



Kailia Energia S.r.l.

Progetto preliminare per la realizzazione di un parco eolico offshore - Brindisi - Kailia Energia

Stima preliminare delle opere e quadro economico

Doc. No. P0025305-2-H17 Rev.02 - Settembre 2021

Rev.	Descrizione	Preparato da	Controllato da	Approvato da	Data
00	Prima Emissione	S.Macri/N.Nobile	O.Scala	S.Sadowski/R.Zaccone	19/08/2021
01	Commenti	S.Macri/N.Nobile	O.Scala	S.Sadowski/R.Zaccone	17/09/2021
02	Commenti	S.Macri/N.Nobile	O.Scala	S.Sadowski/R.Zaccone	28/09/2021

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 BRINDISI KAILIA 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 Kailia Energia sottocampo A	9
Tabella 5:2: Stima costi complessiva Kailia Energia sottocampo B	9
Tabella 5:3: Stima costi complessiva Kailia Energia sottocampo C	9
Tabella 5:4: Stima costi complessiva Kailia Energia sottocampo D	10
Tabella 5:5: Stima costi complessiva Kailia Energia	10

LISTA DELLE FIGURE

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

ABBREVIAZIONI E ACRONIMI

AT	Alta Tensione
RTN	Rete di Trasmissione Nazionale
S.r.l	Società a responsabilità limitata
WTG	Wind Turbine Generator

1 PREMESSA BRINDISI KAILIA ENERGIA

La presente relazione è stata commissionata da Kailia Energia S.r.l. (la Committente), operatore internazionale nel campo delle energie rinnovabili, attivo nello sviluppo, nella progettazione, realizzazione e gestione di impianti di produzione di energia pulita.

La Committente è intenzionata a realizzare un parco eolico offshore composto da 98 aerogeneratori, per una taglia totale di 1176 MW, di fronte alla costa nord-orientale della Regione Puglia, in particolare nello specchio di mare antistante la città di Brindisi.

Questo sito è stato individuato basandosi su uno studio di prefattibilità eseguito da SENER Ingenieria y Sistemas S.A. sotto incarico della Committente.

Nel dettaglio la scelta di tale sito è stata effettuata tenendo conto della risorsa eolica potenzialmente disponibile, della distanza dalla costa, 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.

2 INTRODUZIONE

Per la realizzazione della presente stima delle opere necessarie alla realizzazione del Progetto “Kailia Energia”, wind farm offshore flottante di potenza complessiva di 1176 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 [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 (stima del 2020 per una singola piattaforma):

- ✓ 48% per le fondazioni (ossia, la piattaforma galleggiante e le opere di ancoraggio e ormeggio necessarie);
- ✓ 27% per la WTG;
- ✓ 6% per l'installazione di tutte le parti;
- ✓ 13% per i cavi di collegamento;
- ✓ 1% per la sottostazione;
- ✓ 5% 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 Kailia Energia:

- ✓ Kailia Energia – Sottocampo A: n. 28 aerogeneratori da 12 MW cadauno, per una potenza totale di 336 MW;
- ✓ Kailia Energia – Sottocampo B: n. 21 aerogeneratori da 12 MW cadauno, per una potenza totale di 252 MW;
- ✓ Kailia Energia – Sottocampo C: n. 28 aerogeneratori da 12 MW cadauno, per una potenza totale di 336 MW;
- ✓ Kailia Energia – Sottocampo D: n. 21 aerogeneratori da 12 MW cadauno, per una potenza totale di 252 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.

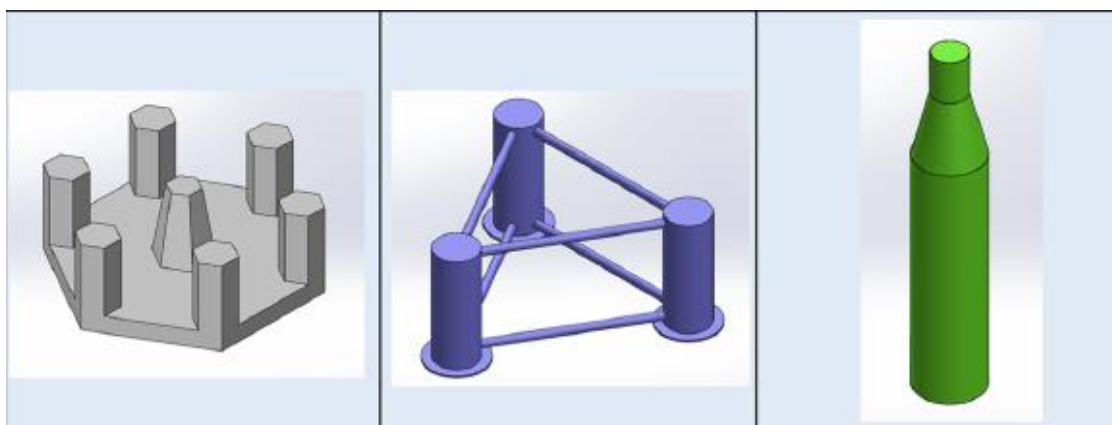


Figura 3:1: Opzioni possibili per una piattaforma galleggiante per parco eolico offshore (immagine da [1])

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 fondale: 40-125 m;
- ✓ Profondità media fondale: 85 m;
- ✓ Lunghezza linee per struttura galleggiante: 85×4^1 m=340 m;
- ✓ Numero catenarie: 3;
- ✓ Costo unitario catenaria: 800€/m (assunzione secondo tipico di mercato);
- ✓ Numero ancoraggi: 3;
- ✓ Costo medio ancoraggio: 400000 €/unità.

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

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 del fondale.

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 12 MW ha un costo stimabile secondo i prezzi di mercato delle WTG onshore del 2021: sono stati considerati 10,000,000€ per ogni WTG.

Pertanto, la stima porta alla seguente tabella per quanto riguarda le opere relative alla piattaforma galleggiante (comprensiva delle attività di costruzione onshore e offshore) adeguatamente dimensionata per la tipologia di turbina sopra indicata (Tabella 3:1).

Tabella 3:1: Quadro economico piattaforma galleggiante

Item	Costo Budgetario 1 piattaforma galleggiante – Sito di Brindisi
Struttura galleggiante	16,000,000 €
WTG – 12 MW	10,000,000 €
Ormeggio (3 linee x 3 catenarie)	820,000 €
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	28,200,000 €

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 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:

- ✓ Sottostazione elettrica a terra;
- ✓ Cavidotto di collegamento.

Il presente Progetto mostra una particolarità dal punto di vista dell'implementazione della sottostazione di trasformazione: infatti, in questo caso essa sarà costruita a terra e non offshore come si può riscontrare nella quasi totalità dei progetti analoghi. Per questo motivo, è possibile utilizzare come fonte di stima dei costi di sottostazione quella di sottostazioni elettriche "tradizionali", che scalano come prezzo quasi linearmente con la potenza di trasformazione. Inoltre, si evidenzia una particolare caratterizzazione rispetto allo standard in uso per progetti simili in quanto i chilometri di cavidotto marino a 66 kV sono da moltiplicare per il numero di centro-stella (array) previsti dal progetto, considerando che ognuno di essi sarà connesso separatamente a 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: 66 kV;
- ✓ Lunghezza del cavidotto inter-array (3x120 mmq): 190 km;
- ✓ Lunghezza del cavidotto verso terra (3x800 mmq): 350 km (14 linee da 25 km, mediamente);
- ✓ Posa sul fondale in trench o soluzione alternativa 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 come un'unica entità, nonostante quello inter-array abbia una dimensione inferiore. Pertanto, si considerano 540 km di cavidotto a 66 kV. Le stime economiche preliminari basate su dati ricavati da esperienze pregresse definiscono un prezzo budgettario 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 4 sottocampi del Progetto, si ottiene:

- ✓ A: 155 km di cavidotto per un totale di 139,500,000 €;
- ✓ B: 115 km di cavidotto per un totale di 103,500,000 €;
- ✓ C: 155 km di cavidotto per un totale di 139,500,000 €;
- ✓ D: 115 km di cavidotto per un totale di 103,500,000 €.

Per quanto riguarda la sottostazione 66/380kV sono stati stimati 33,300 €/MW (secondo i dati a consuntivo). Pertanto, si stimano circa 40 milioni di sottostazione (1200 MW), suddivisibili approssimativamente in maniera equa tra i 4 sottocampi: infatti, si tratta di una voce di costi percentualmente poco impattante sul totale. Per questo motivo, il prezzo definito è anche molto cautelativo e comprensivo di tutte le opere accessorie, di sviluppo, trasporto ed installazione.

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 Kailia Energia sottocampo A

Voce di costo	Importo unitario	Quantità	Importo totale
WTG flottante con piattaforma, ormeggio ed ancoraggio	28,200,000 €	28	789,600,000 €
Cavi sommersi	900,000 €/km	155 km	139,500,000 €
Contingencies	100,000,000 €	1	100,000,000 €
Totale			1,029,100,000 €

Tabella 5:2: Stima costi complessiva Kailia Energia sottocampo B

Voce di costo	Importo unitario	Quantità	Importo totale
WTG flottante con piattaforma, ormeggio ed ancoraggio	28,200,000 €	21	592,200,000 €
Cavi sommersi	900,000 €/km	115 km	103,500,000 €
Contingencies	100,000,000 €	1	100,000,000 €
Totale			795,700,000 €

Tabella 5:3: Stima costi complessiva Kailia Energia sottocampo C

Voce di costo	Importo unitario	Quantità	Importo totale
WTG flottante con piattaforma, ormeggio ed ancoraggio	28,200,000 €	28	789,600,000 €
Cavi sommersi	900,000 €/km	155 km	139,500,000 €
Contingencies	100,000,000 €	1	100,000,000 €
Totale			1,029,100,000 €

Tabella 5:4: Stima costi complessiva Kailia Energia sottocampo D

Voce di costo	Importo unitario	Quantità	Importo totale
WTG flottante con piattaforma, ormeggio ed ancoraggio	28,200,000 €	21	592,200,000 €
Cavi sommersi	900,000 €/km	115 km	103,500,000 €
Contingencies	100,000,000 €	1	100,000,000 €
Totale			795,700,000 €

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

Tabella 5:5: Stima costi complessiva Kailia Energia

Voce di costo	Importo totale
Sottocampo A	1,029,100,000 €
Sottocampo B	795,700,000 €
Sottocampo C	1,029,100,000 €
Sottocampo D	795,700,000 €
Sottostazione elettrica	40,000,000 €
TOTALE	3,689,600,000 €

Il quadro economico complessivo porta ad una stima di circa 3,137,415 €/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.