



Nereus S.r.l.



Parco Eolico Offshore - Nereus

Stima Preliminare Delle Opere e Quadro Economico

Doc. No. P0031639-6-H11 Rev.00 - Aprile 2023

Rev.	Descrizione	Preparato da	Controllato da	Approvato da	Data
00	Prima Emissione	NNO01	MMO08	SSA	04/04/2023

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

INDICE

LISTA DELLE TABELLE	2
LISTA DELLE FIGURE	2
ABBREVIAZIONI E ACRONIMI	3
1 PREMESSA	4
2 INTRODUZIONE	5
3 STIMA DEI COSTI DELLE PIATTAFORME GALLEGGIANTI	6
4 STIMA COSTI DELLE OPERE MARINE	9
5 STIMA COSTI DELLE OPERE TERRESTRI	11
6 QUADRO ECONOMICO COMPLESSIVO E CONCLUSIONI	12
REFERENZE	13

LISTA DELLE TABELLE

Tabella 3:1 Quadro economico piattaforma galleggiante per WTG	7
Tabella 3:2: Quadro economico piattaforma galleggiante per OSS	8
Tabella 4:1: Stima costi complessiva Nereus Sezione A	9
Tabella 4:2: Stima costi complessiva Nereus Sezione B	10
Tabella 4:3: Stima costi complessiva Nereus Sezione C	10
Tabella 5:1: Stima costi complessiva opere a terra Nereus	11
Tabella 6:1: Stima costi complessiva Nereus	12

LISTA DELLE FIGURE

Figura 1:1: Inquadramento Generale del Progetto	4
Figura 3:1: Opzioni possibili per una piattaforma galleggiante per parco eolico offshore (immagine da [1])	6
Figura 3:2: Esempio di OSS semisommersibile a pianta quadrata	7

ABBREVIAZIONI E ACRONIMI

AT	Alta Tensione
OSS	Off Shore Substation – Sottostazione Galleggiante
RTN	Rete di Trasmissione Nazionale
S.r.l	Società a responsabilità limitata
WTG	Wind Turbine Generator

1 PREMESSA

La presente relazione è stata redatta per illustrare le principali caratteristiche del Parco Eolico Offshore Flottante denominato “Nereus”.

Il progetto in oggetto è proposto dalla Nereus S.r.l., Società controllata interamente da Nexta Capital Partner, società di investimento focalizzata sullo sviluppo, la costruzione e la gestione di asset di energie rinnovabili.

Il progetto “Nereus” sarà composto da 120 aerogeneratori da 15 MW ciascuno, per una capacità totale installata pari a 1800 MW e sarà localizzato al di fuori delle acque territoriali italiane, quindi oltre le 12 miglia nautiche dalla linea di base, a largo della costa pugliese nello specchio acqueo antistante i comuni di Manfredonia e Barletta. L'energia prodotta sarà trasportata per mezzo di cavidotti sottomarini per i quali è previsto l'approdo nel Comune di Barletta (BT), mentre l'allaccio alla rete di trasmissione nazionale è previsto presso la stazione elettrica 380 kV “Manfredonia” gestita da Terna S.p.A.

Il progetto prevederà anche la realizzazione di un sistema di produzione a terra di idrogeno verde tramite elettrolizzatori.

L'area dove è localizzato il parco eolico ha una profondità del fondale compresa tra gli 80 m e i 120 m.

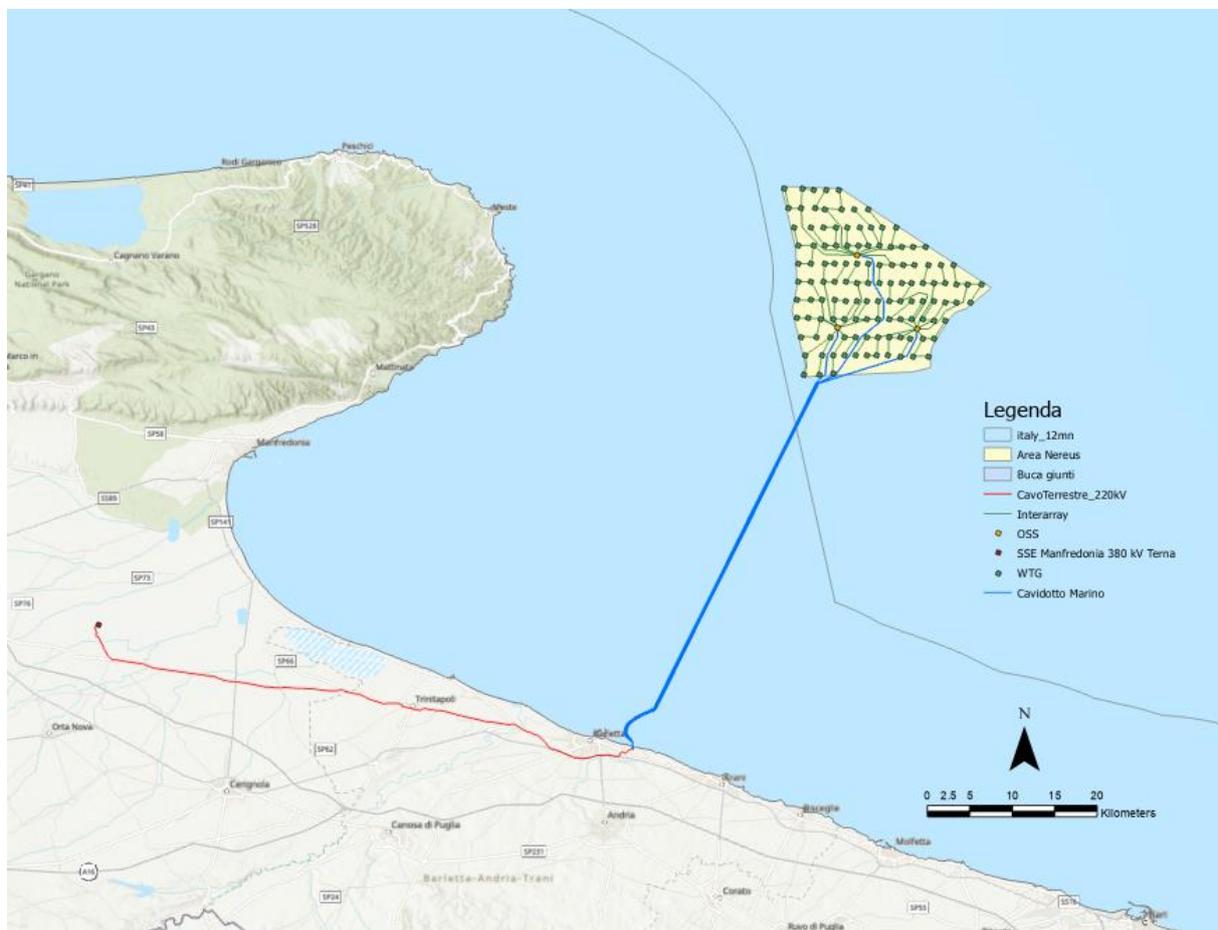


Figura 1:1: Inquadramento Generale del Progetto

2 INTRODUZIONE

Per la realizzazione della presente stima delle opere necessarie alla realizzazione del parco eolico offshore galleggiante denominato Nereus, avente una potenza complessiva di 1800 MW, RINA ha utilizzato principalmente tre fonti:

- ✓ Dati a consuntivo di progetti analoghi.

La tecnologia flottante per l'eolico offshore è ancora ad oggi considerata innovativa. Come per ogni innovazione, il prezzo di mercato dello sviluppo è estremamente volatile negli anni e fare previsioni a lungo termine risulta complesso. Tuttavia, è fondamentale considerare come dati di partenza quelli relativi ad iniziative simili, sebbene si tratti di progetti di potenza installata e numero di WTG installate molto inferiori. In particolare, sono stati considerati i dati a consuntivo relativi a due iniziative in Europa, rispettivamente costituite da 5 isole flottanti e 3 isole flottanti, per un totale di 30 MW e 25.2 MW, entrambe implementate nel 2020.

- ✓ Dati di letteratura scientifica.

La stima delle opere in ambito eolico offshore è stato un tema dibattuto a livello di letteratura scientifica. Sono molteplici gli articoli che trattano delle possibilità di stima del quadro economico per un'innovativa piattaforma flottante. In particolare, la presente analisi considera le evidenze ottenute in [1] e [2].

- ✓ Dati a consuntivo di progetti assimilabili.

L'analisi di progetto viene sviluppata in conformità a quanto già definito per piani di realizzazione simili, come riportato da fonti ministeriali [3].

Infine, sono stati considerati numerosi dati a consuntivo di progetti eolici offshore non flottanti, di piattaforme galleggianti adibite ad altri fini, di grandi impianti elettrici in AT in generale.

In particolare, i dati di letteratura suggeriscono una suddivisione dei CapEx per una wind farm offshore flottante come segue:

- ✓ 35% per le fondazioni delle WTG e delle OSS (ossia, la piattaforma galleggiante e le opere di ancoraggio e ormeggio necessarie);
- ✓ 40% per le WTG;
- ✓ 15% per le diverse infrastrutture elettriche (ossia cavi di collegamento delle diverse opere e componentistica delle OSS e Stazione Utente);
- ✓ 5% per costi di sviluppo;
- ✓ 5% per costi di assemblaggio e installazione;

È evidente che i CapEx, rispetto ad un offshore tradizionale, siano fortemente spostati e incentrati sulla piattaforma galleggiante. Infatti, la voce "fondazioni" per un eolico offshore tradizionale solitamente si attesta intorno al 15-20% del costo totale.

Lo studio delineerà il costo capitale atteso per il Progetto, fornendo un esploso preliminare di alcune voci di costo sufficientemente dettagliate per la attuale fase di progettazione.

I costi saranno esplicitati per ogni sezione del progetto Nereus:

- ✓ Sezione A – n. 40 aerogeneratori da 15 MW cadauno, per una potenza totale di 600 MW;
- ✓ Sezione B – n. 40 aerogeneratori da 15 MW cadauno, per una potenza totale di 600 MW;
- ✓ Sezione C – n. 40 aerogeneratori da 15 MW cadauno, per una potenza totale di 600 MW.

3 STIMA DEI COSTI DELLE PIATTAFORME GALLEGGIANTI

In questo paragrafo si riportano le ipotesi sulle quali RINA ha basato la stima dei costi per quanto riguarda le piattaforme galleggianti sia per le WTG che le OSS comprendenti:

- ✓ Galleggiante;
- ✓ Ancoraggio;
- ✓ Ormeaggio;
- ✓ WTG.

Visto la natura preliminare della progettazione per lo Scoping, la stima sarà effettuata con un grado di incertezza elevato, pertanto maggiorata in modo che risulti cautelativa. Infatti, non è stata ancora effettuata una vera e propria progettazione del galleggiante, né ancora definita con esattezza la WTG che sarà implementata. A valle del dimensionamento della piattaforma, la presente stima potrà essere opportunamente affinata e fornire un risultato più preciso.

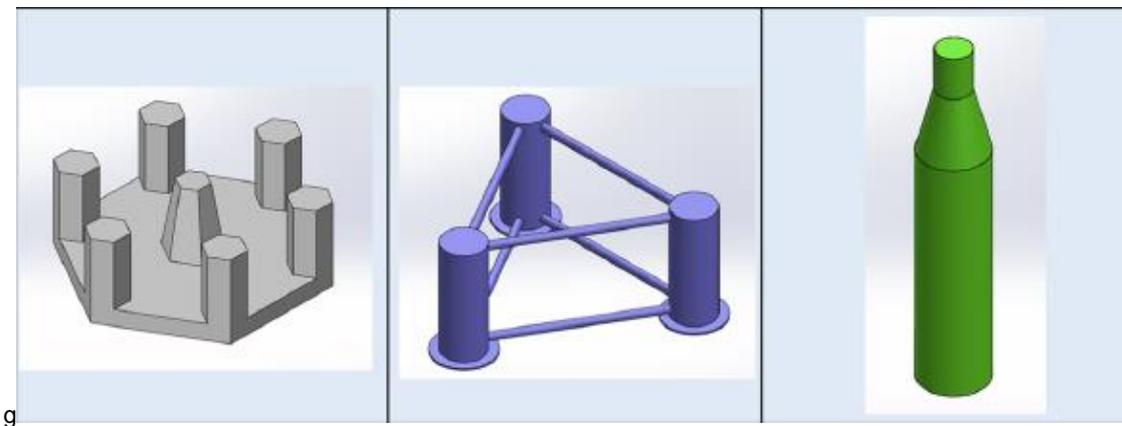


Figura 3:1: Opzioni possibili per una piattaforma galleggiante per parco eolico offshore (immagine da [1])

Nelle successive valutazioni economiche, RINA per la struttura galleggiante ha considerato un tripode. Tale scelta è stata effettuata poiché da dati di letteratura risulta una delle tecnologie più consolidate in ambito eolico flottante. Tale tipologia è rappresentata al centro della precedente Figura 3:1.

Il costo specifico per un galleggiante adeguato al tipo di applicazione è stato stimato come consuntivo esposto in Tabella 3:1.

Per quanto riguarda l'ormeaggio, è stata ipotizzata una catenaria, caratterizzata secondo i seguenti parametri progettuali:

- ✓ Profondità fondale: 80-120 m;
- ✓ Profondità media fondale: 100 m;
- ✓ Lunghezza della singola linea di ormeaggio: $100 \times 4^1 \text{ m} = 400 \text{ m}$;
- ✓ Numero linee per galleggiante: 3;
- ✓ Costo unitario linea di ancoraggio: 800 €/m (assunzione secondo tipico di mercato);
- ✓ Numero ancoraggi: 3;
- ✓ Costo medio ancoraggio: 400,000 €/unità.

Mediamente, il costo di un'ancora (comprensivo dell'installazione) risulta all'interno di un range che va da 200,000 € fino a 1,000,000 €, quest'ultimo è variabile in funzione della tipologia di fondale e di ormeaggio. In questa fase preliminare si valuta adeguata la scelta di assumere il costo medio come riferimento ed includendo a consuntivo

¹ Il valore di 4 si basa sul valore medio della lunghezza delle catenarie che si può considerare preliminarmente compreso tra 3 e 5 volte la profondità media del fondale.

una quota parte nelle contingencies, dovuto al grado di incertezza attuale sulla tecnologia che effettivamente verrà impiegata nel progetto. che andrà valutato successivamente in dettaglio con adeguate survey di campo.

Ad oggi non è ancora noto il costo della WTG da 15 MW presa in considerazione per il progetto Nereus, ma utilizzando i prezzi di mercato delle WTG onshore del 2021 è stato possibile stimare il costo di tale opera in 18,000,000 € per ogni WTG.

In fine è stato stimato un costo per il trasporto della struttura galleggiante assemblata dall'area portuale al sito. Sono stati ipotizzati 3 rimorchiatori per le turbine (costo medio di noleggio: 60,000 €/giorno/rimorchiatore). La stima delle tempistiche risulta molto complessa non avendo indicazioni sulla distanza fra il luogo dell'assemblaggio ed il sito: è stato preliminarmente considerato 1 giorno per ogni trasporto.

Pertanto, in Tabella 3:1 sono riassunte tutte le voci di costo facenti parte del sistema di generazione energetica, ovvero le WTG, le relative piattaforme complete di ancoraggi e ormeggi.

Tabella 3:1 Quadro economico piattaforma galleggiante per WTG

Item	Costo budgetario
Struttura galleggiante	16,000,000 €
WTG – 15 MW	18,000,000 €
Ormeggio (3 linee di ormeggio)	960,000 €
Ancoraggio (3 ancore) – costo inclusivo di installazione in sito	1,200,000 €
Costo per trasporto struttura galleggiante in sito (3 rimorchiatori per 1 giornata)	180,000 €
TOTALE	36,340,400 €

Anche per la valutazione delle strutture galleggianti delle OSS, RINA ha tenuto conto per la stima dei costi dei seguenti componenti principali:

- ✓ Galleggiante;
- ✓ Ancoraggio;
- ✓ Ormeggio;
- ✓ I vari componenti elettrici e strutture necessarie per la OSS

Per la struttura galleggiante è stata ipotizzata una base quadrata, che da dati di letteratura risulta una delle tecnologie più utilizzate in ambito di sottostazioni offshore. In Figura 3:2 si riporta un esempio di come è stata ipotizzata la OSS.



Figura 3:2: Esempio di OSS semisommersibile a pianta quadrata

Per quanto riguarda l'ormeggio date le elevate profondità, come per le WTG, la soluzione preliminarmente considerata prevede l'utilizzo di elementi tesi, caratterizzata secondo i seguenti parametri progettuali:

- ✓ Profondità fondale: 80-120 m;
- ✓ Profondità media fondale: 100 m;
- ✓ Lunghezza della singola linea di ormeggio: $100 \times 4^2 = 400$ m;
- ✓ Costo unitario catenaria: 800 €/m;
- ✓ Numero ancoraggi: 4;
- ✓ Costo medio ancoraggio: 400,000 €/unità

Infine, la OSS comprensiva di tutti i componenti per una potenza di 700 MVA ha un costo stimabile secondo i prezzi di mercato delle sottostazioni galleggianti di circa 30.000.000 €.

In aggiunta a quanto sopra detto, è stato stimato un costo per il trasporto della struttura galleggiante assemblata dall'area portuale al sito. È stato ipotizzato 1 rimorchiatore per la OSS (costo medio di noleggio: 60,000 €/giorno/rimorchiatore). La stima delle tempistiche risulta molto complessa non avendo indicazioni sulla distanza fra il luogo dell'assemblaggio ed il sito: è stato preliminarmente considerato 1 giorno per ogni trasporto.

Pertanto, la stima porta alla seguente tabella per quanto riguarda le opere relative alla piattaforma galleggiante delle OSS (Tabella 3:2):

Tabella 3:2: Quadro economico piattaforma galleggiante per OSS

Item	Costo budgetario
Struttura galleggiante	37,450,000 €
Componenti elettrici per la OSS	30,000,000 €
Ormeggio (4 linee di ormeggio)	1,280,000 €
Ancoraggio (4 ancore) – costo inclusivo di installazione in sito	1,600,000 €
Costo per trasporto struttura galleggiante in sito (1 rimorchiatori per 1 giornata)	60,000 €
TOTALE	70,390,000 €

I valori ottenuti a valle delle ipotesi esplicate in precedenza risultano essere coerenti con lo share dei costi previsti dalla letteratura scientifica [1] , sono da considerarsi inoltre comprensivi di costi di sviluppo ed installazione.

² Il valore di 4 si basa sul valore medio della lunghezza delle catenarie che si può considerare preliminarmente compreso tra 3 e 5 volte la profondità media del fondale.

4 STIMA COSTI DELLE OPERE MARINE

Ai costi relativi delle WTG e OSS con rispettive piattaforme galleggianti esposti nel capitolo precedente, per quanto riguarda la parte marina delle opere da realizzare, vanno aggiunti i costi relativi alle interconnessioni da realizzare tra le WTG e la OSS così come le interconnessioni tra le OSS e terra.

Per questo motivo, la voce del cavidotto assume un'importanza chiave nell'esplosione dell'intero budget.

Pertanto, si hanno le seguenti specifiche progettuali:

- ✓ Tensione del cavidotto tra le WTG e la OSS: 66 kV;
- ✓ Lunghezza del cavidotto inter-array + lunghezza del cavidotto WTG-OSS:
 - 85 km per la Sezione A;
 - 86 km per la Sezione B;
 - 87 km per la Sezione C.
- ✓ Tensione del cavidotto tra le OSS e terra: 220 kV;
- ✓ Lunghezza del cavidotto verso terra:
 - 110 km (2 linee da 55 km mediamente) per la Sezione A;
 - 134 km (2 linee da 67 km mediamente) per la Sezione B;
 - 148 km (2 linee da 74 km mediamente) per la Sezione c;
- ✓ Posa sul fondale in trench o soluzione alternativa con inter-distanziamento 50 metri.

Anche questi aspetti sono fortemente influenzati dal carattere preliminare della progettazione. Pertanto, si ritiene opportuno effettuare una stima cautelativamente maggiorata considerando i cavidotti di collegamento tra le turbine e tra l'ultima turbina e la OSS come eventi tutti la stessa sezione pari alla sezione maggiore ipotizzata nella singola sezione del campo eolico. Le stime economiche preliminari basate su dati ricavati da esperienze pregresse definiscono un prezzo budgettario di 950,000 €/km per cavidotti sommersi eserciti a 66 kV, comprensivo dei costi di posa e trasporto.

Per la parte di cavidotto per l'interconnessione a terra a 220 kV sono previste due conduttore tripolari in partenza da ognuna delle due OSS. Le stime economiche preliminari basate su dati ricavati da esperienze pregresse definiscono un prezzo budgettario di 1,150,000 €/km per cavidotti sommersi eserciti a questo livello di tensione, comprensivo dei costi di posa e trasporto.

I prezzi sopra esposti sono ottenuti tramite stime cautelative le quali comprendono tutte le opere accessorie, di sviluppo, trasporto ed installazione.

Nelle seguenti Tabella 4:1, Tabella 4:2 e Tabella 4:3 sono riportate le stime dei costi complessivi relativi a ciascuna delle tre Sezioni:

Tabella 4:1: Stima costi complessiva Nereus Sezione A

Voce di costo	Importo unitario	Quantità	Importo totale
WTG flottante con piattaforma, ormeggio ed ancoraggio	36.340.000 €	40	1.453.600.000 €
Sottostazione Galleggiante	70.390.000 €	1	70.390.000 €
Cavi sommersi WTG - OSS	950.000 €	85	80.750.000 €
Cavi sommersi OSS - Giunzione a terra	1.150.000 €	110	126.500.000 €
Contingencies	175.000.000 €	1	175.000.000 €
Totale			1.906.240.000 €

Tabella 4:2: Stima costi complessiva Nereus Sezione B

Voce di costo	Importo unitario	Quantità	Importo totale
WTG flottante con piattaforma, ormeggio ed ancoraggio	36.340.000 €	40	1.453.600.000 €
Sottostazione Galleggiante	70.390.000 €	1	70.390.000 €
Cavi sommersi WTG - OSS	950.000 €	86	81.700.000 €
Cavi sommersi OSS - Giunzione a terra	1.150.000 €	134	154.100.000 €
Contingencies	175.000.000 €	1	175.000.000 €
Totale			1.934.790.000 €

Tabella 4:3: Stima costi complessiva Nereus Sezione C

Voce di costo	Importo unitario	Quantità	Importo totale
WTG flottante con piattaforma, ormeggio ed ancoraggio	36.340.000 €	40	1.453.600.000 €
Sottostazione Galleggiante	70.390.000 €	1	70.390.000 €
Cavi sommersi WTG - OSS	950.000 €	87	82.650.000 €
Cavi sommersi OSS - Giunzione a terra	1.150.000 €	148	170.200.000 €
Contingencies	175.000.000 €	1	175.000.000 €
Totale			1.951.840.000 €

Le contingencies sopra riportate sono state calcolate come un 10% dell'importo delle restanti voci esposte in tabella per ogni Sezione del parco eolico.

5 STIMA COSTI DELLE OPERE TERRESTRI

In questo paragrafo si analizzano le ulteriori voci di costo che vanno ad impattare sui costi capitali del Progetto, ovvero le apparecchiature di terra necessarie per il collegamento alla RTN.

Si tratta delle voci di:

- ✓ Cavidotto di collegamento terrestre;
- ✓ Sottostazione elettrica di Utente per la connessione alla RTN.

Per la sottostazione di collegamento alla RTN è possibile utilizzare come fonte di stima dei costi quella di sottostazioni elettriche "tradizionali", che scalano come prezzo quasi linearmente con la potenza di trasformazione. Quindi per la sottostazione 220/380 kV sono stati stimati circa 40,000 €/MW, pertanto circa 72 milioni di euro per la sottostazione Utente (1800 MW). Il prezzo definito è molto cautelativo e comprensivo di tutte le opere accessorie, di sviluppo, trasporto ed installazione.

Per la voce del cavidotto si assume un costo di 1,500,000 €/km, considerando di includere in questa voce tutte le spese necessarie dall'autorizzazione fino alla messa in opera. Il cavidotto terrestre si sviluppa con le seguenti specifiche progettuali:

- ✓ Tensione del cavidotto: 220 kV;
- ✓ Lunghezza del cavidotto: 360 km (6 linee tripolare da 60 km mediamente);

In Tabella 5:1 è riportata la stima dei costi complessivi delle installazioni di terra relativo al Progetto:

Tabella 5:1: Stima costi complessiva opere a terra Nereus

Voce di costo	Importo unitario	Quantità	Importo totale
Cavi interrati di collegamento	1,500,000 €	360	540,000,000 €
Sottostazione di connessione	72,000,000 €	1	72,000,000 €
Contingencies	30,600,000 €	1	30,600,000 €
Totale			642,600,000 €

Le contingencies sopra riportate sono state calcolate come un 5% dell'importo delle restanti voci esposte in tabella.

6 QUADRO ECONOMICO COMPLESSIVO E CONCLUSIONI

Infine, in questo paragrafo RINA mette insieme quanto rilevato nei paragrafi precedenti con la finalità di fornire un quadro economico per le opere nel loro complesso, riportate sotto in Tabella 6:1:

Tabella 6:1: Stima costi complessiva Nereus

Voce di costo	Importo totale
Stima complessiva opere Sezione A offshore	1.906.240.000 €
Stima complessiva opere Sezione B offshore	1.934.790.000 €
Stima complessiva opere Sezione C offshore	1.951.840.000 €
Stima complessiva opere a terra	642.600.000 €
TOTALE	6.435.470.000 €

Il quadro economico complessivo porta ad una stima di circa 3,600,000 €/MW. Si tratta di una misura coerente con tutti i dati macroeconomici in termini di valori medi e con tutti i dati a consuntivo disponibili per progetti analoghi. Nonostante le grandi cautele imposte, il prezzo di mercato risulta opportunamente ribassato rispetto alle iniziative analoghe ma di dimensioni decisamente inferiori.

REFERENZE

- [1] Platform Optimization and Cost Analysis in a Floating Offshore Wind Farm - Alberto Ghigo, Lorenzo Cottura, Riccardo Caradonna, Giovanni Bracco and Giuliana Mattiazzo - Pubblicato il 23 ottobre 2020
- [2] Floating offshore wind: Economic and ecological challenges of a TLP solution - Michael Kausche, Frank Adam, Frank Dahlhaus, Jochen Großmann - Pubblicato il 23 marzo 2018
- [3] Definizione contenuti SIA progetti depositati (Ministero della transizione ecologica) <https://va.minambiente.it/it-IT/Procedure/ViaElenco/1/9>



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