



Nora Ventu S.r.l.

Progetto preliminare per la realizzazione di un parco eolico offshore - Cagliari – Nora Energia 1

Stima preliminare delle opere e quadro economico

Doc. No. P0025305-4-H17-Rev.00 - Maggio 2022

Rev.	Descrizione	Preparato da	Controllato da	Approvato da	Data
00	Prima Emissione	N.Nobile	O. Scala	S.Sadowski/R.Zaccone	10/05/2022

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

INDICE

	Pag.
LISTA DELLE TABELLE	2
LISTA DELLE FIGURE	2
ABBREVIAZIONI E ACRONIMI	3
1 PREMESSA CAGLIARI NORA ENERGIA	4
2 INTRODUZIONE	5
3 STIMA DEI COSTI DELLA PIATTAFORMA GALLEGGIANTE	6
4 STIMA ULTERIORI OPERE	8
5 QUADRO ECONOMICO COMPLESSIVO E CONCLUSIONI	9
REFERENZE	11

LISTA DELLE TABELLE

Tabella 3:1: Quadro economico piattaforma galleggiante	7
Tabella 5:1: Stima costi complessiva Nora Energia 1 - sottocampo A	9
Tabella 5:2: Stima costi complessiva Nora Energia 1- sottocampo B	9

LISTA DELLE FIGURE

Figura 3:1: Opzioni possibili per una piattaforma galleggiante per eolico offshore (immagine da [1])	6
--	---

ABBREVIAZIONI E ACRONIMI

AT	Alta Tensione
LE	Lecce
RTN	Rete di Trasmissione Nazionale
SE	Stazione Elettrica
S.r.l	Società a responsabilità limitata
WTG	Wind turbine generator

1 PREMESSA CAGLIARI NORA ENERGIA

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

La Committente è intenzionata a realizzare un parco eolico offshore composto da 53 aerogeneratori, per una taglia totale di 795 MW, individuato tra il comune di Sant'Antioco ed il comune di Santa Margherita di Pula, in particolare nello specchio di mare nel Canale di Sardegna a sud ovest del Golfo di Cagliari.

Nel dettaglio la scelta di tale sito è stata effettuata tenendo conto della risorsa eolica potenzialmente disponibile, della distanza dalla costa, della profondità, della conformazione del fondale, dei possibili nodi di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) gestita da Terna S.p.A. e, non da ultimo, minimizzando/evitando il più possibile le aree di maggior interferenza a livello ambientale. In questa zona il fondale ha una profondità molto variabile e in particolare l'area scelta per l'installazione delle turbine varia dai 150 m ai 550 m circa.

2 INTRODUZIONE

Per la realizzazione della presente stima delle opere necessarie alla realizzazione del Progetto “Nora Energia 1”, wind farm offshore flottante di potenza complessiva di 795 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 rimostranze ottenute in **Error! Reference source not found.e Error! Reference source not found.**

- ✓ 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 ministeriale [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 (stima del 2020 per una singola piattaforma):

- ✓ 48% per le fondazioni (ossia, la piattaforma galleggiante e le opere di ancoraggio e ormeggio necessarie);
- ✓ 26% per la WTG;
- ✓ 5% per l'installazione di tutte le parti;
- ✓ 14% per i cavi di collegamento;
- ✓ 2% per la sottostazione;
- ✓ 4% per i costi di sviluppo.

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 sul 20% del costo totale.

Lo studio delinea il costo capitale atteso per il Progetto, fornendo un esploso dei costi sufficientemente dettagliato per la presentazione di un Progetto di scoping. I costi saranno specifici per ogni sottocampo di Nora Energia 1:

- ✓ Nora Energia 1 – Sottocampo A: n. 25 aerogeneratori da 15 MW cadauno, per una potenza totale di 375 MW;
- ✓ Nora Energia 1 – Sottocampo B: n. 28 aerogeneratori da 15 MW cadauno, per una potenza totale di 420 MW;

3 STIMA DEI COSTI DELLA PIATTAFORMA GALLEGGIANTE

In questo paragrafo si spiegano le ipotesi sulle quali RINA ha basato la stima dei costi per quanto riguarda la piattaforma galleggiante, comprendente:

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

Visto la natura preliminare del Progetto di 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.

Per la struttura galleggiante è stato considerato un tripode, che da dati di letteratura risulta una delle tecnologie più consolidate in ambito eolico flottante. In particolare, si tratta dell'opzione centrale esposta in Figura 3:1.

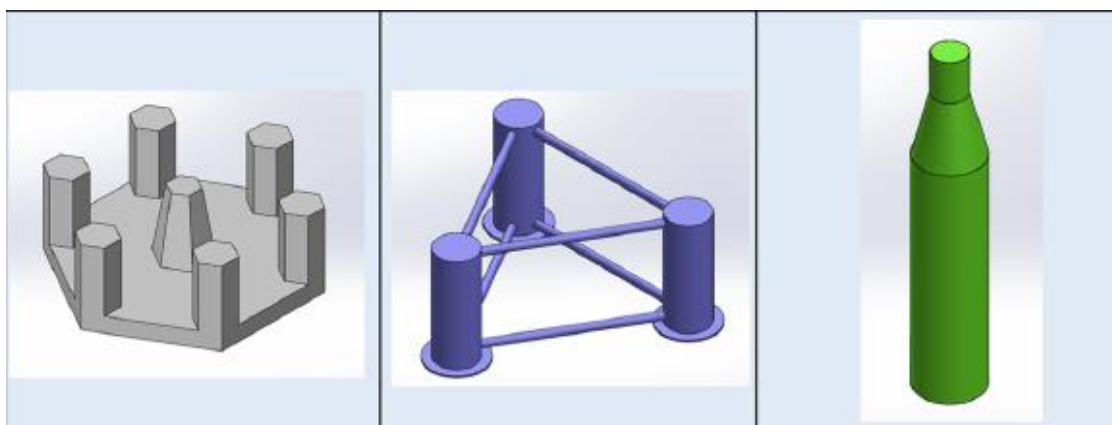


Figura 3:1: Opzioni possibili per una piattaforma galleggiante per eolico offshore (immagine da [1])

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 media fondale: 300 m;
- ✓ Lunghezza e numero linee per struttura galleggiante: 300×4^1 m=1200m;
- ✓ Numero catenarie: 3;
- ✓ Costo unitario catenaria: 800€/m (assunzione secondo tipico di mercato);
- ✓ Numero ancoraggi: 3;
- ✓ Costo medio ancoraggio: 400,000 €/unità.

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.

Stima preliminare delle opere e quadro economico

Per quanto riguarda gli ancoraggi, la stima ha un range di accuratezza elevato. Mediamente, il costo di un'ancora (comprensivo dell'installazione) è di 400,000€, all'interno di un range 200,000€-1,000,000€, quest'ultimo è variabile in funzione della tipologia di fondale e di ormeggio. In questa fase si valuta adeguata la scelta di assumere il costo medio come riferimento, riservandosi un certo grado di incertezza che andrà valutato successivamente in modo più preciso e influirà sulla voce delle contingencies complessiva.

Infine, la WTG considerata da 15 MW ha un costo stimabile secondo i prezzi di mercato delle WTG onshore del 2021: sono stati considerati 12,500,000€ per ogni WTG.

Pertanto, la stima porta alla seguente tabella per quanto riguarda le opere relative alla piattaforma galleggiante (Tabella 3:1).

Tabella 3:1: Quadro economico piattaforma galleggiante

Item	Costo Budgettario 1 piattaforma galleggiante – Sito di Cagliari
Struttura galleggiante	16,000,000 €
WTG – 15 MW	12,500,000 €
Ormeggio (3 linee x 3 catenarie)	2,880,000 €
Ancoraggio (3 ancore – prezzo massimo) – costo inclusivo di installazione in sito	1,200,000 €
Costo per trasporto struttura galleggiante in sito (3 rimorchiatori per 1 giornata)	180,000 €
TOTALE	32,760,000 €

In aggiunta a quanto sopra detto, è stato stimato un costo per il trasporto della struttura galleggiante assemblata dall'area portuale al sito. Sono stati ipotizzati 3 rimorchiatori (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.

I valori riscontrati sono coerenti con lo share dei costi previsti dalla letteratura scientifica [1] e [2] e sono comprensivi di costi di sviluppo ed installazione.

4 STIMA ULTERIORI OPERE

In questo paragrafo si analizzano le ulteriori voci di costo che vanno ad impattare sui costi capitali del Progetto. Si tratta delle voci di:

- ✓ Cavidotto marino in MT di collegamento a terra;
- ✓ Linea aerea in AT per il collegamento a Terna, suddivisa in due tratti (a 220 kV e 380 kV).

Inoltre, il presente Progetto consta di due stadi di trasformazione:

- ✓ Stazione di trasformazione da 66 kV a 220 kV operata offshore mediante 2 sottostazioni galleggianti di trasformazione (una per sezione), ognuna comprensiva di 2 trasformatori 66/220 kV da 250 MVA.
- ✓ Stazione di trasformazione da 220 kV a 380 kV operata a terra in un lotto nei pressi della Società a Socio unico Energia Verde Srl. La trasformazione sarà operata mediante 4 trasformatori 220/380 kV da 250 MVA.

Pertanto, nella presente stima, si considereranno gli oneri per una doppia trasformazione. Inoltre, vista la distanza complessiva che il cavidotto (prima offshore e poi onshore) dovrà percorrere, si evidenzia un'eccezione rispetto a quanto previsto dalla letteratura scientifica: la voce del cavidotto assume un'importanza chiave nell'esplosione dell'intero budget.

Pertanto, si hanno le seguenti specifiche progettuali:

- ✓ Tensione del cavidotto marino: 66 kV;
- ✓ Tensione della linea aerea – 1: 220 kV;
- ✓ Tensione della linea aerea – 2: 380 kV;
- ✓ Lunghezza del cavidotto inter-array (3x120 mmq): 250 km;
- ✓ Lunghezza del cavidotto verso terra (3x800 mmq): 328 km (2 linee da 87 km e 2 linee da 77 km, mediamente);
- ✓ Posa sul fondale in trench con inter-distanziamento 50 metri.

Anche questi aspetti sono fortemente influenzati dal carattere preliminare della progettazione di scoping. Pertanto, si ritiene opportuno effettuare una stima cautelativamente maggiorata considerando il cavidotto marino come un'unica entità, nonostante quello inter-array abbia una sezione inferiore. Pertanto, si considerano 578 km di cavidotto a 66 kV. Le fonti stabiliscono un prezzo di 900,000 €/km per cavidotti sommersi eserciti a questo livello di tensione, comprensivo dei costi di posa e trasporto. Suddividendo in particolare i costi per i 2 sottocampi del Progetto, si ottiene:

- ✓ A: 202 km di cavidotto per un totale di 181,800,000 €;
- ✓ B: 212 km di cavidotto per un totale di 190,800,000 €;

Per quanto riguarda i costi delle stazioni di trasformazione, si devono considerare 2 stazioni galleggianti, ognuna di 500 MVA ed una sottostazione a terra da 1 GVA. Sono stati stimati 33,000 €/MW (secondo i dati a consuntivo) per quanto riguarda SSE a terra. Pertanto, si stimano circa 33 milioni di euro per la sottostazione (1 GVA), suddivisibili approssimativamente in maniera equa tra i 2 sottocampi. Il costo così definito è anche cautelativo e comprensivo di tutte le opere accessorie, di sviluppo, trasporto ed installazione.

Per quanto riguarda le sottostazioni galleggianti si deve considerare un extra costo legato alle strutture galleggianti (comprensive di ancoraggi, ormeggi ed ancore): si possono quindi stimare 25,000 €/MW per un totale di 12,500,000 € a sottostazione, a cui si aggiungono 5,000,000 € per il galleggiante, 2,800,000 € per ancore ed ormeggi. Il totale complessivo risulta quindi essere di 20,300,000 € a sottostazione (totale 40,600,000 €).

Infine, per il Progetto Minerva Vento sono da valutare i costi capitali da impiegare per il collegamento della wind farm dalla SE in prossimità della costa a quella in prossimità del nodo alla RTN di Terna, nel comune di Galatina (a 15 km + 5km secondo il tracciato previsto). RINA suggerisce di valutare, almeno in via preliminare in attesa di indicazioni da parte di Terna, di implementare un collegamento via cavidotto su linea aerea, sia per il tratto a 220 kV sia per il tratto a 380 kV. Tale soluzione a 220 kV ha un costo stimabile di 407,500 €/km, mentre per i 380 kV si può stimare un costo di 512,000 €/km: per il presente studio, visti i 15 km di tratto da coprire a 220 kV e i 5km di tratto da coprire a 380kV, si impone un costo capitale per il cavidotto interrato di 8,672,500 €.

5 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. Si presentano le conclusioni rispettando la suddivisione dei sottocampi:

Tabella 5:1: Stima costi complessiva Nora Energia 1 - sottocampo A

Voce di costo	Importo unitario	Quantità	Importo totale
WTG flottante con piattaforma, ormeggio ed ancoraggio	32,760,000 €	25	819,000,000 €
Cavi sommersi	900,000 €/km	202 km	190,800,000 €
Contingencies	100,000,000 €	1	100,000,000 €
Totale			1,100,800,000 €

Tabella 5:2: Stima costi complessiva Nora Energia 1- sottocampo B

Voce di costo	Importo unitario	Quantità	Importo totale
WTG flottante con piattaforma, ormeggio ed ancoraggio	32,760,000 €	28	917,280,000€
Cavi sommersi	900,000 €/km	212 km	108,990,000 €
Contingencies	100,000,000 €	1	100,000,000 €
Totale			1,208,080,000 €

Infine, si presenta la stima complessiva del Progetto nel suo complesso:

Tabella 5:3: Stima costi complessiva Nora Energia 1

Voce di costo	Importo totale
Sottocampo A	1,100,800,000€
Sottocampo B	1,208,080,000 €
Sottostazioni elettriche (doppio stadio di trasformazione)	73,600,000 €
Cavidotto interrato	8,672,500 €
TOTALE	2,391,152,500 €

Il quadro economico complessivo porta ad una stima di circa 3,007,739 €/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. Tuttavia, l'impatto del costo degli ormeggi, visto il fondale profondo, è elevato. Il Cliente, anche per questo motivo, ha optato per una WTG di capacità molto elevata, in modo da diminuire le piattaforme galleggianti per unità di potenza installata, pervenendo ad una soluzione ottimizzata da questo punto di vista.

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.