23
	5.3 TOPSIDES	24
6	ELETTRODOTTI OFFSHORE	26
	6.1 COLLEGAMENTI TRA GLI AEROGENERATORI E LA STAZIONE ELETTRICA OFFSHORE	27
	6.2 POSA DEL CAVIDOTTO MARINO NEL TRATTO IN TRINCEA.....	28
	6.3 POSA DEL CAVIDOTTO MARINO IN APPOGGIO.....	29
	6.4 REALIZZAZIONE DEL CAVIDOTTO MARINO IN TOC	30
	6.5 RISOLUZIONE DI EVENTUALI INTERFERENZE OFFSHORE	31
7	ELETTRODOTTI ONSHORE	33
	7.1 RISOLUZIONE DELLE INTERFERENZE ONSHORE	33
8	SINTESI DELLE GENERALE DELLE FASI DI REALIZZAZIONE	34
9	GESTIONE E MANUTENZIONE.....	35
	9.1 MANUTENZIONE PREVENTIVA	35
	9.2 ISPEZIONE	35
	9.3 MANUTENZIONE CORRETTIVA	35
	9.4 SOSTITUZIONE DEI COMPONENTI PRINCIPALI E MANUTENZIONE STRAORDINARIA	36
	9.5 PARTI DI RICAMBIO E REQUISITI DI STOCCAGGIO	36
10	DISMISSIONE	37
	10.1 OPERAZIONI OFFSHORE	37
	10.2 OPERAZIONI ONSHORE.....	37
	10.3 RECUPERO DI MATERIA E FINE VITA	38

1 PREMESSA

Gli impianti eolici offshore galleggianti sono caratterizzati da strutture complesse, che richiedono l'impiego di grandi quantità di materiali: una fondazione galleggiante ha in media un peso di circa 5.000 t, ponendo un tema di grande rilievo sia sotto il profilo dell'approvvigionamento che delle lavorazioni associate. Dalle analisi svolte in fase progettuale è emerso che ad oggi le tipologie "ready to build" sono quelle sviluppate da Principle Power (**Windfloat**) e **BWideol**. La prima è quella che ad oggi vanta il maggior numero di installazioni e un più ampio arco temporale di sperimentazione. La sostanziale differenza tra le due tecnologie risiede, oltre che nel disegno, nella tipologia costruttiva: totalmente in acciaio per Principle Power e struttura mista acciaio-calcestruzzo per BWideol.



Windfloat by Principle Power



BWideol

Tale differenza si ripercuote sostanzialmente sulle modalità di approvvigionamento dei materiali e sulle modalità di integrazione dei componenti. Il calcestruzzo ha una produzione più diffusa e più facilmente scalabile rispetto all'acciaio e quindi il suo utilizzo consentirebbe di ridurre la filiera di approvvigionamento. Nella figura seguente si riporta una tabella di sintesi relativa alla capacità produttiva associata ai vari paesi, in Europa e Asia, estratta dalla pubblicazione DNV "Comparative study of concrete and steel substructures for FOWT" (report No 2021-1314).

		Local supply chain capacity to meet demand			
		Materials & Suppliers	Labour and Experience	Shipyard Production at Scale	Overall
Europe	United Kingdom	●	●	●	●
	France	●	●	●	●
	Norway	●	●	●	●
	Spain	●	●	●	●
	Portugal	●	●	●	●
	Germany	●	●	●	●
	Italy	●	●	●	●
	Turkey	●	●	●	●
Asia	China	●	●	●	●
	South Korea	●	●	●	●
	Japan	●	●	●	●

● = Unable to meet demand
● = Partially meets demand
● = Fully meets demand

L'anello debole della catena messo in evidenza da questo studio, per quanto riguarda l'Italia (ma potremmo dire per l'Europa in generale), è l'**approvvigionamento** dell'acciaio necessario per far fronte alla domanda attesa: ad oggi nella sola Puglia Terna prevede che al 2030 siano in esercizio 3.8 GW di parchi eolici offshore, corrispondenti a oltre 250 aerogeneratori, ovvero a 1.250.000 tonnellate di acciaio. In realtà lo stabilimento ex ILVA di Taranto possiede una capacità produttiva potenziale di circa 8.000.000 di tonnellate all'anno, pertanto largamente in grado di rispondere alla domanda di approvvigionamento dell'eolico offshore nei prossimi anni. Considerato che al momento, come detto, la tecnologia Windfloat è caratterizzata da una maggiore maturità e che dai predimensionamenti strutturali condotti in questa fase progettuale sembra restituire un miglior comportamento, al momento si ritiene che Windfloat sia la soluzione preferibile.

Affianco al tema dell'approvvigionamento, l'altro elemento critico connesso alla realizzazione di questi impianti è costituito dalla **disponibilità di aree portuali con caratteristiche adeguate**. Questa tipologia di impianti prevede, infatti, una modalità realizzativa che coinvolge in maniera significativa le infrastrutture portuali: in estrema sintesi, la struttura galleggiante (floater), del peso complessivo di circa 5.000 tonnellate (nel caso di manufatto interamente in acciaio, il peso si incrementa ulteriormente in caso di struttura mista acciaio/calcestruzzo) e dimensioni in pianta che superano i 6.000 mq, viene assemblata interamente in porto, insieme all'aerogeneratore (che ha uno sviluppo in altezza di complessivi circa 250 m), e trasportata nella posizione di progetto tramite rimorchiatori. Si tratta, in sostanza, di allestire nelle aree portuali disponibili dei cantieri semipermanenti (si stima una durata di 3 anni per l'impianto in esame con una producibilità di circa 12 floater all'anno) in cui dovranno trovare posto le aree per lo sbarco e lo stoccaggio dei semilavorati che compongono il floater, le aree per l'assemblaggio e la saldatura dei semilavorati e il successivo sbarco su chiatte semisommersibili, le aree per lo sbarco e lo stoccaggio dei componenti degli aerogeneratori, le aree per il successivo montaggio degli aerogeneratori sui floater terminati.

Ad oggi probabilmente nessun porto in Italia soddisfa tutti i requisiti necessari per l'allestimento dei componenti che costituiscono un impianto eolico offshore: oltre alla necessità di ampi spazi da dedicare ai montaggi e ai sollevamenti, è necessario che le banchine portuali garantiscano valori di portata pari a circa 16 t/mq (raramente le banchine portuali possiedono caratteristiche di portata superiore a 4 t/mq). Per quanto riguarda la Puglia, il porto di Taranto presenta ampi spazi utilizzabili per i montaggi, ma andrebbero verificate le caratteristiche di portata delle banchine, per tutti gli altri è necessario attendere la conclusione dei lavori di ampliamento attualmente in corso, e a valle valutare gli eventuali adeguamenti da prevedere.

Le altre componenti dell'impianto, infine, richiedono l'attivazione di procedure costruttive abbastanza standard: le opere a mare, quali ancoraggi, sottostazione e posa elettrodotti fanno infatti riferimento a tecnologie consolidate e non si presentano particolari criticità per gli approvvigionamenti; per le opere a terra il progetto in esame prevede esclusivamente un elettrodotto in altissima tensione interrato posto praticamente sempre su strada, con opere limitate per la connessione alla stazione Terna di Brindisi.

Nel seguito della relazione, dopo un doveroso riepilogo sulle caratteristiche costruttive dell'impianto, si passano in rassegna le modalità e le fasi costruttive relative a:

- Fondazioni flottanti e aerogeneratori
- Ancoraggi
- Sottostazione offshore
- Elettrodotti offshore
- Elettrodotto onshore

2 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

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

I principali componenti dell'impianto sono:

- i **35 generatori eolici** della potenza unitaria di 15.0 MW, per una **potenza complessiva di 525 MW**, installati su torri tubolari in acciaio e le relative fondazioni flottanti suddivisi in 8 sottocampi;
- le linee elettriche in cavo sottomarino di collegamento tra gli aerogeneratori e la stazione elettrica di raccolta e di trasformazione off-shore, con tutti i dispositivi di trasformazione di tensione e sezionamento necessari;
- la Stazione Elettrica Off-Shore (66/400 kV) (SE), ovvero tutte le apparecchiature elettriche (interruttori, sezionatori, TA, TV, ecc.) necessari a raccogliere l'energia prodotta nei sottocampi eolici elevandone la tensione da 66 kV a 400 kV.
- l'elettrodotto di connessione in HVAC, formato da un primo tratto in cavi marini a 400 kV e da un secondo tratto di cavidotto interrato a 400 kV posato dopo la transizione da marino a terrestre nel punto d'approdo, servirà per collegare l'impianto alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN).



Inquadramento dell'area interessata dall'impianto eolico proposto

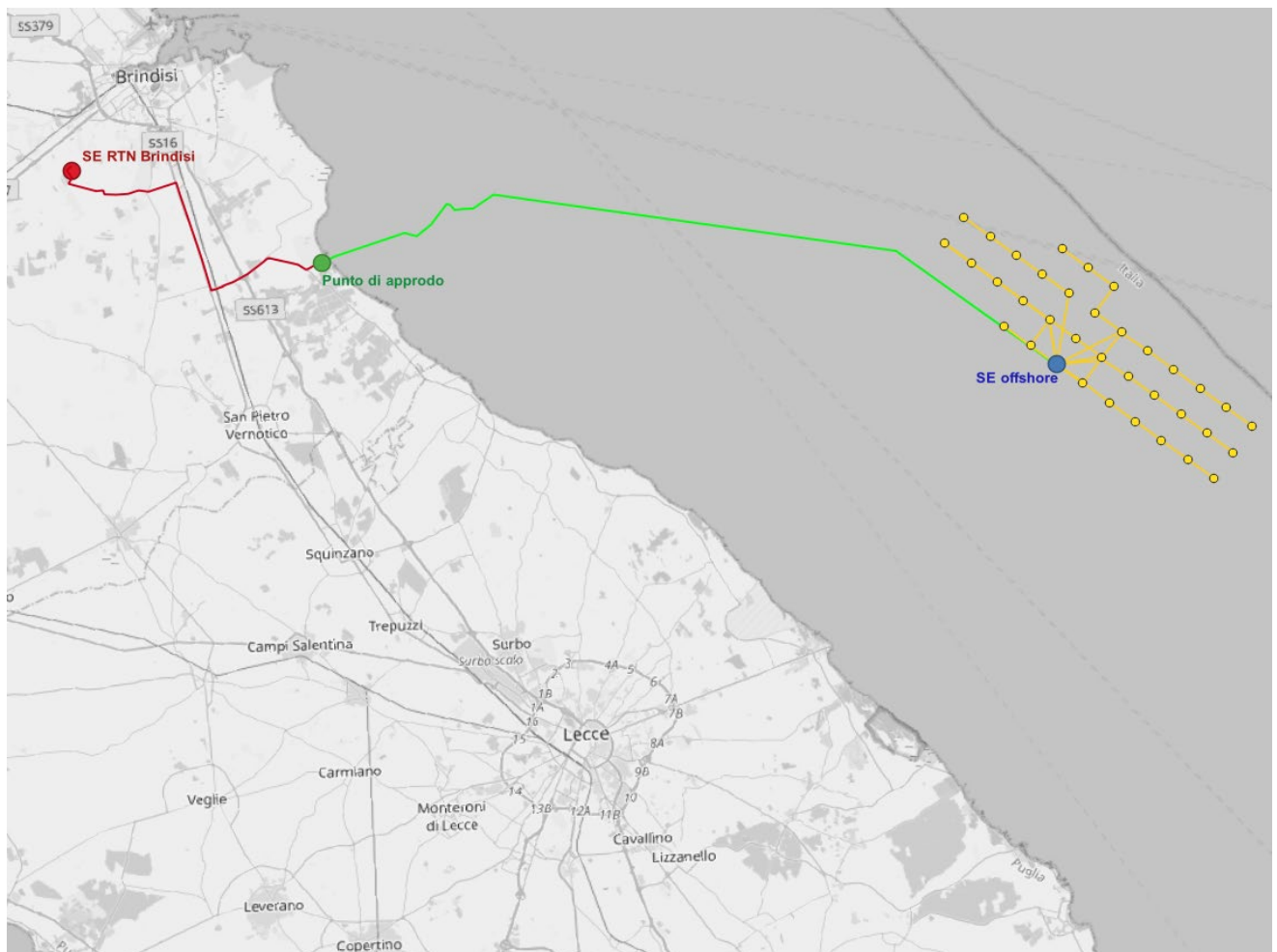
Gli aerogeneratori, di potenza unitaria pari a 15 MW, saranno collegati in entra-esce e raccolti in 7 gruppi, dall'ultimo aerogeneratore di ogni gruppo partono le linee di raccolta a tensione di 66 kV che si attesteranno sul quadro a 66 kV nella Stazione Elettrica (SE) Off-Shore del produttore. All'interno della Stazione Elettrica, l'energia prodotta sarà convertita alla tensione di 400 kV attraverso due trasformatori elevatori 66/400 kV e,

quindi, convogliata a terra attraverso un elettrodotto HVAC costituito da una doppia terna di cavi marini a 400 kV. In prossimità del punto di approdo i cavi marini saranno giuntati con cavi per posa interrata per poi proseguire fino alla Stazione Elettrica (SE) di trasformazione della RTN a 380/150 kV di Brindisi, punto di connessione alla rete RTN indicato da TERNA.

Sarà pertanto realizzata una Stazione Elettrica Utente (SE) di trasformazione a mare all'interno dell'impianto eolico. Dalla SE partirà un elettrodotto costituito da due terne di cavi sottomarini ad altissima tensione (400 kV) lungo circa 36 km con approdo sulla costa situato nei pressi della Centrale Elettrica di Cerano. Nelle vicinanze del punto di sbarco verrà realizzato un pozzetto interrato di giunzione per la transizione da cavo marino a cavo terrestre e, da lì in poi, il cavo proseguirà con posa interrata su strada o su aree private fino al punto di consegna presso la Stazione Elettrica TERNA di Brindisi.

2.1 L'AREA DI PROGETTO

Il progetto di Parco Eolico prevede la realizzazione dei 35 aerogeneratori posizionati a mare nel canale d'Otranto di fronte ai territori comunali di Lecce e Vernole e ad una distanza dalla costa compresa tra 16,5 km e i 22 km.



Localizzazione dell'impianto eolico offshore

Rispetto all'area di impianto gli abitati più vicini lungo la costa sono:

- Brindisi (BR) 32 km
- Casalabate (LE) 22,5 km
- Torre Rinalda (LE) 19,5 km

▪ Torre Chianca (LE)	18 km
▪ San Cataldo (LE)	17 km
▪ Torre Specchia (LE)	18,5 km
▪ San Foca (LE)	19 km
▪ Torre Dell'Orso (LE)	21 km
▪ Alimini (LE)	27 km
▪ Otranto (LE)	34 km

L'area d'intervento per le opere a mare è pertanto posta ad una distanza dalla costa minima di 17 km superiore ai 4 km indicati come soglia minima nelle Linee guida sulla progettazione e localizzazione di impianti di energia rinnovabile del PPTR della Regione Puglia.

Per quanto riguarda la **localizzazione delle opere a terra**, queste sono strettamente connesse alla necessità di collegare l'impianto eolico offshore alla rete di trasmissione nazionale gestita da TERNA spa. La soluzione tecnica di connessione indicata da TERNA con preventivo di connessione Codice Pratica: 202101180 prevede che l'impianto venga collegato in doppia antenna a 380 kV su un futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) di trasformazione della RTN a 380/150 kV di Brindisi previa realizzazione dei seguenti interventi previsti da Piano di Sviluppo Terna:

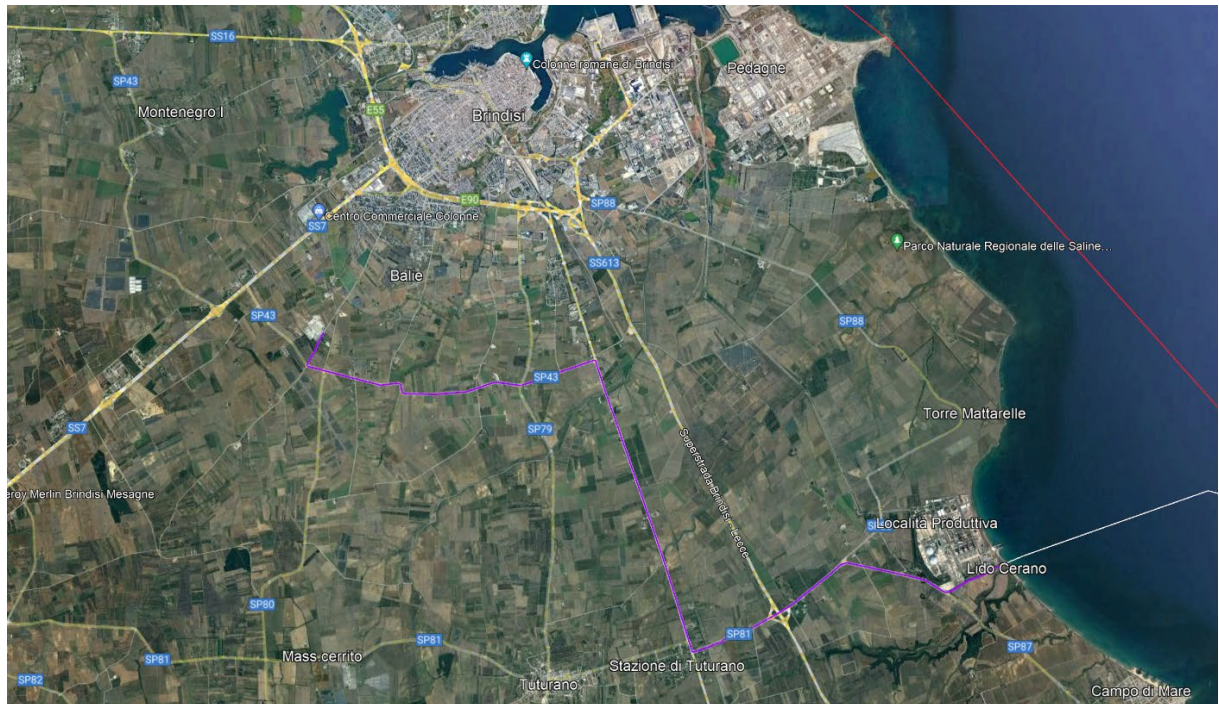
- Elettrodotto 380 kV Foggia – Larino – Gissi (cod. 402-P)
- Elettrodotto 380 kV Deliceto – Bisaccia (cod. 505-P)
- Elettrodotto 380 kV Aliano – Montecorvino (cod. 546-P)
- Elettrodotto 380 kV Montecorvino – Benevento (cod. 506-P)
- Elettrodotto 380 kV area Nord Benevento (553-N)

Le opere previste da Piano di Sviluppo TERNA hanno iter autorizzativo indipendente gestito direttamente da TERNA, occorre invece integrare nel progetto dell'impianto eolico le opere di rete per la connessione e le opere di utenza per la connessione sempre indicate da TERNA secondo le definizioni dell'allegato A alla deliberazione Arg/elt/99/08 e s.m.i. :*“Tali interventi corrispondono alla realizzazione delle opere necessarie al collegamento dell'impianto Lupiae Maris nel nuovo stallo a 380 kV e nell'elettrodotto in antenna a 380 kV per il collegamento dell'impianto sulla stazione RTN”.*

In tali ipotesi le opere a terra constano di:

- una vasca giunti prossima al punto di approdo per consentire il passaggio da cavo sottomarino a cavo per posa interrata
- un elettrodotto a 400 kV interrato su strada pubblica

L'Area di Intervento delle opere a terra è compresa tra la Centrale Elettrica di Cerano e la Stazione Elettrica Di Brindisi a Ovest dell'abitato di Brindisi.



Localizzazione opere a terra

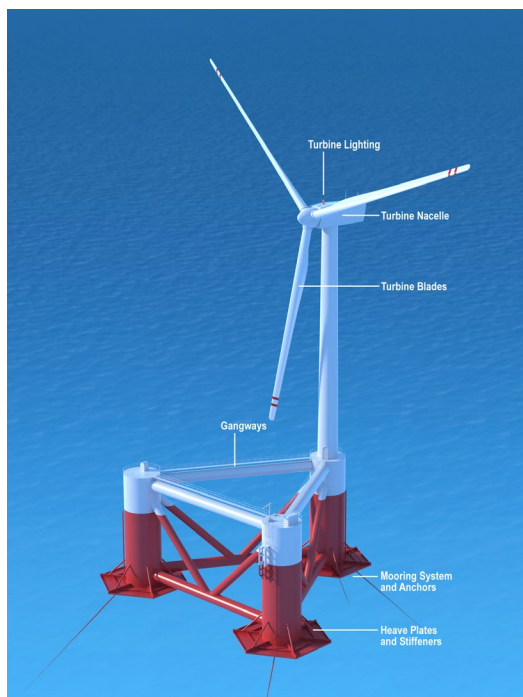
2.2 CARATTERISTICHE DELLE OPERE

Si riporta di seguito una sintesi delle principali caratteristiche delle opere descritte nei successivi paragrafi.

AEROGENERATORI

P_{nom} : 15.000 kW
 Diametro rotore 236 m
 Torre: Tubolare – con 6 tronchi – altezza 150 m

FONDAZIONI FLOTTANTI



Descrizione	Unità	Valore
Potenza WTG	MW	15
N. di Colonne	#	3
Diametro Colonne	m	15
Distanza tra gli assi delle Colonne	m	80
Altezza Colonne	m	30
Peso	t	4300

SOTTOSTAZIONE OFFSHORE

La struttura della sottostazione offshore è di tipo fisso ed è composta dai seguenti componenti:

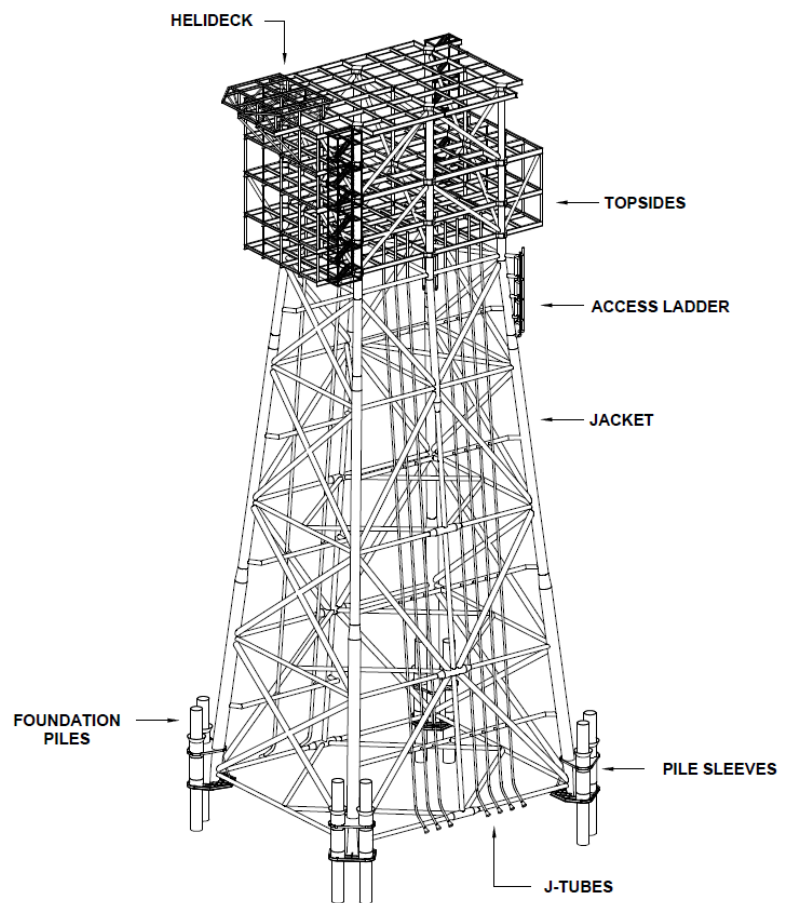
- sottostruttura (Jacket);
- pali di fondazione;
- sovrastruttura (Topsides).

Il Jacket è una struttura reticolare saldata in acciaio tubolare a 4 gambe di forma tronco piramidale, che si estende dal fondale (-105m) a elevazione +15m dal livello del mare.

Il Topsides è una struttura tralicciata a 5 livelli, al cui interno si trovano tutte le apparecchiature elettriche, gli impianti e il modulo alloggi.

I principali livelli previsti sono (quote rispetto al livello del mare):

- Livello 1 - el.+16.0m - Cable deck: piano a cui arriva la sommità dei J-tube, dedicato a fornire adeguata portata e spazio per i sistemi di pulling e per il routing dei cavi ai GIS 66kV e 380kV;
- Livello 2 - el. +23.0m - Utility deck: piano a cui sono alloggiati i GIS 66kV, 380kV e le control rooms;
- Livello 3 - el. +32.0m - Main deck -: piano a cui si trovano main transformers e shunt reactors;
- Livello 4 - el. +40.0m - Piano intermedio per servizi limitato ai due sbalzi laterali, non facente parte della tralicciatura principale del modulo; se richiesto, può essere aggiunto un ulteriore livello tra el. +32.0m e +48.0m;
- Livello 5 - el. +48.0m - Weather deck: copertura di capacità portante adeguata per il carico e la movimentazione di attrezzature;
- Livello 6 - el.+53.0m - Helideck: piano di appontaggio per elicotteri.



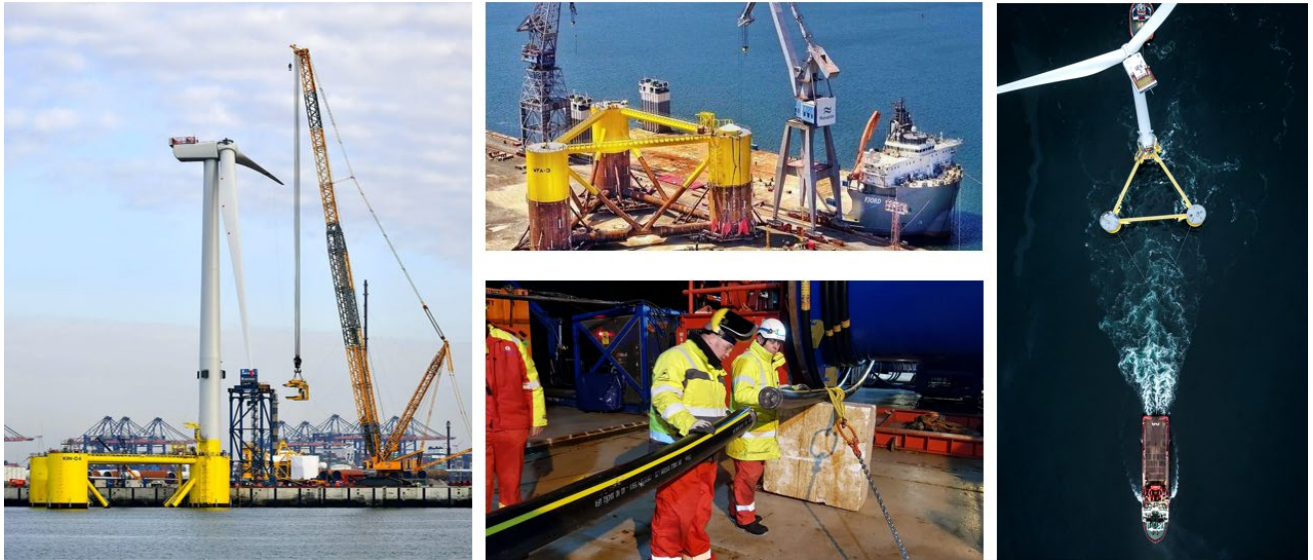
CAVIDOTTI

- | | |
|---|--------|
| - Tensione nominale: | 380 kV |
| - Frequenza nominale: | 50 Hz |
| - Formazione: | 3x1200 |
| - Tipo di conduttore: | Rame |
| - Isolamento: | XLPE |
| - Tensione massima permanente di esercizio: | 420 kV |
| - Diametro esterno massimo: | 250 mm |

3 FONDAZIONI FLOTTANTI E AEROGENERATORI

3.1 MODALITÀ ESECUTIVE

Come accennato in premessa, le piattaforme semisommersibili, sia in acciaio che in calcestruzzo, sono realizzate integralmente a terra, dove viene eseguita anche l'erection dell'aerogeneratore, per poi essere trasportate in galleggiamento, mediante rimorchiatori, nel sito di installazione.



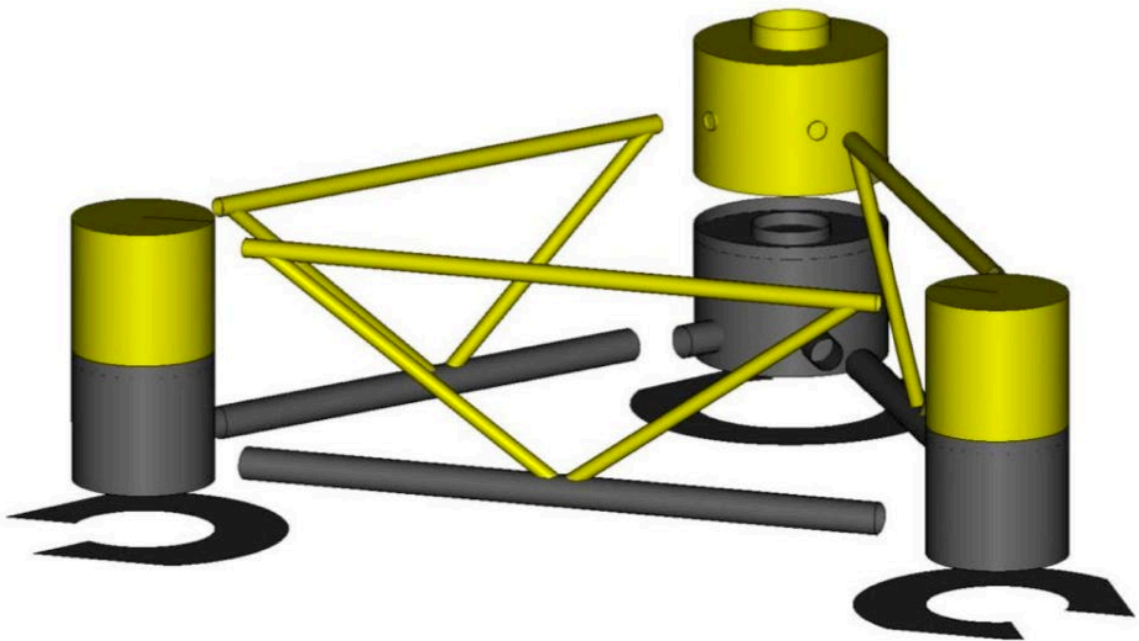
3.1.1 Fondazioni flottanti

Normalmente, per queste strutture è possibile definire due possibili scenari di assemblaggio:

- Fabbricazione in un unico sito: sono ovviamente richieste aree di cantiere molto ampie, nelle quali è necessario organizzare tutta la filiera per la costruzione, assemblaggio e stoccaggio. Si tratta in sostanza di progettare un vero e proprio stabilimento in grado di produrre centinaia di tonnellate al giorno di acciaio, richiedendo occupazione di spazi difficilmente disponibili nelle aree portuali. Di seguito una immagine di un cantiere con tre unità in parallelo.



- Fabbricazione modulare: il floater può essere realizzato assemblando moduli fabbricati separatamente da più imprese locali, consentendo di massimizzare la produttività e minimizzare le superfici impegnate in area portuale. Il floater è suddivisibile in tre macro-componenti: le colonne, le travi reticolari, le piastre di base (water entrapment plate). Di seguito una immagine in cui sono raffigurati i sottoinsiemi chiave del floater



Il processo di assemblaggio del floater può iniziare a seguito della consegna presso il/i sito/i di assemblaggio dei componenti principali. Altri componenti necessari come strutture secondarie (ad es.: area di sosta, piattaforme di sospensione I-tube, grigliati, corrimano, ecc) e attrezzature (ad es.: gru) si presumono già stoccati presso il sito di assemblaggio.

La prima fase del processo di assemblaggio è il posizionamento delle colonne nella rispettiva baia di assemblaggio su una struttura di supporto (ad esempio guide carrellate) precedentemente realizzata e posizionata. La precisione nel posizionamento delle singole colonne e la loro posizione relativa è fondamentale e deve essere eseguita mediante misurazioni topografiche di dettaglio. Appena posizionate le colonne le aree devono essere messe in sicurezza al fine di consentire l'ispezione visiva generale di tutti gli spazi esterni ed interni e identificare eventuali difetti/danni che potrebbero essersi sviluppati durante il trasporto marittimo.

L'ispezione degli altri elementi di carpenteria avviene preferibilmente nell'area di stoccaggio e prima del loro montaggio sulle colonne. L'assemblaggio della sequenza del telaio reticolare inizia con lo spostamento delle travi principali inferiori (LMB) complete in posizione tra le colonne. Si procede quindi ad eseguire la saldatura nei punti di giunzione. La saldatura su entrambe le estremità del LMB può essere eseguita simultaneamente. L'operazione successiva, che può iniziare poco dopo l'installazione delle LMB, è l'assemblaggio delle travi principali superiori (UMB). Dopo il montaggio dell'UMB, l'assemblaggio dei V-Brace (VB) agli elementi superiori e inferiori del traliccio può essere avviata, con gli stessi passi esecutivi descritti per UMB e LMB.

Sono necessarie otto saldature per assemblare il sottoinsieme del traliccio alle colonne. La qualità di queste saldature deve essere enfatizzata perché queste operazioni sono sul percorso critico del processo di assemblaggio.

Al completamento di queste saldature, viene applicato lo schema di rivestimento locale che, se necessario, può essere eseguito contemporaneamente su tutte le connessioni. Sarà data priorità al rivestimento interno di UMB per consentire l'avvio dei lavori di collegamento degli impianti (tubazioni ed elettrici) tra UMB e colonne. Non appena queste connessioni vengono stabilite e viene eseguito il test di connessione, è possibile pianificare il test funzionale dell'intero sistema e successivamente eseguirlo per completare il pre-commissioning della piattaforma.

3.1.2 Installazione aerogeneratori

L'installazione dell'aerogeneratore sul floater dovrebbe avvenire il più vicino possibile all'area del parco eolico per ridurre al minimo i rischi e i ritardi nella messa in posizione della piattaforma a causa della disponibilità di finestre meteorologiche adeguate. Le operazioni di erection sono quelle che richiedono i requisiti più stringenti all'infrastruttura portuale (es. banchina in acque profonde, elevata capacità portante), limitando le opzioni disponibili. Possono essere adottati diversi metodi di installazione:

- Installazione in banchina mediante gru a terra: la piattaforma viene ormeggiata in banchina e viene utilizzata una gru a terra per installare la torre della turbina, la navicella e le tre pale. Il floater è ormeggiato al molo utilizzando una disposizione degli ormeggi tale da adattarsi alle variazioni di marea e distanziato con parabordi per garantire che i WEP non entrino in contatto con la parete del molo. L'aerogeneratore è installato sulla piattaforma utilizzando una gru per carichi pesanti con una capacità di sollevamento e uno sbraccio adeguati.
- Installazione in banchina mediante gru a terra in aree con basso pescaggio: Aiuti al galleggiamento temporanei possono essere utilizzati per ridurre il pescaggio della piattaforma in aree prive di adeguata profondità. Sul mercato sono disponibili varie tipologie di aiuti temporanei al galleggiamento, tra cui palloni per il sollevamento aereo, unità di galleggiamento gonfiabili e moduli in acciaio.



- Installazione in banchina mediante gru a terra con piattaforma poggiata sul fondale: La piattaforma può essere adagiata sul fondale, in caso di pescaggio limitato ovvero in presenza di moto ondoso significativo. In tal caso è necessario eseguire lavori di preparazione sul fondale: in particolare, dovrebbe essere condotta un'indagine del fondale marino per valutarne l'integrità strutturale, identificare e rimuovere eventuali detriti che potrebbero danneggiare la piattaforma e determinare le necessarie preparazioni del fondale marino (dragaggio e livellamento) necessarie per sostenere la piattaforma.
- Installazione in posizione riparata vicino alla costa: Come ultima opzione, una nave jack-up può essere utilizzata nel caso in cui non esiste una struttura di banchina adatta a supportare le attività di installazione dell'aerogeneratore. Questo metodo può essere applicato su una banchina senza un'adeguata capacità portante o spazio terrestre, o in un ambiente riparato vicino alla costa se una banchina in acque profonde non è disponibile. La nave sarebbe dotata di una gru per carichi pesanti con una capacità di sollevamento e una portata adeguate ad installare tutti i componenti. Se questa attività si svolge in un ambiente riparato vicino alla costa, è necessario un adeguato sistema di ormeggio temporaneo della piattaforma per

posizionarla accanto alla nave per tutta la durata dell'erection e delle attività di pre commissioning. L'ambiente vicino alla costa selezionato dovrebbe essere riparato, avere una profondità dell'acqua adeguata, sia per la piattaforma sia per gli stabilizzatori della nave.

Una volta installato l'aerogeneratore, sono necessarie una serie di attività prima del traino della piattaforma nella posizione di esercizio. Queste attività includono il pre-commissioning della WTG, così come lo zavorramento della piattaforma fino alla sua posizione operativa. La piattaforma viene sganciata dalla banchina e una volta che la piattaforma si trova in acque più profonde, viene effettuato lo zavorramento per raggiungere il pescaggio operativo della piattaforma.

A quel punto, individuata una finestra meteorologica adatta, sarà avviato il traino della piattaforma verso la sua posizione di progetto. È necessario un rimorchiatore offshore per trainare la piattaforma fino al sito ed è necessario un ulteriore rimorchiatore assistente per mantenere la posizione della piattaforma mentre sono in corso le operazioni di ormeggio. Il rimorchiatore offshore deve essere dotato di una capacità minima di posizionamento dinamico DP2 per garantire il posizionamento accurato della piattaforma durante l'aggancio.

Sarà richiesta la seguente attrezzatura:

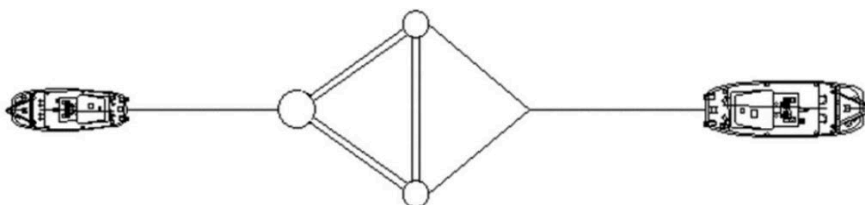
- Work Class ROV a bordo dell'AHV o della nave di supporto
- Sistema di posizionamento per la verifica della posizione reciproca di navi, piattaforme e attrezzature sottomarine
- Distribuzione della posa dei cavi (sistema di avvolgimento cavi a tamburo, tenditore, scivolo di fuoribordo, verricello di rilascio e recupero)

Le operazioni di traino vengono eseguite collegando un rimorchiatore offshore alla colonna 2 e 3 tramite una briglia. La velocità di traino deve essere limitata a 3,0 nodi e ridotta in caso di maltempo.



Configurazione traino

All'arrivo in posizione, l'assistente rimorchiatore recupererà la cima di alaggio di emergenza già collegata alla Colonna 1 per posizionare con precisione la piattaforma durante le operazioni di ormeggio, come nella figura seguente.



Configurazione del collegamento della linea di ormeggio

La metodologia di connessione dipenderà dal tipo di connettore di ormeggio della piattaforma. Il metodo di connessione preferito è un connettore "plug and play" scollegabile che consente di recuperare la cima di ormeggio dal fondo del mare, tirarla dentro e collegarla immediatamente, diventando sicura contro le tempeste nel più breve tempo possibile.

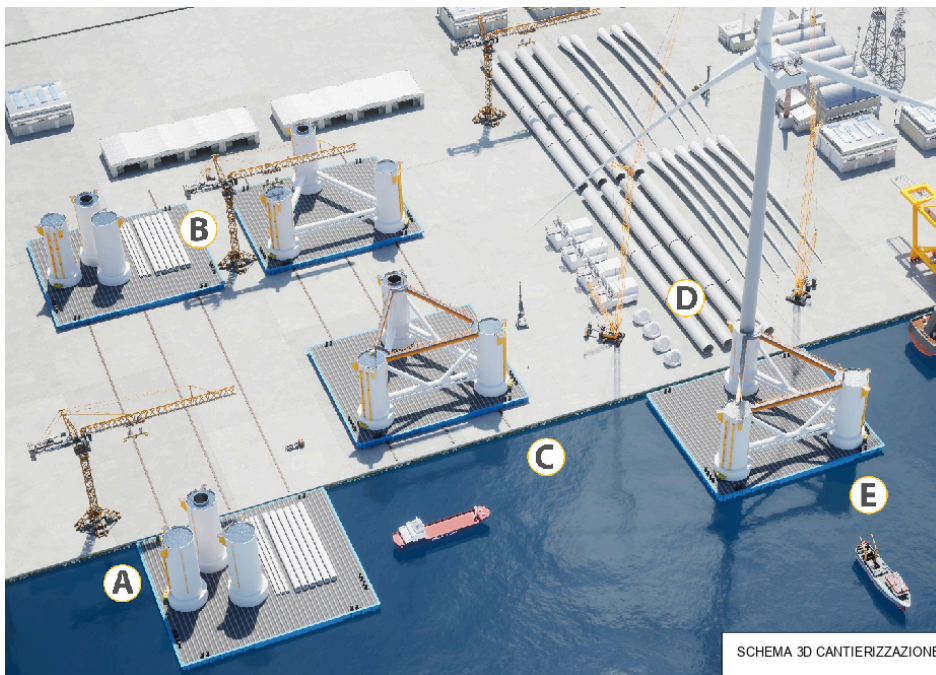
3.2 CANTIERE TIPO E INDIVIDUAZIONE AREE PORTUALI POTENZIALMENTE IDONEE

Per poter realizzare un parco eolico come quello in esame in tempi ragionevoli, è necessario disporre di una filiera di produzione in grado di assemblare un floater ogni due settimane: per conseguire tale obiettivo dovrebbero essere previste almeno 4 linee in parallelo. Per la successiva integrazione dell'aerogeneratore la soluzione ideale sarebbe, come riportato sopra, quella di disporre di aree utili il più vicino possibile al sito di installazione finale. Vista la dimensione delle opere da realizzare e il numero degli aerogeneratori (35) sarà probabilmente necessario fare affidamento su più infrastrutture portuali, magari gestendo diverse funzioni.

In definitiva le caratteristiche base che devono avere le infrastrutture portuali sono:

- Lunghezza banchina: > 250 m
- Pescaggio: > 12 m
- Spazi adeguati allo stoccaggio e l'installazione dei componenti: circa 1,5 ha per ciascun floater
- Capacità portante della banchina: > 15 t/mq
- Compatibilità con la gestione dello spazio aereo

Di seguito si riporta la schematizzazione di un cantiere tipologico con 2 linee in parallelo e l'area attrezzata per l'integrazione dell'aerogeneratore.



TEMPI CANTIERIZZAZIONE

- A. trasporto e carico sul pontile delle componenti
- B. assemblaggio floater
- C. posa del floater su piattaforma galleggiante semisommersibile
- D. assemblaggio del generatore sul floater
- E. immersione della piattaforma e rimorchio del generatore completo di floater verso il sito d'installazione

Al fine di individuare le aree portuali che presentano le potenzialità per accogliere un cantiere di questo tipo è stata condotta una ricognizione dei porti pugliesi: quelli che possiedono (o possiederanno a seguito di interventi di adeguamento in corso o previsti) le caratteristiche necessarie all'installazione dei floater sono quelli di Bari, Brindisi e Taranto.

Nel seguito si passano in rassegna i 3 porti individuati, definendo per ciascuno le aree idonee ad ospitare il cantiere tipo.

3.2.1 Il porto di Bari

Il porto di Bari è situato a nordovest della città vecchia ed i suoi confini sono compresi ad ovest dal molo San Cataldo ed a est dal nuovo molo Foraneo. Per la sua collocazione, a Sud-Est dell'Italia, è tradizionalmente considerato la porta dell'Europa verso la penisola Balcanica ed il Medio Oriente.

L'attuale configurazione del Porto di Bari è frutto di una serie di interventi che si sono succeduti nel tempo man mano che si manifestavano nuove necessità o si evidenziavano particolari tendenze nel settore del trasporto marittimo.

La superficie portuale si estende per circa 285 ettari con uno sviluppo totale di banchine operative di circa 3.800 ml, interessate da diverse ed eterogenee tipologie di traffico in transito, che prevedono lo scambio sia di merci (convenzionali, rinfuse bianche e nere, contenitori, Ro-Ro ed automobili e prodotti siderurgici), sia di passeggeri (crociere e traghetti), aumentati negli ultimi anni, grazie anche al Terminal Crociere e al generale innalzamento dei servizi offerti al traffico traghetti.

L'area portuale è separata dal resto della città mediante una recinzione perimetrale, che delimita il bacino. Lo specchio d'acqua del Porto di Bari di circa 209 ettari è protetto artificialmente dalla diga a gettata del Molo Foraneo (molo sopraflutto), che si oppone alle azioni generate dal clima meteo marino del paraggio, ed in particolare dalle ondate provenienti dalla traversa principale. Qualche problema di agitazione interna ed all'imbocco è comunque registrato per venti di maestrale e tramontana.

L'imboccatura è individuata dalle due dighe convergenti, il Molo Foraneo e il Molo S. Cataldo (molo sottoflutto), ed ha profondità di circa 15-17 m., collegandosi con il canale navigabile, che presenta una profondità di circa 12 m.

Nel Porto di Bari si individuano le seguenti darsene: Darsena di Levante, Darsena di Ponente, Darsena Interna e Darsena Vecchia.

È possibile operare una sintetica descrizione dell'area portuale partendo dalla "Darsena Interna" con il "Molo S. Vito" destinato all'ormeggio di traghetti con destinazione extra Schengen e il "Vecchio Molo Foraneo" utilizzato per l'ormeggio di mezzi nautici, rimorchiatori, ormeggiatori e vigili del fuoco (banchine da 1 a 9).

Segue la Darsena di Ponente utilizzata per l'ormeggio di traghetti con destinazione Schengen e navi da crociera (banchine 10 e 11).

Proseguendo nella Darsena di Levante, le banchine "Deposito Franco" e "Molo di Ridosso" (dalla 12 alla 14) sono utilizzate per l'ormeggio delle navi da crociera e traghetti con destinazione Schengen, mentre sulla banchina Mezzogiorno si trovano i silos per le granaglie (banchina 15). Sempre nella Darsena di Levante, a ridosso del I e II braccio del nuovo molo foraneo, vi è un'area suddivisa in due zone di cui, la prima di forma rettangolare e la seconda verso levante a forma di "Mezzaluna" che ospita la gran parte del traffico cargo (banchine da 16 a 23). Procedendo in senso antiorario si trovano il terzo braccio del nuovo molo foraneo che viene utilizzato per la sosta di navi non operative (banchine da 24 a 31a) e il IV e V braccio del nuovo molo foraneo che hanno attualmente esclusiva funzione di difesa del porto.

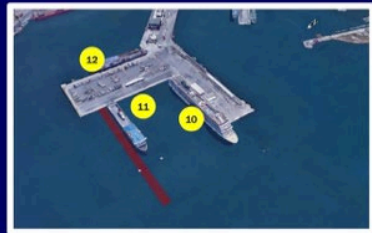
Nella parte del porto compresa tra la radice del Molo S. Vito, di cui si è detto precedentemente, e il "Molo Pizzoli" non si svolgono attività commerciali su mezzi o passeggeri. Il citato "Molo Pizzoli" allo stato risulta non operativo ed oggetto di un importante intervento di riqualificazione, mentre nell'ambito della "Darsena Vecchia" trovano collocazione attività di supporto di pubblico interesse (Guardia di Finanza, Vigili del Fuoco, P.I.F., ecc.) e piccola cantieristica.

Segue l'area di Marisabella, dove la colmata prevista dal P.R.P. (solo parzialmente realizzata) è attualmente utilizzata per la sosta degli automezzi in attesa di imbarco sui traghetti. I lavori di completamento dei piazzali dell'intera area Pizzoli-Marisabella sono in corso.

Sempre a ponente segue un tratto sul quale insistono il Centro Sportivo Universitario con relativa darsena, i cantieri navali e l'edificio della Guardia Costiera con relativo approdo (recentemente ristrutturato, con eliporto). Infine, vi è il "Molo S. Cataldo" attualmente non operativo (ma in passato utilizzato quale terminal petrolifero della Stanic).

Nella tabella e nell'immagine che seguono si riportano le caratteristiche principali delle banchine operative:

Nome		Lunghezza (m)	Profondità (m)	Destinazione accosto
Molo San Vito	1	95	5,00	Ormeggio traghetti con destinazione extra Schengen
	2	120	6,00	
	3	165	7,00	
	4	95	6,00	
Banchina Dogana	4a	86	4,50	Ormeggio traghetti con destinazione extra Schengen
	4b	100	4,50	
Banchina Capitaneria	5	70	4,50	Ormeggio traghetti con destinazione extra Schengen
	6	230	7,00	
	7	75	5,50	
Vecchio Molo Foraneo	8 - 9	380	6,00	Mezzi nautici, rimorchiatori, ormeggiatori, Vigili del Fuoco
Darsena di Ponente	10	245	11,50	Ormeggio traghetti con destinazione Schengen e navi da crociera
	11	300	11,50	
Molo di Ridosso	12	280	9,00	Ormeggio traghetti con destinazione Schengen e navi da crociera
	12bis	60	9,00	
Banchina Deposito Franco	13 - 14	297	9,00	Ormeggio navi da crociera
Banchina Mezzogiorno	15	170	9,00	Ormeggio navi da carico
Banchina di Levante l braccio Nuovo Molo Foraneo	16	130	9,00	Ormeggio navi da carico
	17	160	11,00	
Il braccio Nuovo Molo Foraneo	18	170	11,00	Ormeggio navi da carico
	19a	110	9,00	
	19b			
	20	100	9,00	
	21	125	12,00	
	22	100	12,00	
	23	85	12,00	



Sulla base delle informazioni acquisite e sopra riportate, il pescaggio è adeguato in quasi tutte le aree portuali, ma le uniche aree che per spazi e destinazione sono compatibili con l'installazione dei floater e degli

aerogeneratori corrisponde con l'ampliamento della colmata di Marisabella. Di seguito si riportano le caratteristiche principali rilevate e disponibili:

- Lunghezza banchina: **350 m**
- Pescaggio: **da adeguare**
- Spazi adeguati allo stoccaggio e l'installazione dei componenti: **circa 9 ha**
- Capacità portante della banchina: **da adeguare**
- Compatibilità con la gestione dello spazio aereo **h max 180 mslm**

Ne deriva che il porto di Bari è certamente utilizzabile per l'installazione dei floater, ma per l'installazione degli aerogeneratori sarebbe necessaria una deroga ai vincoli aeroportuali.

3.2.2 Il porto di Brindisi

Il porto di Brindisi si pone storicamente, per la sua felice posizione geografica e le sue caratteristiche fisiche, come il naturale "gate" di riferimento per le relazioni con la Grecia, l'area balcanica, la Turchia ed il bacino orientale del Mediterraneo. Attualmente, nel reticolo degli itinerari dei corridoi transnazionali, esso occupa una posizione strategica costituendo crocevia e momento di interscambio delle relazioni Nord-Sud con quelle Est-Ovest.

È possibile suddividerne la sua intera composizione in tre parti:

- Porto interno, formato da due lunghi bracci che cingono la città a Nord e ad Est e che prendono rispettivamente il nome di "Seno di Ponente" e "Seno di Levante" (superficie specchio acqueo: 750.000 metri quadrati) dalla prevalente funzione militare – diportistica – crocieristica, ma anche di traffico ro-ro e di movimentazione granaglie;
- Porto medio, formato dallo specchio acqueo che precede il canale di accesso al porto interno (Canale Pigionati) e dal seno Bocche di Puglia che ne forma il bacino settentrionale. (Superficie: 1.250.000 metri quadrati) dalla prevalente funzione commerciale;
- Porto esterno, limitato a Sud dalla terraferma, a levante dalle isole Pedagne, a ponente dall'isola S. Andrea, dal molo di Costa Morena e, a Nord, dalla diga di Punta Riso. (Superficie: 3.000.000 metri quadrati) con prevalenti funzioni industriali.

Con Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti n. 178 del 16.10.2008 è intervenuto l'ampliamento del limite SUD della Circostrizione Portuale da Capo Bianco (limite precedente) sino al limite sud di Cerano.

Con successivo decreto del 15 maggio 2013 (Gazzetta Ufficiale Serie generale - n. 176 del 29.07.2013), lo stesso Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ha ridefinito i limiti della circoscrizione territoriale dell'Autorità Portuale di Brindisi, che è stata ridotta del tratto di costa individuato dal punto A avente le seguenti coordinate: Gauss-Boaga N = 4.502.362; E = 2.774.918, al punto B avente le seguenti coordinate Gauss-Boaga N = 4.496.613; E = 2.777.403, ivi compresi gli antistanti specchi acquei e cioè tutta la linea di costa intercorrente tra Capo Bianco e Cerano.

I collegamenti ferroviari si sviluppano attraverso il nodo della stazione di Brindisi: con il Nord, lungo la direttrice Bari - Bologna - Milano; con la Campania e la Calabria attraverso lo sfioro di Taranto e con il sud con il prolungamento della direttrice adriatica verso Lecce ed il Salento.

I collegamenti stradali coincidono con i medesimi itinerari: per il Nord, superstrada per Bari e poi la A14; per le regioni ioniche e tirreniche, la SS7 sino a Taranto, quindi la SS 106(ionica) verso la Calabria e la superstrada per Potenza verso Salerno e Napoli.

Al momento è in avanzata fase progettuale l'intervento per la realizzazione della cassa di colmata di Costa Morena est, che consentirà di avere un destino per i sedimenti rivenienti dai necessari lavori di dragaggio per aumentare/ripristinare le profondità dei fondali nelle varie aree del porto, in ragione delle strutture di ormeggio da realizzare/esistenti.

A tale intervento di infrastrutturazione si lega anche la realizzazione dei nuovi accosti di Sant'Apollinare, anch'essa in avanzata fase progettuale, con i quali sarà incrementata l'offerta dello scalo brindisino - in termini di punti di ormeggio per navi ro-ro e ro-pax.

Da tutto quanto sopra emerge che le aree potenzialmente destinabili alla installazione del cantiere per l'eolico offshore coincidono con il previsto ampliamento e banchinamento in zona Capobianco (zona retinata in rosso nell'immagine alla pagina precedente. Di seguito si riportano le caratteristiche principali rilevate e disponibili:

- Lunghezza banchina: **500 m**
- Pescaggio: **> 12 m**
- Spazi adeguati allo stoccaggio e l'installazione dei componenti: **circa 9 ha**
- Capacità portante della banchina: **da adeguare**
- Compatibilità con la gestione dello spazio aereo **h max 50 mslm**

Ne deriva che il porto di Brindisi è certamente utilizzabile per l'installazione dei floater, ma per l'installazione degli aerogeneratori sarebbe necessaria una deroga ai vincoli aeroportuali.

3.2.3 Il porto di Taranto

Situato sulla costa settentrionale dell'omonimo Golfo, a 172 miglia nautiche dalla rotta Suez- Gibilterra, il Porto di Taranto è articolato in una rada chiamata Mar Grande e un'insenatura detta Mar Piccolo. Lungo il settore nord occidentale del Mar Grande sorgono il Porto Mercantile e il Porto industriale, mentre a ovest del Mar Grande si trovano il Molo Polisettoriale e il 5° sporgente.¹ L'estensione complessiva dell'ambito portuale è pari a 3.250.000 mq, suddivisi in 1.600.000 mq di aree operative e 1.150.000 mq di aree in concessione. La lunghezza totale delle banchine ammonta a 9.995 m, di cui 3.410 m ad uso pubblico e 6.585 m in concessione.

Per quanto concerne i collegamenti stradali e ferroviari del porto con il territorio, si citano per le arterie stradali:

- S. S. 7 Taranto-Lecce;
- S. S. 100 Taranto-Gioia del Colle-Bari;
- S. S. 106 Taranto-Reggio Calabria;
- Autostrada A14 Taranto-Bari (A17 Bari-Napoli – A2 Napoli/Roma – A14 Bari Modugno);
- Superstrada Taranto-Grottaglie-Brindisi.

Le linee ferroviarie che si dipartono sono:

- Taranto-Potenza-Napoli;
- Taranto-Crotone-Reggio Calabria;
- Taranto-Bari-Ancona-Bologna;
- Taranto-Brindisi-Lecce;
- Taranto-Martina Franca (Ferrovie Sud-Est).

Le stazioni ferroviarie di Taranto centrale, Taranto Bellavista e Taranto Cagioni sono asservibili al porto.

Denominazione dell'accosto	Concessionario	Lunghezza (m)	Pescaggio (m)	Tonnellaggio max. (TSL)	Aree operative (m2)	Merci movimentate
CALATA 1		240	8.5	20,000	1,800	Varie
1° SPORGENTE - Levante		320	9.5	25,000	1,600	Varie
1° SPORGENTE - Ponente		330	12.5	25,000	13,000	Varie
1° SPORGENTE - Testata		130	8.0	2,000		Varie
CALATA 2		290	12.5	22,000	30,000	Varie
2° SPORGENTE - Levante	ILVA S.p.A.	515	16.0	130,000	9,000	Scarico minerale ferro
2° SPORGENTE - Testata	ILVA S.p.A.	143	10.5 - 16	40,000		Sosta tecnica navi
2° SPORGENTE - Ponente	ILVA S.p.A.	550	10.0	40,000	10,600	Materiale siderurgico
CALATA 3	ILVA S.p.A.	230	10.5	12,000	4,000	Ferroleghie - loppa
3° SPORGENTE - Levante	ILVA S.p.A.	615	11.0	45,000	10,800	Materiali siderurgici
3° SPORGENTE - Testata	ILVA S.p.A.	200	11.0	30,000	13,400	Combustibile-catrame
3° SPORGENTE - Ponente	ILVA S.p.A.	630	11.0	45,000	12,200	Materiale siderurgico
CALATA 4		300	11.0	12,000		Varie
4° SPORGENTE - Levante radice	Cementir Italia S.r.l.	167	12.5	6,000		Carico di cemento
4° SPORGENTE - Levante	ILVA S.p.A.	434	25.0	350,000		Scarico ferro e carbone
4° SPORGENTE - Testata	ILVA S.p.A.	72	25.0	2,000		Imbarco bitume
PONTILE PETROLI	ENI S.p.A	560 + 560	11.0	20,000		Prodotti petroliferi raffinati
CAMPO BOE	ENI S.p.A		22.0	300,000		Scarico di petrolio greggio
5° SPORGENTE - Molo Ovest	ILVA S.p.A.	1,200	11.5	45,000	631,300	Prodotti siderurgici
MOLO POLISETTORIALE E CALATA 5		2,000	14.0 - 15.5		1,000,000	Movimentazione di contenitori/ Merci varie/ Ro-Ro



Da tutto quanto sopra emerge che le aree potenzialmente destinabili alla installazione del cantiere per l'eolico offshore coincidono con il molo polisettoriale. Di seguito si riportano le caratteristiche principali rilevate e disponibili:

- Lunghezza banchina: 2000 m
- Pescaggio: > 12 m
- Spazi adeguati allo stoccaggio e l'installazione dei componenti: circa 9 ha

- Capacità portante della banchina:
- Compatibilità con la gestione dello spazio aereo

da verificare

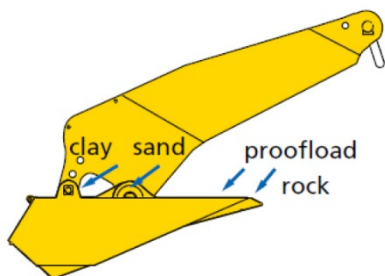
compatibile

Ne deriva che il porto di Taranto è certamente utilizzabile per l'installazione sia dei floater che degli aerogeneratori.

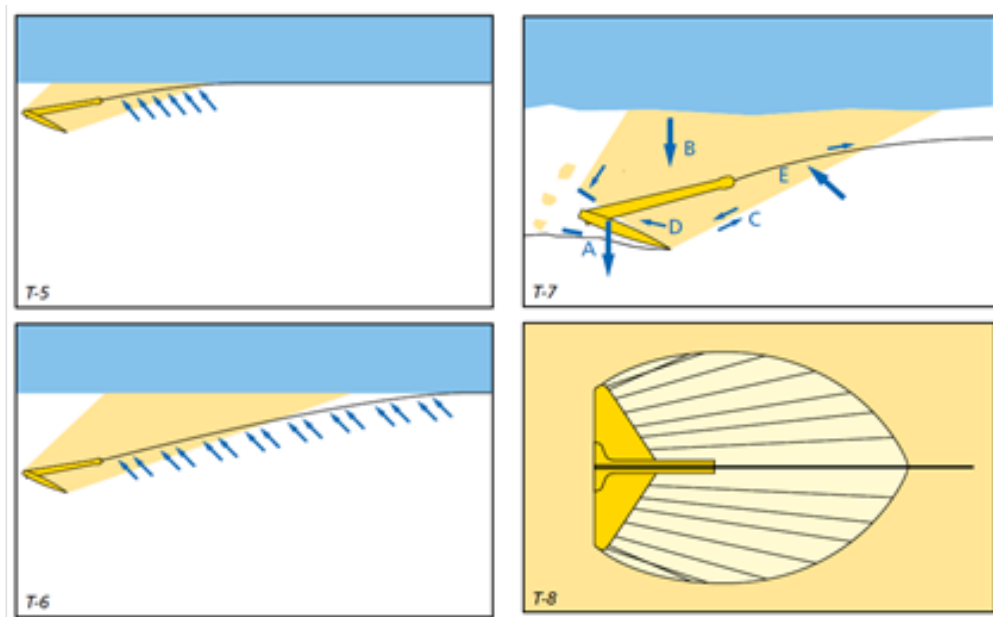
4 ANCORAGGI

Dalle risultanze della prospezione geofisica realizzata si evince che nell'area destinata alle torri eoliche al disotto di una copertura sedimentaria omogenea, di spessore medio intorno a 2-3 metri, sono presenti sedimenti di natura rocciosa, o sedimenti cementati, che in zone sparse diventano affioranti. **Si potranno prevedere pertanto sistemi di ancoraggio con ancore a trascinamento e**, laddove lo spessore dei sedimenti sabbiosi fosse insufficiente, si utilizzeranno ancore **con pali trivellati**. Per quanto riguarda la valutazione degli impatti, nel SIA e negli studi specialistici, adottando un approccio prudentiale, si è fatto riferimento a questo secondo tipo di tecnologia poiché ritenuta la più gravosa sotto il profilo ambientale. Ci sembra doveroso in questa sede descrivere brevemente entrambe le tipologie di installazione:

- **Ancore a trascinamento** - Nel caso di configurazione di ormeggio a catenaria vengono spesso scelte ancore installate mediante trascinamento (DEA), in grado di gestire il carico orizzontale.



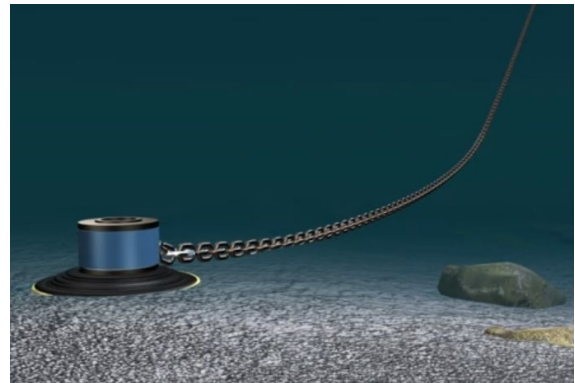
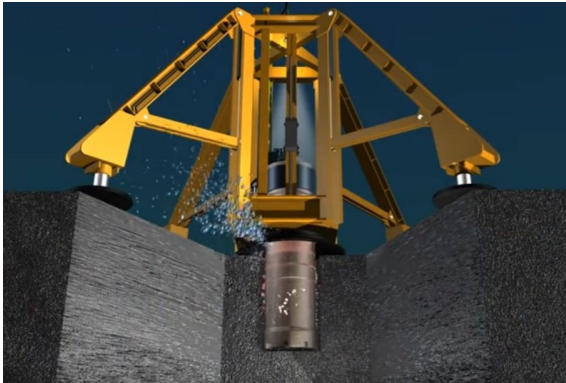
Le ancore di questo tipo, generalmente di geometria triangolare o simile, vengono calate sul fondale e quindi trascinate fino al raggiungimento di un certo valore di penetrazione all'interno del terreno. La penetrazione richiesta viene ottenuta grazie all'orientazione della sezione di testa ('fluke') rispetto al corpo centrale dell'ancora ('shank'), la quale induce un approfondimento progressivo dell'ancora all'aumentare del tiro.



installazione delle ancore a trascinamento

- **Pali trivellati** - I pali trivellati sono installati in tre fasi: la perforazione con asportazione del terreno, la posa del palo e l'iniezione della malta cementizia. Il primo tratto della sezione del palo (casing) è battuto mediante battipalo idraulico subaqueo attraverso i sedimenti superficiali fino al raggiungimento della sommità dello strato duro/roccioso. Questa operazione risulta necessaria principalmente per

assicurare la stabilità del foro durante la perforazione. In seguito, la trivellazione avviene attraverso il casing infisso, fino al raggiungimento della profondità di progetto.



Installazione di ancoraggi con pali trivellati

5 SOTTOSTAZIONE OFFSHORE

5.1 JACKET - INSTALLAZIONE

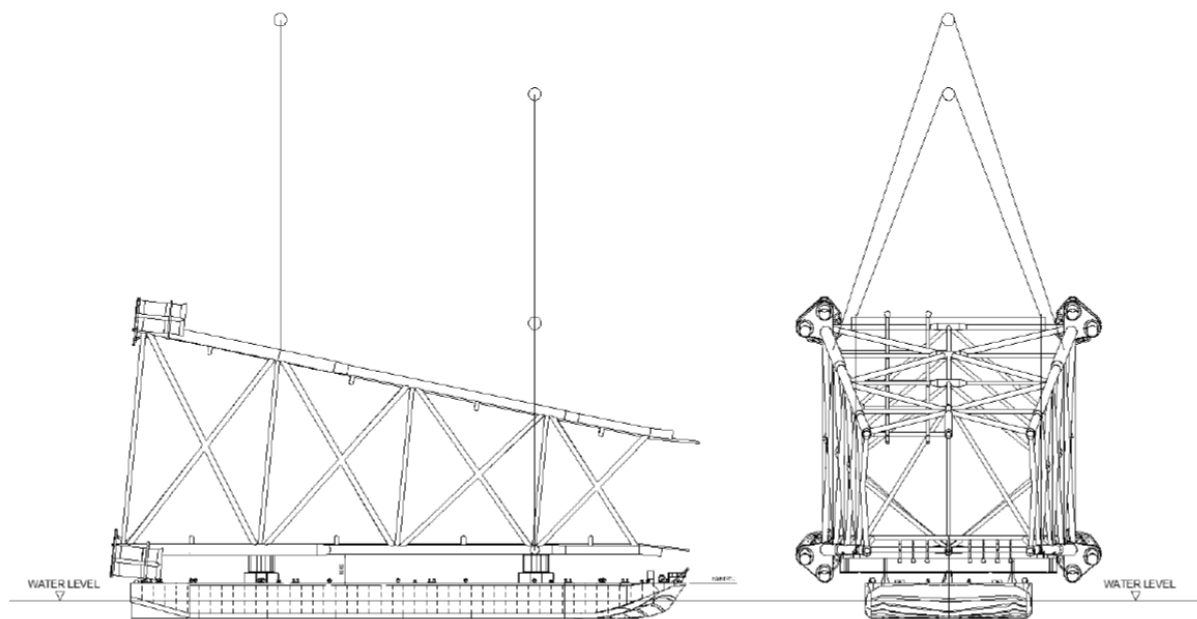
Prima di iniziare le operazioni di installazione del Jacket sarà eseguito un accurato sopralluogo del fondale nella zona di installazione in modo da individuare eventuali ostacoli da rimuovere e verificare che il fondale sia regolare. Data la profondità, il sopralluogo potrà essere eseguito tramite ROV (Remote Operated Vehicle).

Il trasporto dal cantiere di costruzione al sito di installazione avverrà caricando il jacket su una **bettolina da trasporto (cargo barge)** di adeguata capacità. Il Jacket sarà costruito e trasportato in orizzontale.

La **crane barge**, comunemente identificata con l'acronimo HLV (**Heavy Lifting Vessel**), sarà ormeggiata in prossimità del sito di installazione e orientata secondo la direzione più favorevole tenendo conto della direzione prevalente del mare e delle previsioni meteo relative al periodo di installazione.

Una volta raggiunto il sito di installazione la bettolina sarà ormeggiata a poppa dell'HLV, dove sono collocate le gru.

Il sollevamento sarà effettuato con due ganci e due gru, senza necessità di mettere il Jacket in galleggiamento libero.

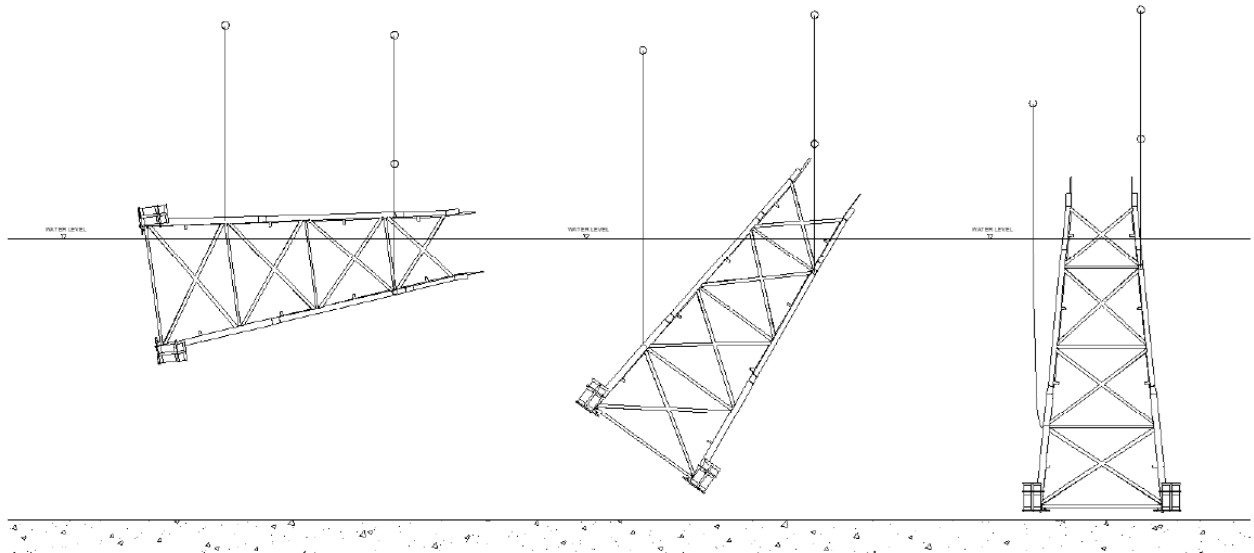


Jacket – Schema di trasporto e sollevamento

La sequenza delle operazioni necessarie ad installare il Jacket è brevemente descritta qui di seguito.

- le braghe di sollevamento saranno collegate ai ganci delle gru;
- i cavi di ritenuta laterali, necessari per controllare l'assetto del jacket durante il sollevamento, saranno collegati a punti fissi del vessel;
- i rizzaggi che assicuravano il jacket alla bettolina durante il trasporto saranno tagliati;
- una volta completato il taglio dei rizzaggi, i ganci delle gru saranno sollevati fino a quando il jacket si solleverà dai supporti della bettolina, garantendo la distanza minima dalla barca di circa 2m-3m;
- la bettolina sarà quindi disormeggiata e spostata dalla zona di installazione;

- abbassando in modo differenziale i ganci della gru il jacket sarà calato in acqua e, contemporaneamente ruotato in modo graduale, fino a raggiungere la sua configurazione verticale, con cui sarà adagiato sul fondo;
- una volta posizionato, i ganci saranno ulteriormente abbassati fino ad annullare la tensione nelle braghe; le tolleranze di posizionamento e orientamento del jacket sul fondo saranno dell'ordine di qualche metro e di 1-2-gradi; la tolleranza sulla verticalità non dovrà superare 0.5 gradi.



Jacket – Sequenza di verticalizzazione

5.2 PALI - ESECUZIONE

Le fondazioni della piattaforma sono costituite da otto pali di diametro compreso tra 2.4m e 2.8m.

Gli otto pali saranno infissi nel terreno fino alla penetrazione di progetto, pari a circa 90 m.

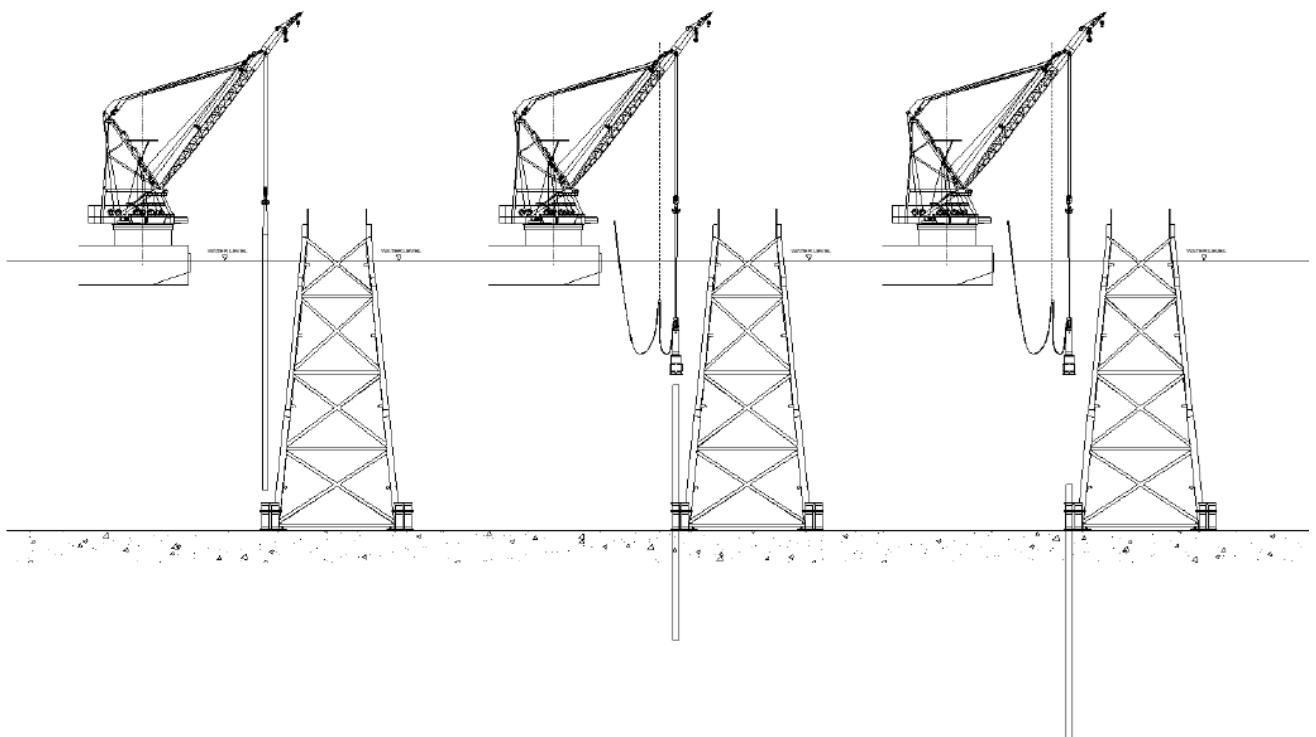
I pali saranno prefabbricati in unico pezzo e trasportati al sito di installazione su un'apposita bettolina, o sulla stessa bettolina sulla quale sarà trasportato il jacket.

L'installazione del palo potrà essere condotta mediante battipalo o trivellazione del foro di alloggiamento, a seconda delle risultanze delle indagini dirette

La sequenza di installazione dei pali è brevemente descritta qui di seguito:

- I pali saranno verticalizzati direttamente sulla **bettolina di trasporto** o sulla **crane barge** in funzione dell'attrezzatura di cui disporrà l'Installatore. In alternativa, i pali potranno anche essere varati dalla bettolina direttamente in acqua tramite rotolamento e poi verticalizzati in mare. In quest'ultimo caso i pali dovranno essere opportunamente modellati;
- Nel caso di infissione mediante battitura il palo sospeso alla gru sarà calato nel **tubo guida (sleeve)** e penetrerà nel terreno fino a raggiungere la sua penetrazione di equilibrio; a questo punto la gru sarà scollegata;
- la gru sarà utilizzata per sospendere il **battipalo**; il battipalo da utilizzare sarà idraulico e in grado di operare anche sott'acqua; le caratteristiche del battipalo dovranno essere tali da garantire il raggiungimento dell'infissione di progetto senza provocare sollecitazioni eccessive nel palo stesso;
- il battipalo sarà appoggiato sulla testa del palo e si inizieranno le operazioni di battitura;
- la battitura terminerà quando tutti i pali avranno raggiunto l'infissione di progetto;

- dopo la battitura si procederà alla cementazione dei pali, che consisterà nell'iniezione di malta di cemento nell'intercapedine tra palo e guida;
- nel caso di posa mediante trivellazione dovrà essere eseguita preventivamente la trivellazione del foro di alloggiamento del palo, che verrà poi calato al suo interno, per procedere alla successiva cementazione.
- la cementazione avverrà attraverso le linee di cementazione preinstallate sul Jacket. La tenuta del cemento nell'intercapedine dovrà essere garantita attraverso appositi sistemi di ritenuta attivi (inflatable packers) o passivi (grout seals), che saranno installati nella parte inferiore degli sleeves in base a quanto stabilito in sede di progetto di dettaglio. Nel caso in cui qualche componente del sistema di cementazione non funzionasse come previsto e ci fossero quindi delle perdite, si utilizzeranno le procedure di emergenza atte a garantire che in ogni caso il collegamento cementato tra palo e gamba raggiunga l'efficienza richiesta.



Pali – Sequenza di installazione

5.3 TOPSIDES

Prima di iniziare le operazioni di installazione del Topsides, deve essere effettuato il taglio a misura della testa delle colonne del Jacket in modo da garantire l'orizzontalità del Topsides.

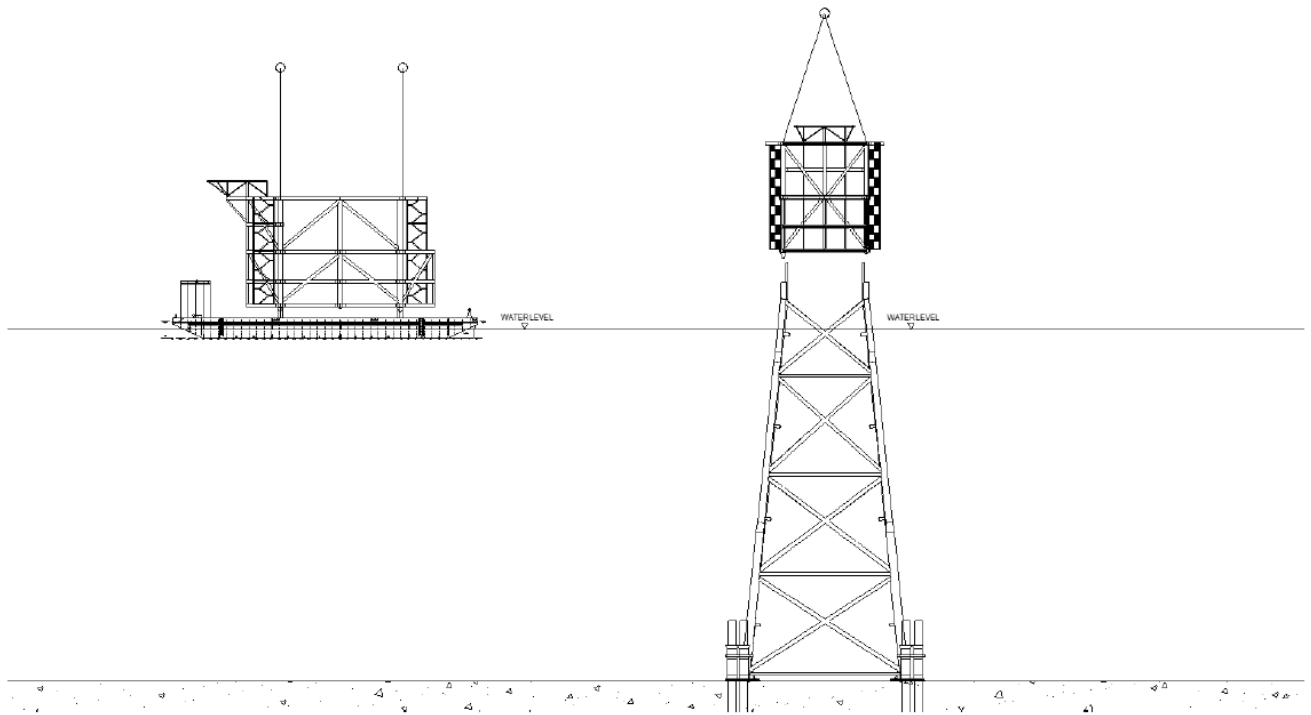
La **crane barge** sarà ormeggiata nelle adiacenze del Jacket e la **bettolina** sulla quale sarà caricato il Topsides sarà ormeggiata a poppa del HLV.

Il sollevamento del Topsides sarà effettuato con due gru.

La sequenza delle operazioni necessarie per installare il Topsides è la seguente:

- Collegamento dei cavi di ritenuta laterali necessari per controllare l'assetto durante il sollevamento;
- Taglio dei rizzaggi che assicurano il Topsides alla bettolina durante il trasporto;
- Una volta completato il taglio dei rizzaggi, si inizierà a sollevare i ganci delle gru contemporaneamente fino a quando il Topsides si solleverà dai supporti della bettolina;

- Si continueranno a sollevare i ganci fino a quando il Topsides si troverà ad una quota più alta del jacket di almeno 2-3m.
- Operando con la gru e muovendo la crane barge si allineerà il Topside sopra il Jacket;
- Si abbasseranno i ganci delle gru fino a quando i coni di centraggio predisposti nella parte inferiore delle colonne del Topsides ingaggeranno la testa delle colonne del Jacket;
- Abbassando ulteriormente i ganci delle gru il Topsides rimarrà supportato dal Jacket;
- Si procederà poi alla saldatura fra le gambe del Jacket e le colonne del Topsides.

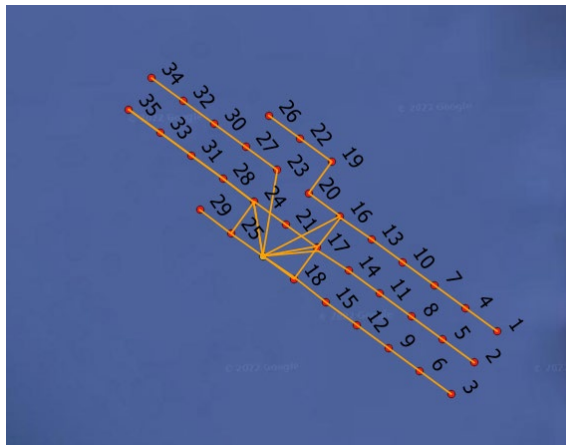


Topsides – Schema di trasporto e sollevamento

6 ELETTRODOTTI OFFSHORE

I cavidotti offshore sono costituiti dai cavi di collegamento (66 kV) tra gli aerogeneratori e la sottostazione offshore e dal cavidotto marino per il trasporto dell'energia prodotta ed il collegamento (mediate tratto a terra) alla rete RTN.

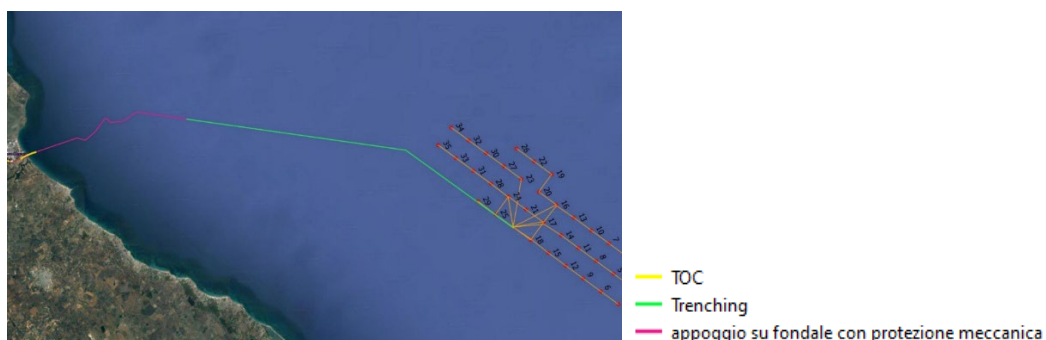
Il tracciato dei cavidotti di interconnessione tra le strutture produttive e la sottostazione offshore di raccolta può essere schematizzato come in figura:



Tracciato dei cavidotti di collegamento

Con rimando al paragrafo agli studi ambientali condotti, in base alle specificità dei fondali, si può suddividere il tracciato del cavidotto marino di collegamento in tre parti:

- in prossimità del punto di sbarco il cavo sarà posato tramite Trivellazione Orizzontale Controllata nel fondale per circa 650 m e fino a raggiungere una batimetria minima di 10 m Tale tratto di elettrodotto marino proseguirà a terra per circa 400 m in modo da attraversare in sicurezza una falesia esistente e le aree perimetrate nel PAI (cfr sezione 7 del progetto definitivo).
- nel tratto intermedio di circa 11,6 km, caratterizzato dall'attraversamento di un'area perimetrata SIC e dalla presenza di della "prateria di posidonia e mosaico coralligeno" (cfr. sezione "SIA.ES.6 Indagini e caratterizzazione fondali"), il cavo sarà posato mediante semplice appoggio con sistema di protezione costituito da gusci di ghisa.
- nell'ultimo tratto di circa 24,4 km caratterizzato da maggiore batimetria e dalla presenza di sedimenti fangosi sui fondali, l'elettrodotto sarà posato in una trincea scavata con slitte, aratri o veicoli subacquei trainati da specifiche navi posa cavi.



Tipologie di posa del cavidotto offshore

6.1 COLLEGAMENTI TRA GLI AEROGENERATORI E LA STAZIONE ELETTRICA OFFSHORE

Dal punto di vista elettrico gli aerogeneratori saranno connessi tra loro da linee sottomarine a 66 kV in configurazione entra-esci, in 7 gruppi:

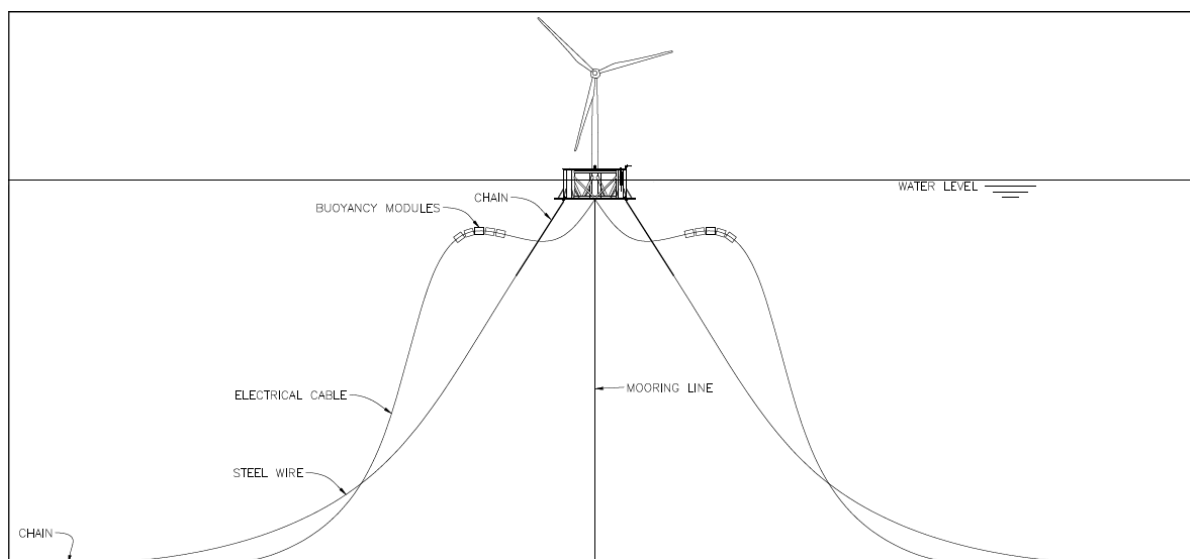
- Gruppo 1 (aerogeneratori T1 – T4– T7– T10– T13)
- Gruppo 2 (aerogeneratori T2 – T5– T8– T11– T14)
- Gruppo 3 (aerogeneratori T3 – T6– T9– T12– T15)
- Gruppo 4 (aerogeneratori T26 – T22– T19– T20– T16)
- Gruppo 5 (aerogeneratori T34 – T32– T30– T27– T23)
- Gruppo 6 (aerogeneratori T35 – T33– T31– T28– T24)
- Gruppo 7 (aerogeneratori T29 – T25– T21– T17– T18)

Il cavidotto di raccolta gruppi avrà le seguenti caratteristiche:

- Tensione di esercizio: 66 kV
- Lunghezza cavidotto gruppo 1: 11.600 m
- Lunghezza cavidotto gruppo 2: 10.100 m
- Lunghezza cavidotto gruppo 3: 9.900 m
- Lunghezza cavidotto gruppo 4: 10.100 m
- Lunghezza cavidotto gruppo 5: 11.400 m
- Lunghezza cavidotto gruppo 6: 9.900 m
- Lunghezza cavidotto gruppo 7: 9.900 m

Per il percorso del cavo dinamico nei tratti tra la piattaforma 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.

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 massi (rockdumping), seguendo le modalità definite per il cavidotto marino di vettoriamento trattate nei successivi paragrafi.

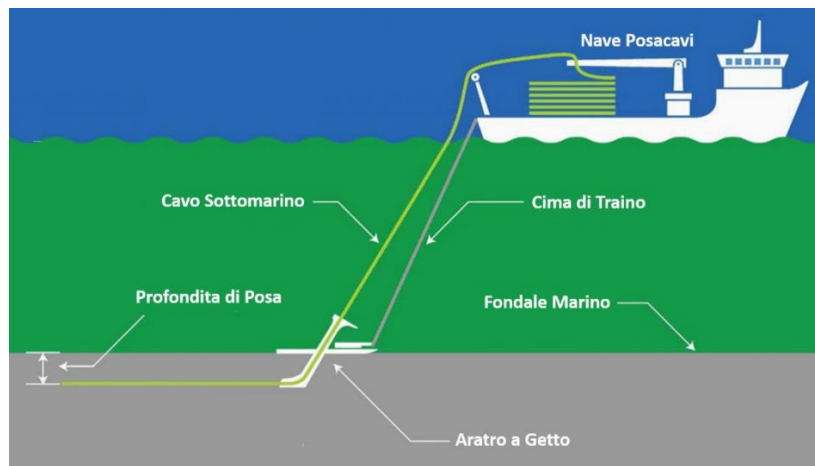


Posa dei cavi dinamici "lazy wave" realizzata mediante galleggianti

6.2 POSA DEL CAVIDOTTO MARINO NEL TRATTO IN TRINCEA

Nel tratto di mare più profondo e privo di habitat rilevanti, il cavo marino verrà protetto tramite insabbiamento alla profondità di circa 1 m utilizzando una macchina a getti d'acqua, questa tipologia di posa denominata "treching" o "jet trenching",

Si prevede l'utilizzo di una speciale macchina da fondale, l'aratro marino, trainata da una nave 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. La lavorazione avverrà come schematicamente rappresentato nella seguente immagine:



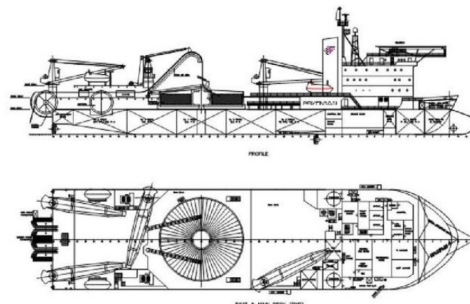
Schema della posa dei cavi con tecnologia Trenching

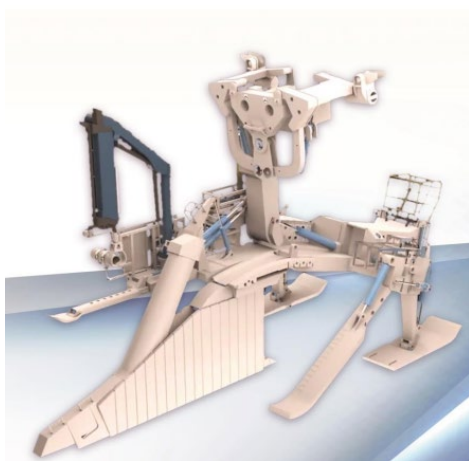
La macchina a getti d'acqua fluidifica il materiale del fondale mediante l'uso di acqua in pressione, che viene usata anche per la sua propulsione.

La macchina viene adagiata a cavallo del cavo da interrare e fluidifica il materiale del fondo creando una trincea entro la quale il cavo viene posato, l'aratro stesso provvede alla chiusura dello scavo, ricoprendo il cavo con lo stesso materiale movimentato, successivamente le correnti marine contribuiscono in modo naturale a ricostruire la morfologia del fondo. Ai fini ambientali è bene far notare che nella lavorazione non vengono utilizzati fluidi diversi dall'acqua. La lavorazione non richiede alcuna movimentazione del cavo sul fondo. L'operazione può essere interrotta in qualsiasi punto lungo il tracciato ed eventualmente ripresa in un punto successivo. Si prevede, per tutto il tracciato della posa in treching una tempistica di lavorazione di circa 54 ore, da svolgere con minime interruzioni e organizzata temporalmente nell'arco temporale di una settimana. Tutte le operazioni verranno eseguite in stretta collaborazione con le autorità portuali al fine di coordinare i lavori nelle zone soggette a circolazione di natanti.



Nave posacavi





Aratro marino e schema della trincea di scavo

La larghezza della trincea in cui viene posato e protetto il cavo è poco superiore al diametro del cavo stesso, minimizzando l'impatto delle operazioni sul fondale e la dispersione dei sedimenti nell'ambiente circostante.

La macchina a getto d'acqua "jet trenching" consente:

- un modesto impatto sull'ambiente e sugli organismi viventi, limitato al solo periodo dei lavori;
- la ricolonizzazione naturale della zona di posa dopo i lavori;
- nessun impatto dopo la posa.

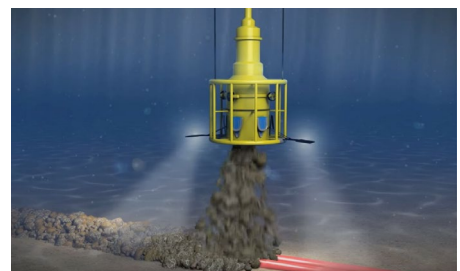
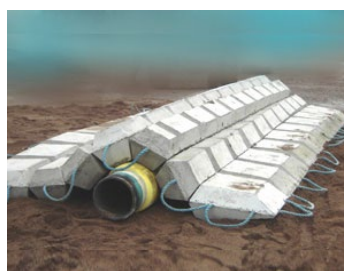
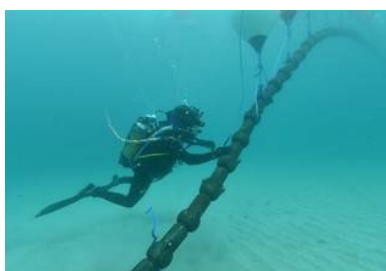
6.3 POSA DEL CAVIDOTTO MARINO IN APPOGGIO

Si è scelto di realizzare il tratto intermedio del cavidotto offshore con posa in appoggio (senza scavo) sul fondale. Tale metodologia di posa è apparsa la più idonea per attraversare un'area caratterizzata dalla presenza di habitat di pregio (presenza di posidonia e coralligeno) poiché ritenuta la meno invasiva.

La posa dei cavi in appoggio sul fondale richiede però l'adozione di sistemi di protezione meccanica esterna del cavo dai danni causati dall'attività antropica (attrezzature da pesca e ancore) e dall'azione del mare. La presenza di una protezione meccanica del cavo appare particolarmente rilevante anche in considerazione della batimetria dell'area che è compresa tra i 10 m e 38 m di profondità.

Sono disponibili diversi sistemi di protezione dei cavi che garantiscono anche la necessaria zavorra al cavo:

- gusci di ghisa: consiste nell'applicare a bordo nave dei gusci in ghisa direttamente sul cavo prima di posarlo
- materassi: consiste nel ricoprire il cavo una volta posato con materassi di materiale specifico
- rocce (rock dumping): consiste nel ricoprire il cavo una volta posato con massi naturali.



Sistemi di protezione dei cavi poggiati sul fondale mediante gusci di ghisa, materassi o rocce

Delle tre possibilità illustrate si è scelto di utilizzare i gusci in ghisa: tale soluzione, particolarmente adatta per proteggere il cavo posato su fondali che presentano conformazioni irregolari o taglienti, risulta di minore impatto per l'ecosistema dati i ridotti ingombri.

6.4 REALIZZAZIONE DEL CAVIDOTTO MARINO IN TOC

L'approdo del cavo marino sarà realizzato tramite tecnica Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC). Tale soluzione prevede la realizzazione di una trivellazione rettilinea di opportuna lunghezza e profondità. Durante le operazioni di drilling verrà installato una tubazione in materiale plastico con all'interno un cavo di tiro che servirà, durante le operazioni di installazione del cavo marino, a far scorrere la testa dello stesso all'interno della tubazione fino al punto di fissaggio a terra.

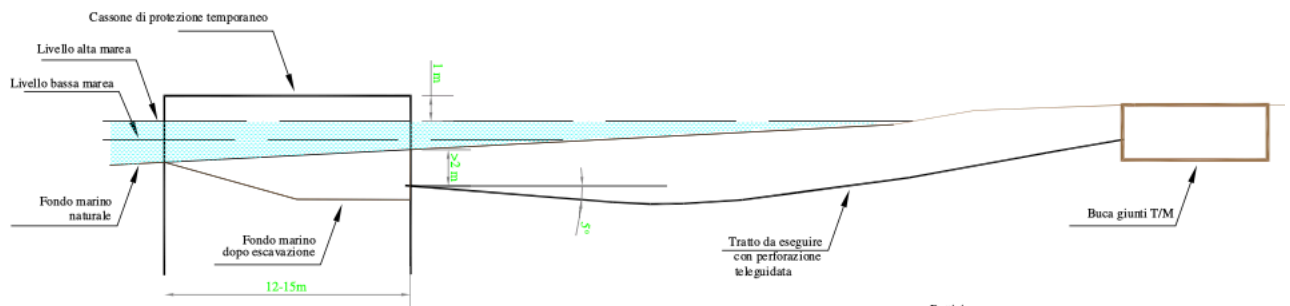
La trivellazione avverrà posizionando la macchina in corrispondenza dell'estremità lato terra (vasca giunti), effettuando pertanto i fori con avanzamento verso il mare. Giunti all'altra estremità, si procederà al trascinarsi in senso opposto dei tubi PEAD, dotati di apposita testa per l'ancoraggio all'utensile della macchina.

La soluzione di approdo con TOC è volta a ridurre l'impatto delle lavorazioni sulla falesia e sulle aree soggette a vincolo PAI in prossimità della costa e di proteggere il cavo marino da una tubazione in PEAD, installata ad alcuni metri di profondità rispetto al piano di calpestio, riducendo quindi enormemente le possibilità di interferenza con la popolazione.



Posa del cavo nel punto di sbarco con tecnica TOC

L'estremità lato mare del tratto da eseguire con trivellazione teleguidata sarà provvisoriamente protetta con apposito cassone in lamiera, all'interno del quale sarà effettuato uno scavo per far uscire le suddette estremità evitando al contempo il contatto con l'acqua, in modo da facilitare le operazioni di posa delle tubazioni all'interno dei fori e la successiva posa dei cavi. Il cassone sarà scoperto sul lato superiore e avrà un'altezza di circa 1 m oltre il livello massimo dell'acqua. Avrà una larghezza di circa 20 m per 15 m di profondità.



Schema di posizionamento del cassone di protezione

Per la posa all'approdo di arrivo si potrà procedere seguendo la tecnica riportata nella figura seguente, che prevede l'utilizzo di barche di appoggio alla nave principale per il tiro a terra della parte terminale dei cavi, tenuti in superficie tramite dei galleggianti durante le operazioni.

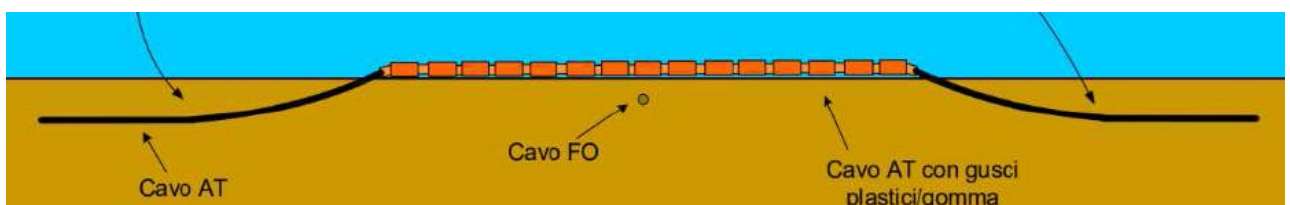


Posa del cavo in corrispondenza del punto di approdo

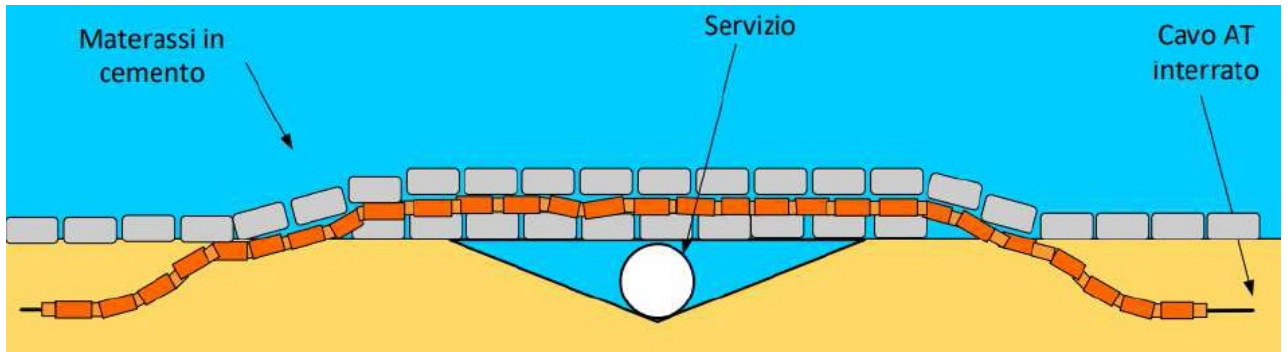
6.5 RISOLUZIONE DI EVENTUALI INTERFERENZE OFFSHORE

Le indagini effettuate non hanno evidenziato la presenza di interferenze con altri servizi sottomarini, ad ogni modo, nel caso in cui dovesse emergere la necessita di gestire l'incrocio con altri cavi o gasdotti, l'attraversamento potrà essere realizzato facendo transitare i cavi al di sopra dell'interferenza da attraversare, separando opportunamente il cavo dal "sottoservizio" esistente ed adottando idonee soluzioni di ricopertura con gusci in materiale plastico e di protezione dell'incrocio con materassi di cemento o sacchi riempiti di sabbia come indicato nei tipologici seguenti.

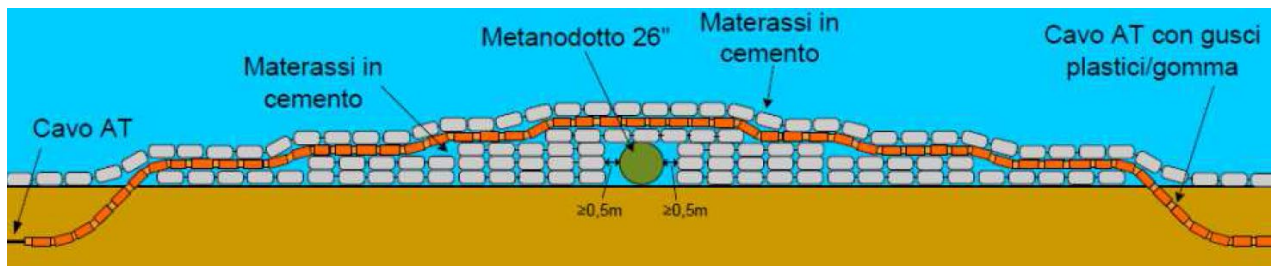
La stessa tecnica può essere necessaria anche in caso che il cavo o il tubo attraversato sia interrato artificialmente o naturalmente.



Tipico di attraversamento di cavo



Tipico di attraversamento di tubazione metallica affiorante



Tipico di attraversamento di gasdotto affiorante

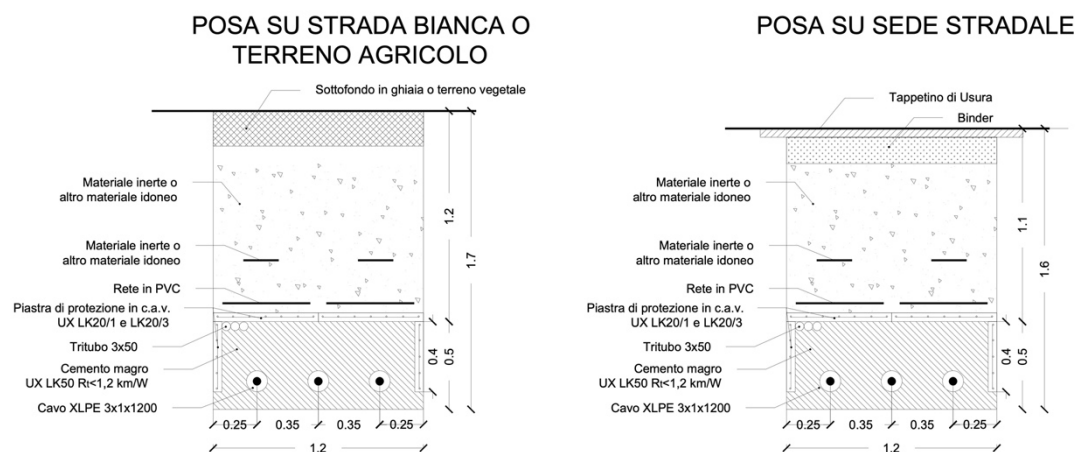
7 ELETTRODOTTI ONSHORE

I cavi saranno posati ad una profondità standard (quota piano di posa) di -1,6 m (-1,7m per posa su terreno agricolo o strada bianca) su di un letto di sabbia o di cemento magro dallo spessore di cm. 10 ca. I cavi saranno ricoperti sempre con il medesimo tipo di sabbia o cemento, per uno strato di cm.40, sopra il quale la quale sarà posata una lastra di protezione in C.A. Ulteriori lastre saranno collocate sui lati dello scavo, allo scopo di creare una protezione meccanica supplementare.

La restante parte della trincea sarà riempita con materiale di risulta e/o di riporto, di idonee caratteristiche. Nel caso di passaggio su strada, i ripristini della stessa (sottofondo, binder, tappetino, ecc.) saranno realizzati in conformità a quanto indicato nelle prescrizioni degli enti proprietari della strada (Comune, Provincia, ANAS, ecc.).

I cavi saranno segnalati mediante rete in P.V.C. rosso, da collocare al di sopra delle lastre di protezione. Ulteriore segnalazione sarà realizzata mediante la posa di nastro monitore da posizionare a circa metà altezza della trincea.

All'interno della trincea è prevista l'installazione di n°1 Tritubo Ø 50 mm entro il quale potranno essere posati cavi a Fibra Ottica e/o cavi telefonici/segnalamento.



Schemi tipologici di posa su strada

7.1 RISOLUZIONE DELLE INTERFERENZE ONSHORE

Saranno possibili interferenze con le reti interrato esistenti: reti idriche AQP, reti elettriche Enel, reti elettriche di produttori di energia da fonte rinnovabile (impianti fotovoltaici ed eolici), reti gas e reti telefoniche. Tali interferenze saranno puntualmente verificate in sede di progettazione esecutiva con gli enti/società proprietari delle reti e saranno definite di concerto le modalità tecniche di posa dei cavi AT in corrispondenza delle intersezioni e ,ove necessario, si utilizzerà la tecnica della Trivellazione Orizzontale Controllata. Tutti i dettagli sulle modalità di posa e sulla gestione delle interferenze sono dettagliati nell'elaborato PTO 5.9 Sezioni di posa - interferenze e attraversamenti.

Stralcio della Tavola Particolari risoluzione interferenze e attraversamenti

8 SINTESI DELLE GENERALE DELLE FASI DI REALIZZAZIONE

La realizzazione dell'impianto Lupiae Maris prevede una tempistica totale di 36 mesi. Con riferimento al cronoprogramma delle lavorazioni (cfr elaborato R.9.2), le macro operazioni e la tempistica possono essere schematizzate come rappresentato nel grafico seguente:

REALIZZAZIONE PARCO EOLICO OFFSHORE LUPIAE MARIS	Mesi																																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
1 ATTIVITA' PRELIMINARI E INDAGINI	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2 SOTTOSTAZIONE OFFSHORE	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3 CAVI OFFSHORE																																					
4 ELETTRODOTTO ONSHORE E OPERE DI CONNESSIONE																																					
5 FONDAZIONI FLOTTANTI E AEROGENERATORI																																					
6 COMMISSIONING																																					

Cronoprogramma delle macro operazioni di cantiere

Le attività preliminari e le indagini, parzialmente già svolte nel progetto definitivo, avranno tempistiche contemporanee a tutta l'esecuzione del cantiere e consentiranno di monitorare "in corso d'opera" diversi aspetti ambientali e fisici del sito, al fine della redazione e eventuale perfezionamento del progetto esecutivo anche durante lo svolgimento delle attività cantieristiche vere e proprie.

La seconda attività prevista consiste nella realizzazione della parte "hardware" della sottostazione marina. Questo consentirà di svolgere l'attività di *pre-commissioning* e di predisporre l'area ad accogliere le strutture flottanti e gli aerogeneratori.

La terza macro attività consiste nella posa dei cavi marini, anche questa attività è preliminare e prodromica alla installazione degli apparati produttivi.

La quarta fase segnalata è la realizzazione delle opere di connessione a terra, prevista con una tempistica contemporanea alla posa dei cavi marini.

La quinta fase vede l'assemblaggio e il varo delle installazioni produttive, parzialmente contemporanea alle altre fasi citate, questa attività verrà svolta lontano dal sito di installazione in strutture portuali appositamente scelte e adibite, come meglio specificato nel paragrafo 3.2.

In termini di risorse impiegate, la fase di assemblaggio è l'attività di cantiere più impegnativa tra quelle previste.

La sesta fase ed ultima fase consiste nell'attività di commissioning, cioè sinteticamente nell'allaccio e "l'accensione" degli apparati "software" del parco eolico Lupiae Maris e nello *starting* dell'attività di produzione energetica pulita.

9 GESTIONE E MANUTENZIONE

Come per tutte le tipologie di opere, le attività di manutenzione possono essere suddivise in:

- Manutenzione preventiva
- Ispezione
- Manutenzione correttiva

In generale tutte le opere previste sono progettate e realizzate con standard qualitativi tali da richiedere un intervento minimo di manutenzione in circostanze normali. I sistemi di controllo, in particolare, sono dotati di caratteristiche di sicurezza che consentono di massimizzare la protezione dell'integrità del sistema in condizioni ambientali estreme durante le operazioni: se si verificano condizioni meteorologiche estreme durante le normali operazioni, i sensori di bordo del floater e dell'aerogeneratore attiveranno l'arresto del funzionamento.

Il personale addetto all'ispezione e alla manutenzione monitorerà le prestazioni delle varie componenti interpretando i problemi di avviso delle varie apparecchiature e componenti del sistema. Le telecamere di bordo e una gamma completa di altri sensori possono essere utilizzati per consentire la sorveglianza e l'interazione remota con il sistema. La gamma di sensori installabili ha tre obiettivi principali: monitoraggio, diagnosi, abilitazione e supporto agli interventi da remoto.

9.1 MANUTENZIONE PREVENTIVA

Le attività di manutenzione preventiva devono essere intraprese secondo i manuali dei produttori, su base periodica, per monitorare le condizioni del sistema, prevenire il degrado dei componenti e intervenire (riparare/sostituire) prima che l'apparecchiatura si guasti, evitando tempi di fermo imprevisti.

L'evoluzione delle condizioni delle attrezzature e delle strutture nel corso della vita guiderà il continuo aggiornamento del piano di manutenzione. Le specifiche tecniche di manutenzione dipendono dalle apparecchiature da mantenere, che devono essere definite durante le fasi di ingegneria. La maggior parte delle opere è composta da componenti standard del settore che richiedono poca manutenzione.

9.2 ISPEZIONE

Lo scopo delle ispezioni strutturali periodiche è quello di monitorare l'integrità delle strutture, sia al di sopra che al di sotto del livello medio dell'acqua, compresi i cavi inter-array e i sistemi di ormeggio. L'ambito e la periodicità delle ispezioni strutturali periodiche sono determinati dall'ente di classificazione incaricato, ove applicabile.

Per i vani meno accessibili senza scale, sono richiesti anche tecnici con competenze specifiche. Per ridurre al minimo l'impiego di questa categoria di tecnici, le ispezioni possono essere effettuate anche da velivoli senza pilota pronti per il mercato o, per i compartimenti sommersi, da ROV portatili.

Le grandi ispezioni subacquee devono essere eseguite da un ROV dispiegato da qualsiasi imbarcazione con capacità DP2 di posizione dinamica e gru idonea per il dispiegamento di ROV.

9.3 MANUTENZIONE CORRETTIVA

La manutenzione correttiva verrà eseguita quando una parte delle apparecchiature incorre in guasti o se le condizioni di deterioramento aumentano il rischio di guasto, richiedendo un'azione correttiva per prevenire guasti successivi. La piattaforma galleggiante è progettata per consentire la sostituzione dei componenti offshore. L'accento sarà posto sui mezzi di movimentazione dei materiali per consentire la rimozione rapida e sicura e la reinstallazione delle parti. I componenti di grandi dimensioni possono essere riparati a terra, quando possibile.

9.4 SOSTITUZIONE DEI COMPONENTI PRINCIPALI E MANUTENZIONE STRAORDINARIA

In caso di sostituzione di un componente importante del sistema floater-aerogeneratore, si dovrà prevedere il ritorno al porto. Si tratta di rimorchiare la piattaforma in porto in modo che il componente interessato possa essere sostituito utilizzando strutture a terra in un ambiente protetto.

La piattaforma è progettata con connettori di ormeggio della piattaforma plug-and-play e un I-Tube scollegabile, che può essere facilmente collegato nel processo inverso rispetto all'installazione, entrambe operazioni da eseguire in meno di 24 ore. La soluzione I-Tube flottante impedisce una perdita di produzione di energia a livello di array derivata da una potenziale manutenzione correttiva di grandi dimensioni, garantendo così una produzione ininterrotta dalle unità rimanenti mentre l'unità interessata è in transito e in riparazione.

L'operazione di rimorchio a porto viene eseguita secondo le seguenti fasi:

- Allestimento logistica in porto
- Allestimento piattaforma
- Dispiegamento I-tube
- Scollegamento sistema di ormeggio
- Traino offshore e relative attività di zavorramento
- Ormeggio piattaforma lato banchina
- Intervento di manutenzione straordinaria
- Traino offshore e ricollegamento I-tube e sistema di ormeggio

Altre strategie di intervento, attualmente in fase di sviluppo per questa tipologia di opere, possono includere navi con gru galleggianti per carichi pesanti.

9.5 PARTI DI RICAMBIO E REQUISITI DI STOCCAGGIO

Data l'importanza dell'opera, dovrà essere previsto un inventario di parti di ricambio critiche e non critiche, suddivisibile in 6 categorie:

- Sistema di zavorra: include pompe di zavorra, pompe di sentina portatili, pannelli VFD, ventole di ventilazione e ricambi associati come guarnizioni, giunti, tenute, cuscinetti, ecc.
- Tubazioni e valvole: tubazioni di zavorramento, valvole e raccordi.
- Sistemi di alimentazione: cavi di alimentazione, prese di alimentazione, modulo di alimentazione UPS, interruttori di alimentazione
- Attrezzatura di supporto sul campo: pompe dell'acqua di mare, pezzi di ricambio per gru (grasso, bulloni, ecc.) e ormeggio ricambi verricello
- Struttura secondaria: bulloneria e staffe per grigliato e corrimano, anodi • Strumentazione: ausili alla navigazione, inclinometri, trasmettitori di pressione, trasmettitori di livello, rilevatori di perdite, tra l'altro
- Per quanto riguarda i sistemi di cavi di ormeggio e inter-array, le raccomandazioni sui pezzi di ricambio sono guidate dagli articoli con il tempo di consegna più lungo, che sono tipicamente la cima di ormeggio e il cavo inter-array.

10 DISMISSIONE

Gli interventi di dismissione di un parco eolico offshore seguono sostanzialmente all'inverso le fasi di realizzazione, rendendo necessaria la riattivazione dei cantieri portuali utilizzati in fase di realizzazione per lo smontaggio degli aerogeneratori e il taglio delle strutture in acciaio.

Ad oggi l'unico intervento di dismissione eseguito è stato condotto da Principle Power, che ha eseguito la disattivazione di WindFloat 1, il suo primo progetto pilota operativo tra il 2011 e il 2016. Nel seguito si descrivono le operazioni di dismissione, riportando le risultanze ottenute dall'esperienza Principle Power.

10.1 OPERAZIONI OFFSHORE

Nello specifico caso in esame, le condizioni al contorno hanno consentito di realizzare sistemi di ormeggio a bassa pretensione che possono essere facilmente agganciati con un verricello di bordo, connettori di ormeggio facilmente scollegabili e cavi dinamici per il collegamento delle turbine che possono essere facilmente sconnessi.

I cavi, le cime di ormeggio e le ancore devono essere scollegati seguendo il processo inverso rispetto alla loro installazione.

In particolare, le fasi del processo di disattivazione sono:

- Scollegamento del cavo di alimentazione (circa 12 ore)
- Scollegamento delle cime di ormeggio (circa 12 ore per 3 cime di ormeggio) • Traino dal sito al porto (durata dipendente dalla distanza di transito)

Una volta completate le operazioni di distacco degli ormeggi e dismissione del collegamento elettrico, il complesso floater-aerogeneratore può essere trainato verso il porto dove eseguire le operazioni di smontaggio e smantellamento. Anche in questo caso si procede in maniera inversa all'installazione. Le operazioni di traino vengono eseguite collegando un rimorchiatore offshore alla colonne 2 e 3 tramite una briglia. La velocità di traino deve essere limitata a 3,0 nodi e ridotta in caso di maltempo.



Configurazione traino

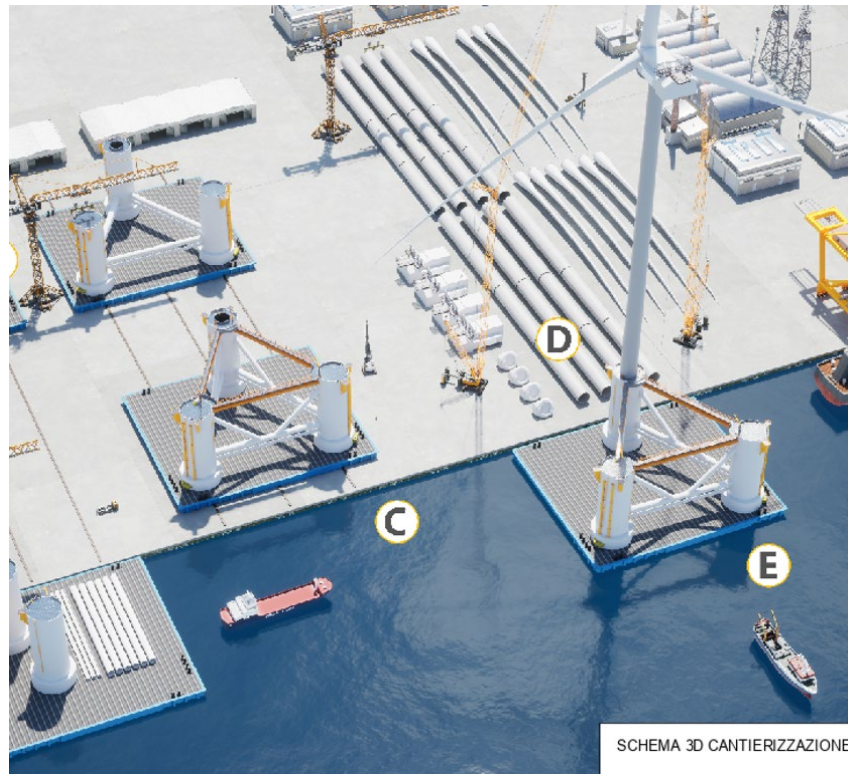
Allo stesso modo si procederà per la sottostazione, rimuovendo prima tutte le componenti elettromeccaniche e poi asportando il topside e infine il jacket, invertendo le operazioni di carico e trasporto.

10.2 OPERAZIONI ONSHORE

Le operazioni di smontaggio e smantellamento del complesso floater-aerogeneratore richiederanno sostanzialmente la stessa organizzazione logistica descritta nella relazione R.7.1 per la realizzazione.

Sarà quindi necessario disporre di una filiera di produzione in grado di garantire almeno 4 linee in parallelo, facendo affidamento su più infrastrutture portuali, magari gestendo diverse funzioni.

Di seguito si ripropone a scopo esemplificativo la schematizzazione dell'area di cantiere, nel quale le operazioni dovranno essere svolte all'inverso, dallo smontaggio dei componenti dell'aerogeneratore allo smantellamento del floater: gli spazi da impegnare non variano rispetto alla fase di realizzazione.



Allo stesso modo si procederà per la sottostazione prevedendo lo smantellamento delle parti metalliche in banchina portuale.

10.3 RECUPERO DI MATERIA E FINE VITA

Tutte le strutture di cui si compone il parco eolico offshore hanno struttura primaria in acciaio. Il processo di smantellamento e dismissione di queste tipologie di opere è ben sperimentato nel settore O&G, dove vengono riciclate le unità di produzione galleggianti semisommergibili e le piattaforme di perforazione. In genere, tutto l'acciaio recuperato dal sito offshore può essere recuperato e riciclato a terra. (<https://kishornport.co.uk/services/decommissioning>).

Anche le funi sintetiche possono essere recuperate e utilizzate come combustibile in una centrale termica (energia dai rifiuti), ma i produttori hanno anche sviluppato processi per riciclare le funi in prodotti polimerici come le coperture per ponti. (<https://www.lankhorstropes.com/information/recycling-of-ropes>).

Anche i cavi e gli accessori possono essere completamente recuperati per essere trattati da un settore di riciclaggio dedicato già esistente (<https://k2polymers.com/recycling-services/sub-sea-cable-recycling/>)

A ciò aggiungasi che per strutture di questo tipo sarà anche da valutare la possibilità di estendere la durata delle opere: ad esempio l'unità WindFloat 1 di Principle Power è stata dismessa dal sito di Povoa do Varzim in Portogallo ed è stata reinstallata presso il Kincardine Offshore Wind Farm, in Scozia.