



Nora Ventu S.r.l.

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

Relazione di valutazione del rischio legato alla navigazione

Doc. No. P0025305-4-SAS-H7 Rev.0 - Febbraio 2022

Rev.	Descrizione	Preparato da	Controllato da	Approvato da	Data
0	Prima Emissione	Marco Galmozzi	Marco Pontiggia	Giovanni Uguccioni	14/02/2022

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	4
1.1 SCOPO DEL DOCUMENTO	4
2 INFORMAZIONI RELATIVE AL CAMPO EOLICO	5
3 METODOLOGIA	7
3.1 IDENTIFICAZIONE DEGLI SCENARI DI INTERAZIONE	7
3.2 CALCOLO DELLE FREQUENZE DI INTERAZIONE	7
3.2.1 Analisi del traffico marittimo	7
3.2.2 Interazione con gli aerogeneratori	8
3.2.3 Interazione con i cavidotti	11
4 ASSUNZIONI E IPOTESI ALLA BASE DEI RISULTATI	15
4.1 AEROGENERATORI	15
4.2 CAVIDOTTI	18
5 RISULTATI	19
5.1 TRAFFICO MARITTIMO	19
5.2 FREQUENZE DI INTERAZIONE	21
5.2.1 Aerogeneratori	21
5.2.2 Cavidotti	25
6 MISURE MITIGATIVE	31
6.1 AEROGENERATORI	31
6.2 CAVIDOTTI	31
REFERENZE	32

LISTA DELLE TABELLE

Tabella 3-1:	Informazioni relative ad ancore tipiche sulla base dello specifico range GRT della nave	14
Tabella 5-1:	Stazza delle navi e corrispondente classe GRT assegnata	20
Tabella 5-2:	Numero di rotte calcolate per ciascuna classe GRT	20
Tabella 5-3:	Numero di rotte calcolate per ciascuna tipologia di nave	21
Tabella 5-4:	Frequenza interazione complessiva calcolata per ciascun aerogeneratore del parco	22
Tabella 5-5:	Contributo delle singole classi di navi alla frequenza di interazione complessiva per ciascun aerogeneratore	23
Tabella 5-6:	Frequenza interazione con cavidotti per ciascun contributo legato al traffico marittimo, caratterizzato per KP di cavidotto	26

LISTA DELLE FIGURE

Figura 2-1:	I 45 aerogeneratori del campo eolico	5
Figura 3-1:	Passi della routine automatica per l'elaborazione dei dati AIS	8
Figura 3-2:	Distribuzione normale della posizione delle rotte all'interno del corridoio di traffico	10
Figura 3-3:	Probabilità di entrare in rotta di collisione (area in rosso sottesa alla distribuzione di probabilità)	11
Figura 4-1:	Linee di controllo (LDC) utilizzate per il computo delle rotte e tratti di mare in cui si è ipotizzato tali rotte essere redistribuite	17
Figura 5-1:	Identificazione dell'area di interesse	19
Figura 5-2:	Frequenza interazione con cavidotti per ciascun contributo legato al traffico marittimo, caratterizzato per KP di cavidotto	29
Figura 5-3:	Frequenza interazione con cavidotti per imbarcazioni adibite alla pesca a strascico, caratterizzato per KP di cavidotto	29
Figura 5-4:	Frequenza di rottura del cavidotto legato al traffico marittimo, caratterizzato per KP di cavidotto	30

ABBREVIAZIONI E ACRONIMI

AIS	Automatic Identification System
CSV	Comma Separated Value
GIS	Geographic Information System
GRT	Gross Register Tonnage
KP	Chilometro Progressivo
LDC	Linea di Controllo
ODG	Ordine di Grandezza
TEU	Twenty-foot Equivalent Unit
VTS	Vessel Traffic Service

1 PREMESSA

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.

1.1 SCOPO DEL DOCUMENTO

Lo scopo del presente documento è quello di analizzare le possibili interazioni di imbarcazioni di passaggio, navi mercantili e navi da pesca, valutando la frequenza di impatto prevista e, quindi, la possibilità di danno delle strutture interessate. Sono infine fornite delle possibili misure mitigative che, se adottate, portano ad una contestuale riduzione della frequenza di interazione.

In particolare, l'analisi ha interessato

- ✓ i cavidotti sottomarini che collegano il parco eolico offshore a terra
- ✓ gli aerogeneratori galleggianti

Nello svolgimento dello studio sono state considerate le seguenti cause di potenziale danno alle strutture:

- ✓ Impatto dovuto ad affondamento di navi;
- ✓ Impatto causato da oggetti trasportati da navi mercantili (container);
- ✓ Interazione con ancore in caso di ancoraggio di emergenza e/o condizioni atmosferiche avverse (considerando urto diretto e trascinamento);
- ✓ Interazione con attrezzature da pesca.

2 INFORMAZIONI RELATIVE AL CAMPO EOLICO

I 53 aerogeneratori e le due sottostazioni previsti per il campo eolico saranno posizionati di fronte alla costa meridionale della Regione Sardegna, in particolare a Sud Ovest del Golfo di Cagliari, indicativamente nello specchio d'acqua tra Sant'Antioco e Santa Margherita di Pula, a distanze comprese tra i 22 km (distanza minima dalla costa) e 34 km e profondità indicativamente comprese tra 100 m e 500 m circa come mostrato in Figura 2-1. Il campo sarà costituito da un'unica zona. La zona si estende per circa 12 km in direzione Nord – Sud e circa 31 km in direzione Est – Ovest. In totale, il parco eolico occuperà un'area di mare di circa 370 km². Tra gli aerogeneratori è prevista una distanza di circa 2 km.



Figura 2-1: I 145 aerogeneratori del campo eolico

3 METODOLOGIA

3.1 IDENTIFICAZIONE DEGLI SCENARI DI INTERAZIONE

Nella presente analisi sono stati analizzati tipici scenari incidentali dovuti all'interazione che il traffico marittimo può avere con le strutture sottomarine (ovvero i cavidotti) e a quelle sulla superficie del mare (ovvero gli aerogeneratori).

In particolare, gli eventi incidentali che possono comportare un danno per le strutture sulla superficie del mare possono essere urti di vario tipo con le navi transitanti nella zona del parco eolico.

Mentre, per le strutture sottomarine tali eventi possono essere:

- ✓ Impatto dovuto ad affondamento di navi;
- ✓ Impatto causato da oggetti trasportati da navi mercantili (container);
- ✓ Interazione con ancore in caso di ancoraggio di emergenza e/o condizioni atmosferiche avverse (considerando urto diretto e trascinamento);
- ✓ Interazione con attrezzature da pesca.

3.2 CALCOLO DELLE FREQUENZE DI INTERAZIONE

3.2.1 Analisi del traffico marittimo

L' AIS (Automatic Identification System) è un sistema automatico di tracciamento utilizzato dalle navi e dai servizi VTS (Vessel Tracking Services) per l'identificazione e la rilevazione della posizione delle navi basato sul continuo scambio di informazioni tra navi vicine e tra navi e basi AIS (sia terrestri che satellitari). Le informazioni scambiate dai sistemi AIS comprendono l'identificazione univoca della nave, la sua posizione, rotta, velocità, direzione e tipo di imbarcazione.

Per l'analisi in oggetto sono stati acquisiti i dati AIS relativi all'intero anno 2021.

I dati sono forniti in tabelle in formato CSV (Comma Separated Value); ciascuna riga del database AIS fornisce i dati di una nave al momento della registrazione e trasmissione ad altri sistemi AIS.

Il database AIS fornisce una descrizione puntuale delle posizioni successive occupate da ciascuna nave all'interno dell'area di interesse e per il periodo di tempo selezionato; lo scopo dell'elaborazione dei dati è l'identificazione delle rotte delle navi registrate dal sistema AIS sulla base delle posizioni successive fornite dal database.

Il campione di dati per l'area di interesse per l'anno solare 2021 contiene circa 1.700.000 registrazioni, rendendo quindi necessario l'utilizzo di routine automatica per l'elaborazione della mole di informazioni disponibili. Tale routine svolge, in maniera automatica e continua, i seguenti passaggi (riportati nel diagramma di flusso in Figura 3-1):

1. lettura e interpretazione del database in formato CSV (Comma Separated Value); i dati vengono letti e filtrati per rimuovere navi all'ancora o in secca. Questo filtro permette di ridurre il numero di registrazioni da analizzare, alleggerendo i tempi di calcolo, senza impattare sulla risoluzione ottenuta nella definizione delle rotte di traffico marittimo;
2. riordino del database in ordine cronologico crescente (dalla registrazione più vecchia alla registrazione più nuova);
3. riordino del database per identificazione univoca della nave;
4. selezione delle prime due registrazioni nel database: se le due registrazioni descrivono posizioni successive della stessa nave e la distanza temporale tra le due registrazioni è sufficientemente piccola, viene calcolata e memorizzata la rotta come segmento di retta che congiunge le due posizioni successive. La distanza temporale massima è definita pari a 10 ore; oltre a tale intervallo, le registrazioni vengono interpretate come appartenenti a due rotte separate della stessa nave;
5. il segmento di rotta viene memorizzato per elaborazioni successive e per la rappresentazione grafica delle rotte marittime;
6. la routine seleziona la registrazione successiva e procede con l'applicazione degli step 4, 5 e 6 fino alla fine del database.

La **Error! Reference source not found.** riporta il diagramma di flusso completo che descrive la procedura di elaborazione dei dati AIS.

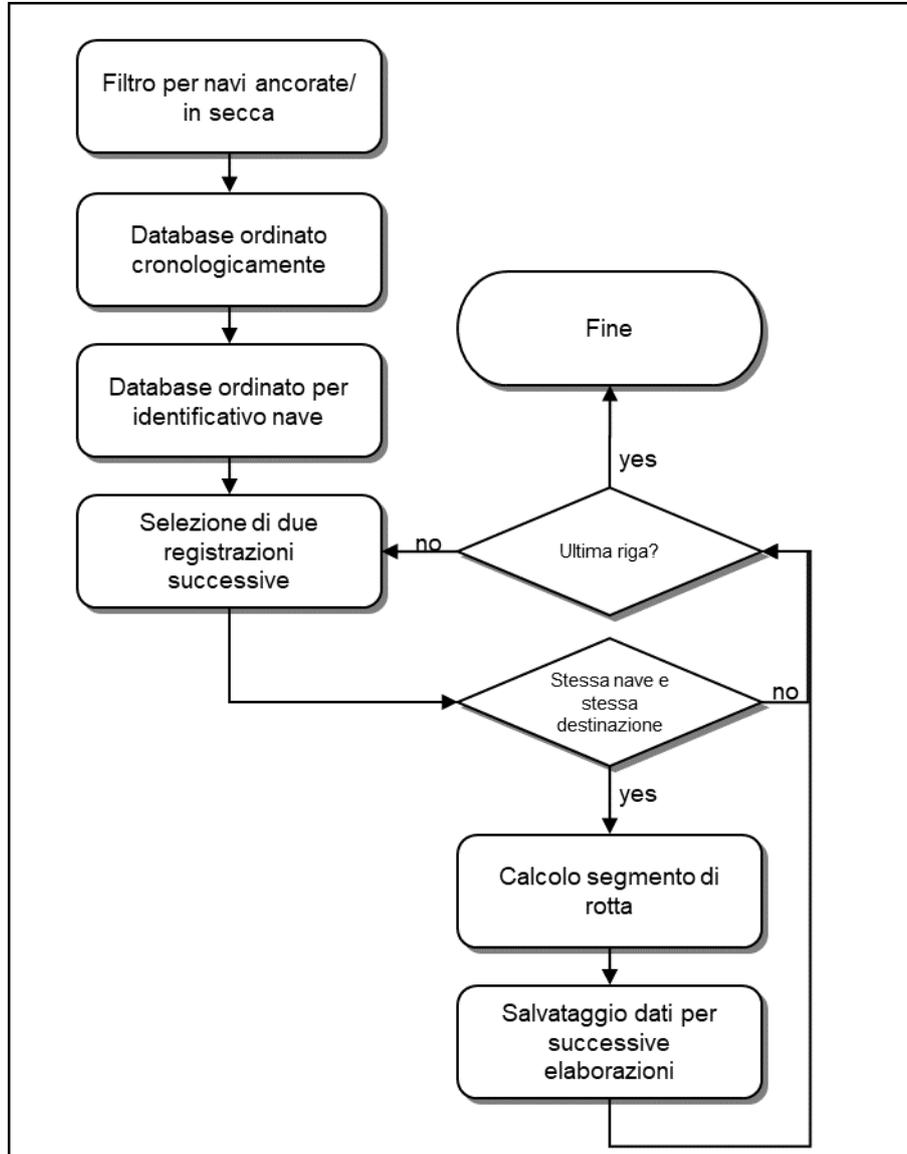


Figura 3-1: Passi della routine automatica per l'elaborazione dei dati AIS

3.2.2 Interazione con gli aerogeneratori

La frequenza di impatto per l'aerogeneratore j -esimo si calcola come [1]:

$$f_{\text{impatto},j} = \sum_i N_i \cdot P_1 \cdot P_2 \cdot P_3$$

Dove:

- ✓ j : indice identificativo dell'aerogeneratore potenzialmente soggetto ad impatto;
- ✓ i : indice identificativo di una specifica classe di navi;
- ✓ N_i : frequenza annuale di passaggi nave della i -esima classe nelle vicinanze dell'aerogeneratore j -esimo considerato (espressa in numero passaggi/anno);
- ✓ P_1 : probabilità di perdita di controllo della nave; valore indipendente dalla classe della nave che si considera aver perso il controllo;
- ✓ P_2 : probabilità geometrica di impatto con l'aerogeneratore considerato;
- ✓ P_3 : probabilità di fallimento di eventuali barriere mitigative.

La frequenza calcolata, $f_{\text{impatto},j}$, si riferisce ad un determinato aerogeneratore; pertanto, l'analisi dovrà essere applicata a ciascun aerogeneratore individuato e ciascuna nave potenzialmente impattante.

Come riportato in [1], danni agli aerogeneratori dovuti ad impatti con navi possono essere dovuti a diverse cause. Di quelle descritte in [1], nella presente analisi si considera la collisione con imbarcazioni che transitano nelle vicinanze degli stessi (siano essi mercantili, supply vessel o navi per il trasporto di persone).

Solitamente, il traffico marittimo di mercantili o navi passeggeri si colloca lungo specifici corridoi. Lo standard DNVGL-RP-F107 [1] suggerisce che rotte di navi che navigano più distanti di 10 nm non comportano potenziale rischio di collisione.

Di seguito è riportata la stima dei vari termini per il computo della frequenza di impatto per un aerogeneratore.

3.2.2.1 [Frequenza annuale di passaggi nave \(\$M\$ \)](#)

Al fine di poter calcolare una frequenza di evento incidentale associata al transito delle navi nell'area, è necessario conoscere il numero di rotte passanti in un anno.

Questo numero è possibile ricavarlo utilizzando la routine descritta al paragrafo 3.2.1.

Una volta che le registrazioni sono state elaborate e le rotte calcolate, queste ultime possono essere rappresentate graficamente grazie all'ausilio di un software GIS (Geographic Information System) (il risultato dell'elaborazione grafica è presentata nei capitoli successivi). Con lo stesso software è possibile quindi tracciare un segmento che funge da linea di controllo; fornendo come input le rotte calcolate e la linea di controllo tracciata, la routine è in grado di calcolare il numero di rotte che la intersecano.

Definendo in maniera opportuna la linea di controllo (in termini di posizione ed estensione), è possibile quindi contare il numero di passaggi elaborati per quel tratto di mare. Dato l'arco temporale coperto dalle registrazioni dei dati AIS, si ottiene la frequenza annuale di passaggi nave.

3.2.2.2 [Probabilità di perdita di controllo della nave \(\$P_1\$ \)](#)

La perdita di controllo può avere diverse cause, ciascuna delle quali caratterizzata da una probabilità di accadimento. Pertanto, la probabilità di avere perdita di controllo può essere calcolata dalla combinazione di questi fattori che dipendono dallo scenario in analisi.

In generale, in letteratura è stato osservato che tale combinazione porta ad una probabilità P_2 stimata in $2 \cdot 10^{-4}$ [1].

3.2.2.3 [Probabilità geometrica di impatto con l'aerogeneratore considerato \(\$P_2\$ \)](#)

Nel caso in cui l'impatto è associato alla perdita di controllo di una nave in transito è necessario fare delle considerazioni per stabilire se lo scenario di collisione con il target è credibile.

P_2 viene definita "probabilità geometrica di collisione". Come osservato in precedenza, il traffico marittimo di mercantili o navi passeggeri generalmente si colloca lungo specifici corridoi. Pertanto, si può assumere che la posizione delle navi all'interno di questi "corridoi" è descrivibile attraverso una distribuzione normale (centrata nel corridoio), come illustrato nella seguente figura [1].

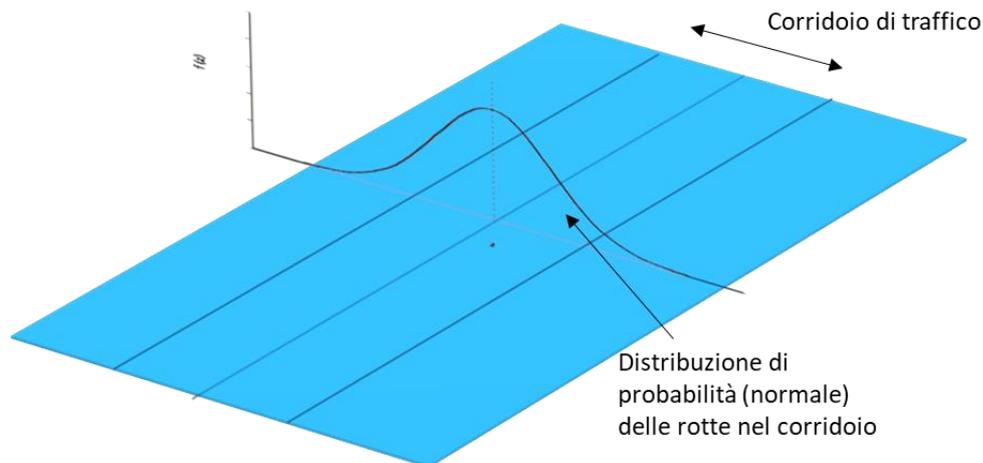


Figura 3-2: Distribuzione normale della posizione delle rotte all'interno del corridoio di traffico

Sulla base di questa assunzione, la probabilità che una nave possa trovarsi in rotta di collisione con il target considerato si può calcolare secondo la seguente formula [1]:

$$P_2 = D \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi}\delta} \cdot e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x}{\delta}\right)^2}$$

Dove:

- ✓ D è il diametro di collisione (definito come somma di estensione del target in direzione perpendicolare alla rotta e larghezza della nave)
- ✓ δ è la deviazione standard
- ✓ x è la distanza tra il centro del corridoio e il target

Figura 3-3 mostra graficamente come viene calcolata la probabilità geometrica di impatto. Rispetto alla probabilità P_1 ci sono almeno sei differenti ragioni per cui una nave continui lungo la sua rotta, in direzione del target:

- ✓ assenza di equipaggio sul ponte
- ✓ equipaggio impegnato in altre attività
- ✓ equipaggio non in attività (in riposo)
- ✓ incidente a bordo
- ✓ abuso di alcool o droghe
- ✓ guasto al radar di bordo o scarsa visibilità

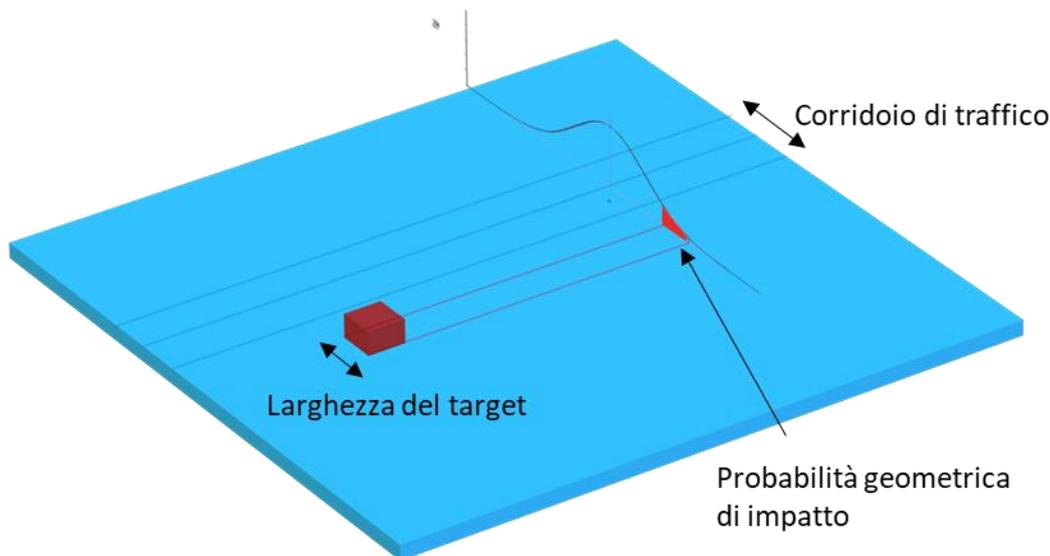


Figura 3-3: Probabilità di entrare in rotta di collisione (area in rosso sottesa alla distribuzione di probabilità)

3.2.2.4 Probabilità di fallimento di eventuali barriere mitigative (P_3)

A seconda del caso specifico possono essere presenti delle barriere che contribuiscono ad evitare l'impatto tra nave e target. Pertanto, in linea di principio, il termine P_3 sarà dato dalla combinazione delle probabilità di fallimento di tutte le barriere individuate.

Esempi di barriere presenti potrebbero essere:

- ✓ Presenza di standby vessel in corrispondenza del parco eolico
- ✓ Sirena antinebbia installata, ad esempio, in corrispondenza degli aerogeneratori perimetrali
- ✓ RACON (ovvero il faro radar)

P_3 è solitamente considerata pari ad uno se non sono presenti barriere. Viceversa, P_3 decresce in funzione delle barriere presenti: 0.9 se presente il RACON, 0.14 se presente una standby vessel, 0.13 se presenti sia RACON che standby vessel [1].

3.2.3 Interazione con i cavidotti

3.2.3.1 Dati di input

È opportuno ricordare che gli eventi che possono comportare un danno ai cavidotti possono essere:

- ✓ Impatto dovuto ad affondamento di navi;
- ✓ Impatto causato da oggetti trasportati da navi mercantili (container);
- ✓ Interazione con ancore in caso di ancoraggio di emergenza e/o condizioni atmosferiche avverse (considerando urto diretto e trascinamento);
- ✓ Interazione con attrezzature da pesca.

Al fine di definire una frequenza di interazione dai dati disponibili, legata sia al passaggio navi che ai container, si è fatto riferimento al report COST 301, dove sono forniti i ratei medi di collisione, impatto e affondamento [2].

In particolare, la frequenza di affondamento, espressa in ev/nave/km, è stata calcolata come la media complessiva dei ratei di affondamento, risultando essere pari a $5.67 \cdot 10^{-8}$ ev/nave/km.

Tale valore è stato calcolato come segue: il rateo di affondamento medio fornito dal COST 301 ($0.105 \cdot 10^{-6}$ ev/nave/nm) è stato considerato e diviso per 1.852 km, così da ottenere il valore in ev/nave/km.

Per quanto riguarda la frequenza di container che possono cadere dalle navi sui quali sono trasportati, il conto è stato il seguente: la percentuale di container persi all'anno (0.005 %: dato fornito da Transport Club, compagnia assicurativa [3]) è stata divisa per il numero medio di giorni di navigazione di una nave porta container (298 giorni [3]). La frequenza di perdita / caduta di container ottenuta è risultata essere pari a $7 \cdot 10^{-9}$ ev/cont/h.

Per quanto riguarda la frequenza di ancoraggio di emergenza, lo standard DNVGL-RP-F107 [1] associa la necessità di ancoraggio di emergenza ad eventi di ogni tipo che riguardano un guasto al sistema propulsivo. Tale valore è pari a $1.4 \cdot 10^{-5}$ ev/nave/h. Tuttavia, perché tale valore sia effettivamente rappresentativo di una situazione quale l'ancoraggio di emergenza, questo deve essere corretto. In prossimità del cavidotto saranno definite delle aree in cui l'ancoraggio non è consentito. Pertanto, in caso di necessità di ancoraggio di emergenza, l'operazione dovrà essere effettuata al di fuori di tali aree. Quindi, per la stima della frequenza di ancoraggio all'interno di tali zone il fattore relativo all'errore umano deve essere considerato. Tale valore è calcolato come di seguito [4].

Se si considera come errore umano il fallimento dell'operazione da parte dell'operatore (ovvero la non attesa del superamento dell'area di non ancoraggio), la probabilità di fallimento viene calcolata come di seguito:

$$HE = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5$$

Dove:

- ✓ K_1 : fattore legato alla tipologia di attività
- ✓ K_2 : fattore temporaneo di stress
- ✓ K_3 : fattore tipologico legato all'operatore
- ✓ K_4 : fattore legato all'ansia per l'operazione in oggetto
- ✓ K_5 : fattore legato all'ergonomia dell'operazione

Considerando lo scenario analizzato, ai vari fattori sono stati assegnati i seguenti valori:

- ✓ K_1 : 0.1, attività non di routine
- ✓ K_2 : 0.1, considerando l'intervallo temporale a disposizione per effettuare l'operazione di ancoraggio
- ✓ K_3 : 0.5, considerando la preparazione dell'operatore
- ✓ K_4 : 2, situazione che è di potenziale emergenza
- ✓ K_5 : 3, discrete condizioni microclimatiche e di interfaccia con il resto dell'equipaggio / nave

L'equazione sopradescritta con i valori assegnati ai vari fattori conduce ad un valore di probabilità di errore umano pari a $3 \cdot 10^{-2}$. Quindi, la frequenza che un ancoraggio di emergenza possa avvenire all'interno dell'area interdotta a tale operazione risulta essere pari a $4.20 \cdot 10^{-7}$ ev/nave/h.

3.2.3.2 Frequenza di affondamento

La frequenza di impatto tra una eventuale nave in affondamento e il cavidotto sottomarino si ottiene applicando la relazione seguente [1]:

$$F_{\text{affondamento}} = \sum_{k=1}^{N_{\text{navi}}} \mu_{\text{affondamento}} \cdot L_{\text{nave},k}$$

Dove μ è la frequenza di affondamento di una nave (il cui valore è stato definito al paragrafo 3.2.3.1 **Error! Reference source not found.**) e $L_{nave,k}$ è la lunghezza di interazione (pari alla lunghezza della nave k considerata). Tale conto viene effettuato per ciascuna nave la cui rotta interseca il cavidotto. La frequenza totale di interazione tra cavidotto e navi in affondamento è quindi pari alla somma dei contributi delle singole navi la cui rotta interseca il cavidotto.

3.2.3.3 Frequenza di impatto con container caduti

Come oggetti che possono cadere da una nave si considerano generalmente container e / o parti del carico alloggiato sul ponte (deck cargo). La tipologia deck cargo si riferisce, generalmente, a bidoni e a piccoli oggetti in genere, per i quali è ragionevole non prevedere alcuna conseguenza significativa per il cavidotto sottomarino in caso di impatto. L'oggetto di riferimento è pertanto il container, perso da una nave porta container.

Visto la variabilità delle dimensioni, massa e modalità di trasporto, per la caduta dei container si fa riferimento ad uno scenario rappresentativo in modo da permettere l'elaborazione matematica delle informazioni disponibili. Il container a cui si fa riferimento per la valutazione della frequenza di caduta è il Twenty-foot Equivalent Unit (TEU).

La frequenza di impatto tra un container che cade e il cavidotto sul fondale marino si calcola con l'equazione seguente:

$$F_{container} = \sum_{k=1}^{N_{cargho}} n_{TEU,k} \cdot \mu_{oggetto} \cdot \frac{L_{TEU}}{v_k}$$

Dove $n_{TEU,k}$ è il numero di container trasportati dalla nave k la cui rotta interseca il percorso del cavidotto, $\mu_{oggetto}$ è la frequenza di caduta del container che si slega dall'ancoraggio a cui è fissato, L_{TEU} è la lunghezza di interazione tra container che cade e cavidotto, v_k la velocità della nave k. Il rapporto $\frac{L_{TEU}}{v_k}$ rappresenta la probabilità che il container in caduta impatti il cavidotto (interazione geometrica container-cavidotto). $n_{TEU,k}$ è stato definito sulla base della lunghezza della nave trasportante. La relazione tra il numero di container trasportabili e la lunghezza della nave è stata ricavata analizzando i dati della flotta Maersk [5]. L_{TEU} è stata definita considerando la lunghezza del container.

3.2.3.4 Frequenza di interazione con ancore

Come sottolineato al paragrafo 3.2.3.1 **Error! Reference source not found.**, l'interazione tra ancora e cavidotto è strettamente legato a situazioni di emergenza a bordo nave.

L'interazione con ancore in caduta può essere di due tipi: impatto diretto (l'ancora in caduta libera urta direttamente il cavidotto) o per agganciamento (nella fase di trascinamento, l'ancora una volta sul fondale urta e aggancia il cavidotto).

La frequenza di interazione tra un'ancora e il cavidotto sul fondale marino si calcola con l'equazione seguente:

$$F_{ancora} = \sum_{k=1}^{N_{navi}} \mu_{ancora} \cdot \frac{L_{trascinamento}}{v_k}$$

Dove μ_{ancora} è la frequenza di ancoraggio di emergenza, $L_{trascinamento}$ è la lunghezza di trascinamento dell'ancora sul fondale marino, v_k la velocità della nave. Il rapporto $\frac{L_{trascinamento}}{v_k}$ definisce la probabilità di interazione geometrica tra ancora e cavidotto. La lunghezza di trascinamento dell'ancora è legata al range GRT della nave come riportato nella Tabella seguente.

Tabella 3-1: Informazioni relative ad ancore tipiche sulla base dello specifico range GRT della nave

Range GRT (tonn)	Massa dell'ancora (kg)	Lunghezza dell'ancora (m)	Lunghezza di trascinamento dell'ancora (m)
100÷500	900	1.1	25
500÷1600	1440	1.2	50
1600÷10000	3060	1.7	100
10000÷60000	8700	2.4	500
60000÷100000	17800	3.1	1000
>100000	26000	3.4	1000

3.2.3.5 Frequenza di interazione con navi da pesca

Anzitutto, va osservato che tra le navi da pesca che potenzialmente possono arrecare danni ai cavidotti, le imbarcazioni adibite alla pesca a strascico sono quelle che vanno considerate.

La frequenza di interazione tra reti a strascico e cavidotto è stata valutata sulla base dei risultati dell'analisi del traffico marittimo nelle zone di interesse. Conservativamente ogni evento di crossing con il cavidotto da parte di navi da pesca equipaggiate con reti a strascico (trawler) è stata considerata come un evento di interazione.

4 ASSUNZIONI E IPOTESI ALLA BASE DEI RISULTATI

I risultati ottenuti (presentati in Sezione 5) considerando la metodologia descritta in Sezione 3 si basano sulle seguenti ipotesi e assunzioni.

4.1 AEROGENERATORI

- 1) Nel calcolo della frequenza di interazione tra navi e aerogeneratori non è stato tenuto in conto del contributo dato da quelle navi il cui dato AIS è risultato corrotto, ovvero quelle navi per cui la classe GRT, la lunghezza e altre caratteristiche dimensionali non sono risultate disponibili. Lo scopo della loro esclusione è quello di avere risultati in termini di frequenza di interazione che siano poi utilizzabili per eventuali future valutazioni circa la frequenza di danno dell'aerogeneratore;
- 2) Per poter calcolare la frequenza annuale di passaggi nave (N_i), si è reso necessario aggiornare il traffico registrato nell'arco dell'anno 2021 alla situazione ipotetica di presenza del parco eolico; nella pratica, l'aggiornamento è stato effettuato contando il numero di rotte intersecanti la posizione prevista per il parco eolico e redistribuire questi passaggi nave nei tratti dove sarà effettivamente possibile (e ragionevolmente ipotizzabile) la navigazione. Il conteggio dei passaggi nave è stato effettuato secondo quanto descritto in paragrafo 3.2.2.1; i tratti di mare lungo i quali è stato ridistribuito il traffico sono riportati in Figura 4-1, dove sono identificabili anche le Linee di Controllo (LDC) utilizzate per il computo delle rotte passanti e da dover ricollocare;
- 3) Per quanto riguarda la redistribuzione del traffico nella zona prevista per il parco eolico, le rotte sono state redistribute sulla base di considerazioni ingegneristiche e facendo riferimento all'attuale distribuzione delle stesse; in particolare:
 - Per quanto riguarda la classe GRT 1 sono state usate quattro diverse linee di controllo (LDC1, LDC2, LDC3, LDC4) (Figura 4-1)
Le rotte che intersecano la LDC1 sono state ricollocate a Nord (tratto 1), le rotte che intersecano la LDC2 sono state ricollocate ad Est del parco (tratto 2), le rotte che intersecano la LDC3 sono state ricollocate a Sud del parco (tratto 3), infine le rotte che intersecano la LDC4 sono state ricollocate ad Ovest del parco (tratto 4).
 - Per quanto riguarda le classi GRT 2-3-4-5-6, i corridoi di traffico sono molto simili e pertanto sono state utilizzate le stesse 4 LDC (LDC5, 6, 7, 8) (Figura 4-1).
Per queste classi GRT è stato assunto che il traffico si distribuirà uniformemente intorno al parco. Difatti le rotte che intersecano la LDC5 e la LDC6 sono state ricollocate a Nord del parco (tratto 1), quelle che intersecano la LDC7 sono state ricollocate a Sud del parco (tratto 3), infine le rotte intersecanti la LDC8 sono state ricollocate ad ovest del parco (tratto 4).
- 4) Essendo necessaria una rielaborazione dei corridoi del traffico marittimo, non è possibile valutare sulla base dei dati AIS la caratterizzazione della dispersione dei passaggi all'interno dei corridoi di traffico. Pertanto, è necessario stimare un parametro di dispersione sulla base di valutazioni ingegneristiche. A tal fine è stato considerato che il 99.7 % delle rotte calcolate passeranno effettivamente all'interno dei corridoi; la scelta di questo valore è motivata dal fatto che, in presenza del parco eolico il traffico marittimo sarà regolamentato riducendo così la possibilità che le navi si trovino fuori dai corridoi individuati e quindi in rotta di collisione con gli aerogeneratori;
- 5) In via precauzionale, è stato considerato che attorno al parco eolico sia presente una zona interdetta alla navigazione; l'estensione di questa zona è stata definita sulla base dell'estensione radiale delle catenarie che garantiscono l'ancoraggio degli aerogeneratori al fondo del mare rispetto alla verticale dell'aerogeneratore stesso (tale estensione varia in funzione della profondità del mare in corrispondenza della posizione dell'aerogeneratore e in base alla tipologia di ormeggi utilizzato); intorno al perimetro del parco è stata assunta una zona di interdizione alla navigazione di ca 1000 m di larghezza;
- 6) Vista la notevole distanza tra un aerogeneratore e quello immediatamente successivo (2 km ca) e visto che è ragionevole assumere che il traffico marittimo si disporrà secondo i corridoi identificati, è stato possibile considerare ciascun aerogeneratore come un target esposto in maniera indipendente al rischio di impatto da parte del traffico marittimo; pertanto, la valutazione della frequenza di interazione è stata condotta per ciascun aerogeneratore del parco rispetto a ciascuno dei corridoi ipotizzati;
- 7) È importante notare che, per aerogeneratori per cui è possibile un'interazione con la stessa nave quando transitante in più di uno dei tratti identificati, la frequenza di interazione non può corrispondere alla somma di

più contribuiti; il motivo risiede nella definizione della probabilità di perdita di controllo della nave (P_1) [1]; nella pratica, questo corrisponde ad assumere che l'evento perdita di controllo va applicato alle navi quando queste percorrono uno solo dei tratti; non essendo disponibile alcun criterio che permetta di stimare se e quando l'evento perdita di controllo è più probabile che avvenga lungo una certa rotta, si è conservativamente assunto che la perdita di controllo avvenga in corrispondenza del tratto che fornisce la frequenza di interazione massima con l'aerogeneratore;

- 8) Tra gli altri parametri, la frequenza di impatto è fortemente dipendente dalla distanza tra target e bordo del corridoio di traffico; Vista la complessità dell'analisi e, come buona prassi ingegneristica, al fine di limitare il numero di valutazioni a quelle significative, sono stati assunti trascurabili le interazioni che hanno una frequenza inferiore a 10^{-7} eventi/anno;
- 9) Viste le dimensioni che caratterizzano ciascun aerogeneratore (inteso come pala eolica e galleggiante a struttura di tripode), come ingombro è stata considerata la dimensione massima del tripode sul pelo dell'acqua, ovvero 150 m;
- 10) I termini che concorrono alla definizione della frequenza di interazione definiti al paragrafo 3.2.2 sono stati assunti come di seguito:
 - Probabilità di perdita di controllo della nave (P_1) = $2 \cdot 10^{-4}$ [1];
 - Probabilità di fallimento di eventuali barriere mitigative (P_3) = 1;

4.2 CAVIDOTTI

- 1) Per quanto riguarda l'interazione con strumenti da pesca (reti a strascico), per ogni rotta intersecante i cavidotti, relativa ad imbarcazioni di questa tipologia, è stata assunta per certa l'interazione;
- 2) È stato ragionevolmente ipotizzato che tutti i cavi che vanno dal parco a terra sono esposti allo stesso rischio rispetto al traffico marittimo; pertanto, è sufficiente stimare la frequenza di interazione per un cavidotto ed estendere il risultato ad ognuno dei cavidotti presenti;
- 3) Per quanto riguarda il conto delle navi le cui rotte passeranno sopra il cavidotto, è stata usata una linea di controllo che segue l'esatto percorso del cavidotto. Alle rotte così ottenute sono state sommate quelle rotte che attualmente intersecano il parco e che sono state ricollocate nei corridoi che intersecheranno il cavidotto.
- 4) Trattandosi di cavidotti deposti sul fondale marino, è ragionevole assumere che ogni tipo di interazione possa essere tale da portare alla rottura del cavo;
- 5) Sulla base dell'ipotesi al punto precedente, è quindi possibile stimare in maniera diretta la frequenza di fallimento di ciascun cavidotto per ogni Chilometro Progressivo (KP) di percorso; tale valore sarà pari alla somma delle frequenze di interazione calcolate per ciascuna modalità ad ogni KP di percorso;
- 6) Secondo la modalità descritta ai punti 2 e 3 dell'elenco al paragrafo 4.1, è stato ricavato il numero di passaggi nave, e la loro distribuzione lungo i corridoi di traffico, che intersecherebbero i cavidotti nella situazione futura di parco eolico installato;

5 RISULTATI

5.1 TRAFFICO MARITTIMO

L'analisi del traffico marittimo nell'area prevista per il parco eolico è stata effettuata sulla base dell'elaborazione dei dati di traffico navale rilevato dai tracciati AIS e condotta su un'area di circa 8900 km² attorno alla posizione del parco.



Figura 5-1: Identificazione dell'area di interesse

In Tabella 5-1 sono dettagliate le classi di stazza utilizzate per suddividere il traffico marittimo.

Tabella 5-1: Stazza delle navi e corrispondente classe GRT assegnata

GRT (tonn)	Classe GRT
< 1500	1
1500-5000	2
5000-10000	3
10000-30000	4
30000-60000	5
> 60000	6
NULL	NULL

È importante notare che esiste un legame tra lunghezza delle navi e stazza GRT; utilizzando i dati delle navi per cui sia lunghezza che stazza GRT sono disponibili è stata ricavata una relazione funzionale; sulla base di questa relazione è stato quindi possibile definire la stazza GRT di quelle navi per cui era nota solo la lunghezza. In questo modo, è stato possibile rendere utilizzabili un numero maggiore di registrazioni. Grazie a questa relazione, solo il 2.2 % delle rotte calcolate non sono risultate utilizzabili.

Tabella 5-2 riporta quantitativamente la distribuzione del traffico marittimo secondo la classe GRT, in termini di numero di rotte elaborate per ciascuna classe GRT. Dai dati in Tabella, si può osservare come il traffico marino sia equamente distribuito tra le varie stazze GRT, difatti tutte le classi hanno una percentuale tra il 10% e il 30%.

In totale sono state calcolate 23173 rotte utilizzabili. Per indicare il peso relativo di ciascuna classe di stazza, in Tabella 5-2, il colore verde indica un numero di rotte inferiore al 10 %, il giallo un numero di rotte calcolate tra 10 % e 30 % e l'arancione un numero di rotte superiore al 30%.

Tabella 5-2: Numero di rotte calcolate per ciascuna classe GRT

Classe GRT	# rotte	# rotte [%]
GRT1	5587	24%
GRT2	3424	15%
GRT3	2571	11%
GRT4	5102	22%
GRT5	3370	15%
GRT6	3119	13%
TOTALE	23173	100%

Per dare un'ulteriore rappresentazione del traffico marittimo nell'area, Tabella 5-3 riporta la distribuzione del traffico rispetto alla tipologia di imbarcazioni al netto delle rotte relative alle navi le cui informazioni sono disponibili parzialmente. Per indicare il peso relativo di ciascuna tipologia di nave tra quelle rilevate, in Tabella 5-3, il colore verde indica un numero di rotte inferiore a 100, il giallo un numero di rotte calcolate tra 100 e 1000 e l'arancione un numero di rotte superiore a 1000.

Tabella 5-3: Numero di rotte calcolate per ciascuna tipologia di nave

Tipologia	# rotte	Tipologia	# rotte	Tipologia	# rotte
Anchor Handling Vessel	1	Heavy Load Carrier	15	Reefer	9
Anti-Pollution	1	High Speed Craft	1	Reefer/Containership	1
Asphalt/Bitumen Tanker	145	Hopper Dredger	2	Replenishment Vessel	3
Bulk Carrier	1491	Houseboat	16	Research/Survey Vessel	16
Bunkering Tanker	97	Inland Container Vessel	12	Ro-Ro Cargo	1259
Cable Layer	27	Inland Passenger Ship Ferry Cruise ship	1	Ro-Ro/Container Carrier	485
Cargo	9	Inland Unknown	21	Ro-Ro/Passenger Ship	452
Cargo/Containership	121	Livestock Carrier	217	Sailing Vessel	1068
Cement Carrier	63	LNG Tanker	122	Salvage/Rescue Vessel	4
Chemical Tanker	237	LPG Tanker	1016	SAR	52
Construction Support Vessel	1	Military Ops	10	Special Vessel	2
Container Ship	1885	Naval Craft	2	Standby Safety Vessel	4
Crude Oil Tanker	2046	Naval/Naval Auxiliary Vessel	3	Supply Vessel	6
Deck Cargo Ship	9	Offshore Supply Ship	34	Tanker	16
Dredger	1	Oil Products Tanker	430	Trawler	242
Fire Fighting Vessel	9	Oil/Chemical Tanker	3576	Tug	541
Fish Carrier	11	Other	69	Tug/Supply Vessel	2
Fishery Patrol Vessel	1	Passenger	14	Unspecified	3
Fishing	2485	Passenger Ship	480	Utility Vessel	3
Fishing Vessel	174	Passenger/Cargo Ship	8	Vehicles Carrier	660
Floating Storage/Production	6	Pilot Ship	1	Wing In Grnd	3
General Cargo	2667	Pleasure Craft	404	Yacht	392
Heavy Lift Vessel	5	Pollution Control Vessel	4		

5.2 FREQUENZE DI INTERAZIONE

5.2.1 Aerogeneratori

Sulla base delle ipotesi fatte al paragrafo 4.1, la frequenza di interazione del traffico marittimo con gli aerogeneratori è stata calcolata rispetto ai principali corridoi di traffico lungo cui le rotte sono state assunte disporsi una volta che il parco eolico sarà installato. I dettagli dei corridoi identificati sono riportati al paragrafo 4.1.

Infine, le rotte sono state assunte essere distribuite secondo una distribuzione gaussiana (con valore medio centrato nel corridoio) nell'ampiezza del corridoio.

La frequenza di interazione complessiva per ciascun aerogeneratore si stima secondo quanto indicato al paragrafo 4.1.

In Tabella 5-4, i colori indicano i seguenti range di frequenza:

Relazione di valutazione del rischio legato alla navigazione

- ✓ Bianco: frequenza interazione < 10^{-7} interazioni/anno (che da ipotesi 10 al paragrafo 4.1 sono interazioni considerate non significative)
- ✓ Verde: frequenza interazione compresa tra 10^{-7} e 10^{-6} interazioni/anno
- ✓ Giallo: frequenza interazione compresa tra 10^{-6} e 10^{-5} interazioni/anno
- ✓ Arancione: frequenza interazione compresa tra 10^{-5} e 10^{-4} interazioni/anno
- ✓ Rosso: frequenza interazione > 10^{-4} interazioni/anno

Tabella 5-4: Frequenza interazione complessiva calcolata per ciascun aerogeneratore del parco

Target	Frequenza interazione totale [ev/yr]	Target	Frequenza interazione totale [ev/yr]
A1.1	1.9E-05	B1.3	7.0E-05
A1.2	1.0E-06	B1.4	1.2E-05
A1.3	1.1E-06	B1.5	7.2E-08
A1.4	1.1E-06	B1.6	3.3E-06
A1.5	1.1E-06	B2.1	6.8E-05
A2.1	1.9E-05	B2.2	2.3E-06
A2.2	1.9E-05	B2.3	6.9E-05
A2.3	1.9E-05	B2.4	6.8E-05
A2.4	1.1E-06	B2.5	1.1E-06
A2.5	1.9E-05	B2.6	2.3E-06
A3.1	9.7E-06	B3.1	6.9E-05
A3.2	2.1E-06	B3.2	3.3E-06
A3.3	6.8E-05	B3.3	8.7E-05
A3.4	9.7E-06	B3.4	2.1E-05
A3.5	2.1E-06	B3.5	1.9E-05
A4.1	6.8E-05	B3.6	1.9E-05
A4.2	1.1E-05	B4.1	6.8E-05
A4.3	6.8E-05	B4.2	9.7E-06
A4.4	2.1E-06	B4.3	9.7E-06
A4.5	1.9E-05	B4.4	1.1E-06
A5.1	8.1E-05	B4.5	1.2E-07
A5.2	1.1E-05	B5.1	1.0E-06
A5.3	4.1E-05	B5.2	1.2E-07
A5.4	4.1E-05	B5.3	1.2E-07
A5.5	2.0E-05	B5.4	1.0E-06

Target	Frequenza interazione totale [ev/yr]	Target	Frequenza interazione totale [ev/yr]
B1.1	6.8E-05	B5.5	1.0E-06
B1.2	2.3E-06	OSS est	8.1E-06
		OSS ovest	8.1E-06

Infine, un'ulteriore informazione utile è il contributo alla frequenza di interazione complessiva di ciascuna classe di navi che sono state calcolate transitare nei corridoi identificati. Questa specifica è riportata in Tabella 5-5. In Tabella, i colori indicano:

- ✓ Bianco: % rotte pari a zero
- ✓ Verde: % rotte comprese tra 0 e 25 %
- ✓ Giallo: % rotte comprese tra 25 e 50 %
- ✓ Arancione: % rotte comprese tra 50 e 75 %
- ✓ Rosso: % rotte comprese tra 75 e 100 %

Tabella 5-5: Contributo delle singole classi di navi alla frequenza di interazione complessiva per ciascun aerogeneratore

Target	% frequenza interazione complessiva GRT 1	% frequenza interazione complessiva GRT 2	% frequenza interazione complessiva GRT 3	% frequenza interazione complessiva GRT 4	% frequenza interazione complessiva GRT 5	% frequenza interazione complessiva GRT 6
A1.1	10%	22%	16%	23%	17%	12%
A1.2	10%	22%	16%	23%	17%	12%
A1.3	15%	12%	12%	24%	15%	23%
A1.4	15%	12%	12%	24%	15%	23%
A1.5	11%	21%	16%	23%	17%	13%
A2.1	10%	22%	16%	23%	17%	12%
A2.2	10%	22%	16%	23%	17%	12%
A2.3	10%	22%	16%	23%	17%	12%
A2.4	11%	21%	16%	23%	17%	13%
A2.5	10%	22%	16%	23%	17%	12%
A3.1	15%	12%	12%	24%	15%	23%
A3.2	13%	17%	14%	23%	16%	18%
A3.3	15%	11%	12%	24%	15%	23%
A3.4	15%	12%	12%	24%	15%	23%
A3.5	13%	17%	14%	23%	16%	18%
A4.1	15%	11%	12%	24%	15%	23%
A4.2	14%	13%	12%	23%	15%	22%

Relazione di valutazione del rischio legato alla navigazione

Target	% frequenza interazione complessiva GRT 1	% frequenza interazione complessiva GRT 2	% frequenza interazione complessiva GRT 3	% frequenza interazione complessiva GRT 4	% frequenza interazione complessiva GRT 5	% frequenza interazione complessiva GRT 6
A4.3	15%	11%	12%	24%	15%	23%
A4.4	13%	17%	14%	23%	16%	18%
A4.5	10%	22%	16%	23%	17%	12%
A5.1	27%	10%	10%	20%	13%	20%
A5.2	16%	12%	12%	23%	15%	22%
A5.3	37%	13%	10%	16%	12%	11%
A5.4	37%	13%	10%	16%	12%	11%
A5.5	11%	22%	16%	22%	17%	12%
B1.1	6%	10%	12%	29%	18%	25%
B1.2	7%	10%	12%	29%	18%	25%
B1.3	14%	11%	12%	24%	15%	23%
B1.4	13%	11%	12%	25%	16%	24%
B1.5	9%	16%	14%	26%	17%	19%
B1.6	9%	10%	12%	27%	17%	25%
B2.1	6%	10%	12%	29%	18%	25%
B2.2	7%	10%	12%	29%	18%	25%
B2.3	7%	10%	12%	29%	18%	25%
B2.4	6%	10%	12%	29%	18%	25%
B2.5	10%	22%	16%	23%	17%	12%
B2.6	7%	10%	12%	29%	18%	25%
B3.1	7%	10%	12%	29%	18%	25%
B3.2	8%	14%	13%	27%	18%	21%
B3.3	7%	13%	13%	28%	18%	22%
B3.4	10%	21%	15%	23%	17%	13%
B3.5	10%	22%	16%	23%	17%	12%
B3.6	10%	22%	16%	23%	17%	12%
B4.1	15%	11%	12%	24%	15%	23%
B4.2	15%	11%	12%	24%	15%	23%
B4.3	15%	11%	12%	24%	15%	23%
B4.4	14%	11%	12%	24%	15%	23%
B4.5	12%	11%	12%	25%	16%	24%
B5.1	15%	11%	12%	24%	15%	23%
B5.2	13%	15%	13%	23%	16%	20%
B5.3	13%	15%	13%	23%	16%	20%

Target	% frequenza interazione complessiva GRT 1	% frequenza interazione complessiva GRT 2	% frequenza interazione complessiva GRT 3	% frequenza interazione complessiva GRT 4	% frequenza interazione complessiva GRT 5	% frequenza interazione complessiva GRT 6
B5.4	10%	22%	16%	23%	17%	12%
B5.5	10%	22%	16%	23%	17%	12%
OSS est	10%	22%	16%	23%	17%	12%
OSS ovest	10%	22%	16%	23%	17%	12%

Dall'analisi dei risultati presentati, è possibile osservare che:

- ✓ Per 1 aerogeneratore (2% del totale), la frequenza di interazione è $<10^{-7}$ e quindi trascurabile
- ✓ Per 3 aerogeneratori (6% del totale), la frequenza di interazione è nell'ordine di 10^{-7} interazioni/anno
- ✓ Per 22 aerogeneratori (42% del totale), la frequenza di interazione è nell'ordine di 10^{-6} interazioni/anno
- ✓ Per 27 aerogeneratori (51 % del totale), la frequenza di interazione è nell'ordine di 10^{-5} interazioni/anno
- ✓ Nessun aerogeneratore ha una frequenza di interazione nell'ordine di 10^{-4} interazioni/anno
- ✓ L'aerogeneratore più esposto al rischio di impatto è il B3.3 con una frequenza di interazione pari a $8.7 \cdot 10^{-5}$ interazioni anno.
- ✓ Le due sottostazioni (OSS) hanno una frequenza di interazione nell'ordine di 10^{-6}

Infine, è utile ribadire che i risultati presentati, in termini di frequenza di interazione, sono stati ottenuti sulla base delle assunzioni e ipotesi (ragionevolmente cautelative) descritte al paragrafo 4.1.

5.2.2 Cavidotti

Sulla base dell'elaborazione dei dati AIS, per i cavidotti oggetto del presente studio è stata calcolata la frequenza di interazione con attività esterne legate al traffico marittimo nelle zone interessate. I cavidotti per cui è stata condotta l'analisi sono quelli che collegano il campo a terra.

Per l'ipotesi effettuata al paragrafo 4.2 è possibile analizzare uno solo dei cavidotti di ciascun collegamento in quanto rappresentativo di tutto il gruppo di cui fa parte; pertanto, per brevità, è possibile riferire l'analisi ad un solo cavidotto.

Inoltre, le rotte intersecanti i cavidotti appartenenti a navi per cui non sono disponibili le caratteristiche dimensionali non sono state considerate contribuire alla frequenza di interazione.

Infine, è utile ribadire che il cavidotto non è stato considerato esposto al rischio di interazione con il traffico marittimo nella sua interezza

I principali risultati sono forniti in forma grafica e tabellare. In particolare, di seguito sono riportati:

- ✓ Frequenza di interazione, per KP di cavidotto, con navi in affondamento, caduta di ancore o caduta di container (Tabella 5-6, Figura 5-2);
- ✓ Frequenza di interazione, per KP di cavidotto, con navi da pesca, specificatamente per l'attività di pesca a strascico (Tabella 5-6, Figura 5-3).

Tabella 5-6: Frequenza interazione con cavidotti per ciascun contributo legato al traffico marittimo, caratterizzato per KP di cavidotto

KP	Frequenza interazione con navi in affondamento [ev / km / anno]	Frequenza interazione con caduta container [ev / km / anno]	Frequenza interazione con ancoraggi [ev / km / anno]	Frequenza interazione con navi da pesca a strascico [ev / km / anno]
0 (sito)	9.33E-07	1.19E-07	1.48E-06	9
1	1.14E-06	1.19E-07	1.20E-06	14
2	6.30E-07	8.18E-08	8.70E-07	9
3	4.85E-07	5.10E-08	8.29E-07	10
4	8.14E-07	1.25E-07	7.69E-07	15
5	5.14E-07	7.71E-08	1.01E-06	7
6	9.96E-07	2.09E-07	1.08E-06	14
7	9.48E-07	2.00E-07	1.28E-06	9
8	6.04E-07	1.08E-07	8.90E-07	6
9	6.68E-07	1.02E-07	7.05E-07	7
10	4.36E-07	6.51E-08	9.50E-07	12
11	5.96E-07	5.72E-08	1.05E-06	13
12	5.17E-07	7.60E-08	1.83E-06	6
13	9.31E-07	1.32E-07	1.20E-06	4
14	8.76E-07	1.62E-07	1.73E-06	11
15	8.91E-07	1.60E-07	1.66E-06	11
16	1.06E-06	2.18E-07	2.10E-06	16
17	7.66E-07	1.14E-07	1.64E-06	23
18	7.72E-07	1.50E-07	1.26E-06	20
19	6.80E-07	6.99E-08	1.43E-06	30
20	6.55E-07	1.13E-07	5.90E-07	63
21	4.41E-07	5.00E-08	3.87E-07	11
22	5.96E-07	9.30E-08	1.08E-06	10
23	4.56E-07	5.95E-08	9.64E-07	15
24	4.57E-07	7.12E-08	1.07E-06	12
25	5.43E-07	6.41E-08	1.13E-06	18
26	5.44E-07	7.66E-08	1.02E-06	12
27	4.88E-07	1.02E-07	1.25E-06	12
28	6.32E-07	8.90E-08	5.70E-07	30
29	7.10E-07	1.06E-07	1.56E-06	22
30	7.01E-07	1.27E-07	1.32E-06	13
31	6.17E-07	1.03E-07	5.46E-07	16
32	8.08E-07	1.29E-07	8.13E-07	17

Relazione di valutazione del rischio legato alla navigazione

KP	Frequenza interazione con navi in affondamento [ev / km / anno]	Frequenza interazione con caduta container [ev / km / anno]	Frequenza interazione con ancoraggi [ev / km / anno]	Frequenza interazione con navi da pesca a strascico [ev / km / anno]
33	5.64E-07	8.78E-08	5.14E-07	18
34	7.02E-07	9.04E-08	1.34E-06	14
35	8.24E-07	1.25E-07	1.25E-06	10
36	5.44E-07	9.12E-08	6.52E-07	7
37	5.36E-07	1.01E-07	5.24E-07	9
38	7.73E-07	1.37E-07	1.20E-06	4
39	7.83E-07	1.29E-07	1.89E-06	7
40	6.21E-07	1.14E-07	1.90E-06	5
41	6.45E-07	8.43E-08	1.44E-06	4
42	5.43E-07	7.28E-08	1.28E-06	5
43	4.23E-07	5.75E-08	5.35E-07	8
44	5.79E-07	8.95E-08	3.02E-06	4
45	5.01E-07	6.80E-08	5.33E-07	4
46	4.40E-07	5.64E-08	4.10E-07	8
47	6.44E-07	9.89E-08	1.44E-06	7
48	5.02E-07	6.36E-08	5.09E-07	8
49	4.02E-07	5.05E-08	3.66E-07	10
50	4.94E-07	5.76E-08	1.08E-06	30
51	5.52E-07	3.58E-08	9.62E-07	11
52	4.54E-07	4.78E-08	1.39E-06	17
53	4.25E-07	3.03E-08	8.62E-07	12
54	3.65E-07	3.45E-08	3.97E-07	9
55	5.15E-07	4.90E-08	5.23E-07	6
56	2.84E-07	3.26E-08	2.68E-07	3
57	2.62E-07	4.66E-09	4.26E-07	8
58	2.69E-07	1.06E-08	4.68E-07	10
59	3.66E-07	3.25E-08	4.22E-07	14
60	4.19E-07	3.78E-08	9.79E-07	31
61	4.38E-07	1.89E-08	7.77E-07	25
62	4.16E-07	6.25E-08	7.06E-07	27
63	5.42E-07	1.70E-08	8.60E-07	128
64	5.26E-07	4.05E-08	1.01E-06	19
65	5.64E-07	3.04E-08	6.38E-07	51
66	4.97E-07	5.29E-08	5.62E-07	28

KP	Frequenza interazione con navi in affondamento [ev / km / anno]	Frequenza interazione con caduta container [ev / km / anno]	Frequenza interazione con ancoraggi [ev / km / anno]	Frequenza interazione con navi da pesca a strascico [ev / km / anno]
67	6.20E-07	7.49E-08	6.19E-07	25
68	1.02E-06	1.00E-07	1.58E-06	26
69	1.35E-06	1.22E-07	3.20E-06	31
70	1.66E-06	1.07E-07	2.54E-06	18
71	2.10E-06	1.10E-07	4.21E-06	11
72	2.36E-06	7.61E-08	4.82E-06	13
73	2.12E-06	1.06E-07	3.66E-06	27
74	2.00E-06	9.16E-08	4.91E-06	39
75	2.55E-06	1.07E-07	9.05E-06	64
76	1.93E-06	5.99E-08	6.14E-06	74
77	1.18E-06	1.94E-08	2.94E-06	36
78	1.54E-06	2.82E-08	2.42E-06	27
79	1.63E-06	3.10E-09	2.23E-06	65
80	9.49E-07	2.26E-08	1.85E-06	35
81	5.94E-07	9.88E-09	7.31E-07	15
82	6.34E-07	5.93E-08	6.14E-07	1
83	3.96E-07	1.37E-18	3.37E-07	0
84	1.74E-07	8.00E-19	1.91E-07	2
85	2.91E-08	1.50E-19	2.34E-08	0
86	3.52E-09	3.00E-20	2.11E-09	0
87 (Terra)	4.54E-10	1.00E-20	4.65E-10	0

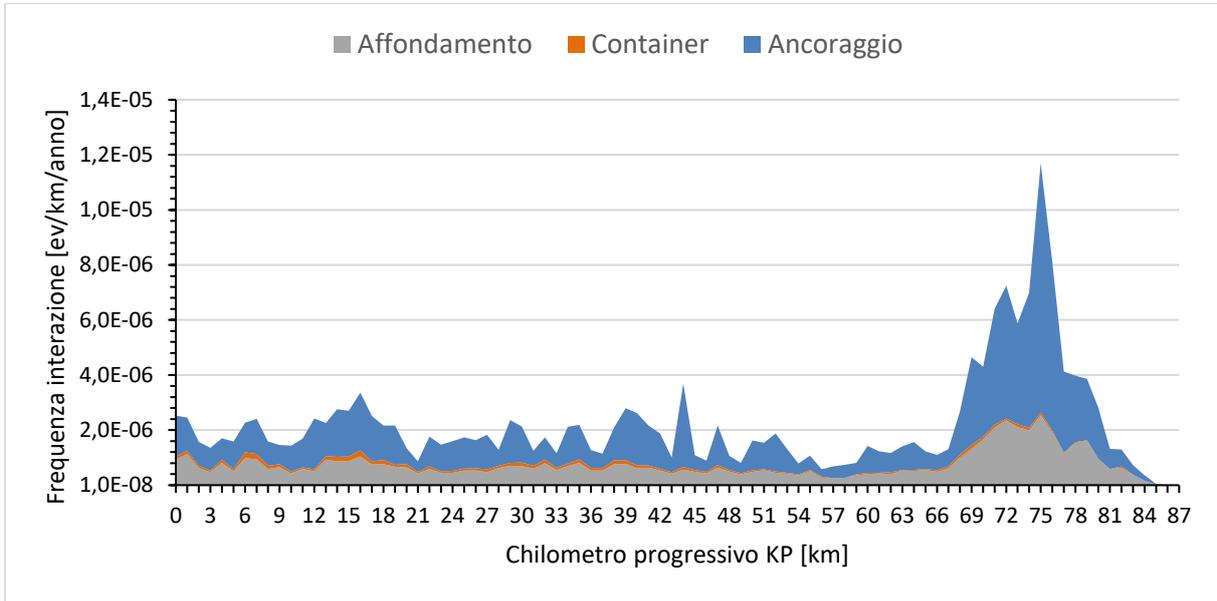


Figura 5-2: Frequenza interazione con cavidotti per ciascun contributo legato al traffico marittimo, caratterizzato per KP di cavidotto

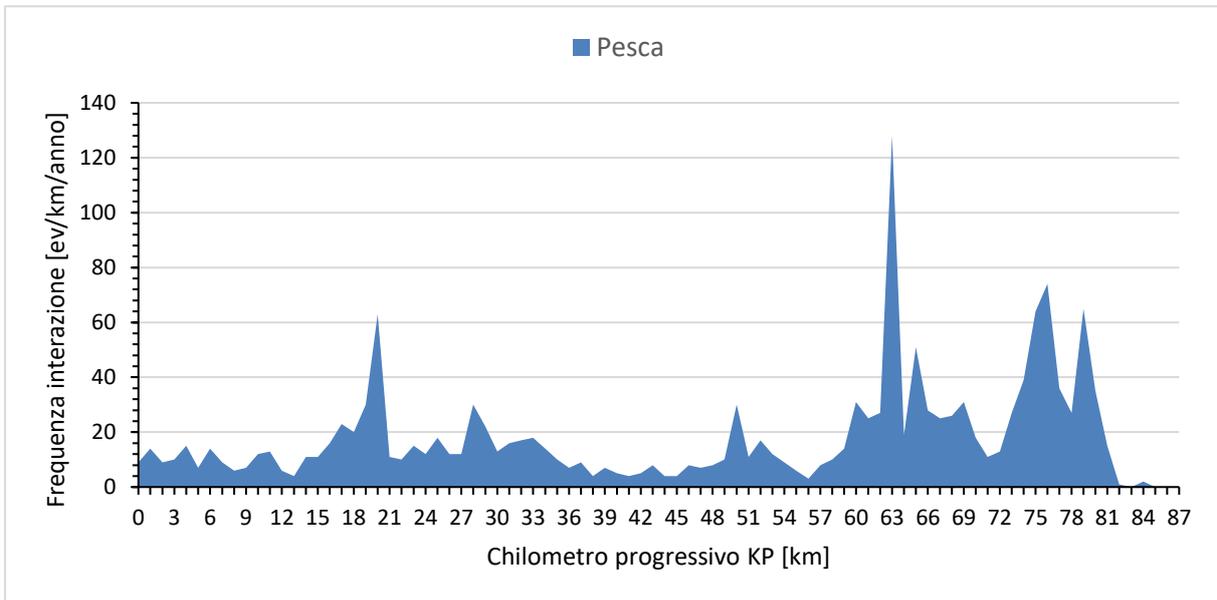


Figura 5-3: Frequenza interazione con cavidotti per imbarcazioni adibite alla pesca a strascico, caratterizzato per KP di cavidotto

Dall'analisi dei risultati è possibile osservare che:

- ✓ per quasi tutti i KP del cavidotto, la causa di interazione maggiore è l'ancoraggio accidentale (odg 10^{-6} / 10^{-7} eventi / km / anno); l'affondamento costituisce un rischio secondario (odg 10^{-6} / 10^{-7} eventi / km / anno); la caduta di container è una causa di interazione trascurabile rispetto alle altre;
- ✓ per tutti i KP del cavidotto ad eccezione degli ultimi verso terra e degli ultimi verso il sito, la pesca a strascico potrebbe costituire un potenziale problema; tuttavia, è bene ricordare che i risultati relativi alla pesca a strascico sono stati calcolati considerando cautelativamente che:
 - tutti i passaggi di navi da pesca appartengono a imbarcazioni adibite alla pesca a strascico (informazione non specificata nei dati AIS)
 - che tutti i passaggi corrispondono ad attività di pesca in corso

pertanto, l'informazione riportata in Tabella 5-6 e Figura 5-3 rappresenta più correttamente il numero di passaggi annuali di navi da pesca per ogni KP di cavidotto; infatti, per ottenere la reale frequenza di interazione con i cavidotti occorre conoscere la reale tipologia di pesca condotta e il dato di probabilità di pesca in corso nel momento in cui avviene l'imbarcazione interseca la il percorso dei cavidotti.

Considerando i cavidotti posati sul fondo del mare senza protezioni, è possibile ricavare la frequenza di rottura dei cavidotti. Questa si ricava sommando, per ogni KP, la frequenza di interazione calcolata per ciascuna delle cause considerate. I risultati sono riportati in Figura 5-4.

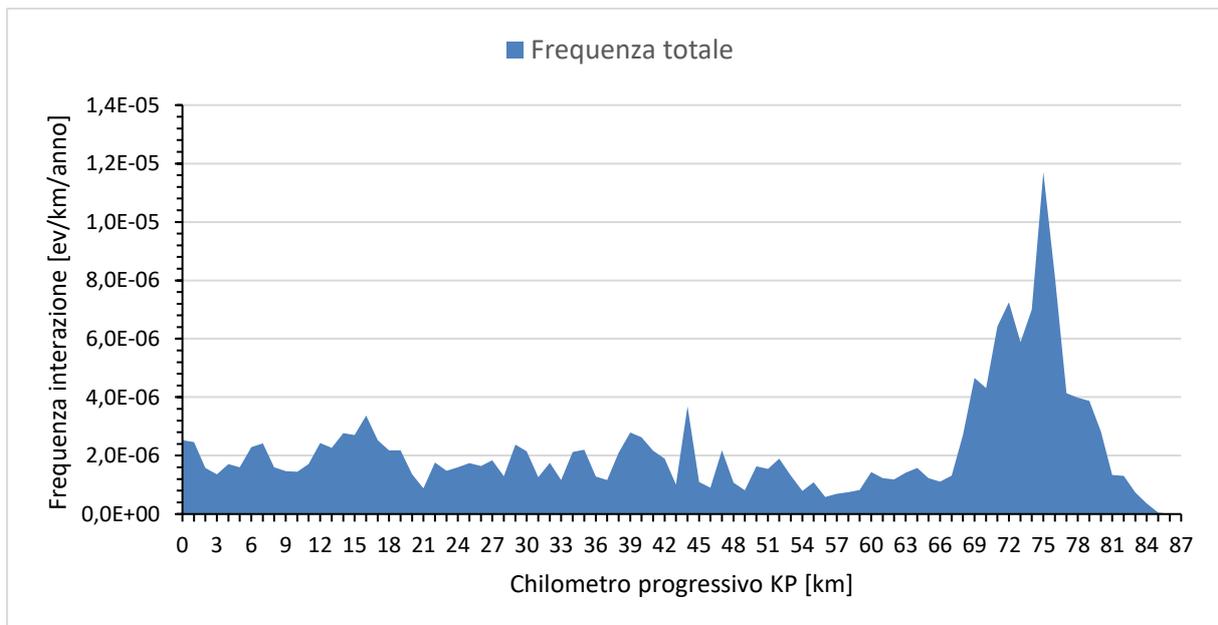


Figura 5-4: Frequenza di rottura del cavidotto legato al traffico marittimo, caratterizzato per KP di cavidotto

Pertanto, è possibile osservare che il cavidotto ha una frequenza attesa di rottura che è varia molto in base ai KP del percorso: i primi 40 km a partire dal sito hanno una frequenza di rottura di circa 10^{-6} eventi / km / anno, mentre gli ultimi 20 km verso terra sono caratterizzati da un picco di frequenza che arriva praticamente a 10^{-5} eventi / km / anno al chilometro 48.

Infine, è utile ribadire che i risultati presentati, in termini di frequenza di interazione (e danno), sono stati ottenuti sulla base delle assunzioni e ipotesi (ragionevolmente cautelative) descritte ai paragrafi 4.2 e 4.1.

6 MISURE MITIGATIVE

Possibili misure che attuate possono portare ad una riduzione della frequenza di interazione sono elencate di seguito.

6.1 AEROGENERATORI

Viste le frequenze di interazione calcolate, per alcuni degli aerogeneratori può essere opportuno l'impiego di eventuali misure di mitigazione.

Esempi di misure che possono portare ad una riduzione della frequenza di interazione sono:

- ✓ L'adozione di un limite di velocità delle navi che transitano nei due corridoi lungo cui è stato ipotizzato che si distribuisca il traffico
- ✓ L'utilizzo del RACON
- ✓ Prevedere la presenza di una o più standby vessels
- ✓ Prevedere una maggiore estensione della zona di interdizione alla navigazione attorno ai parchi eolici

6.2 CAVIDOTTI

Come misura di mitigazione, una possibile soluzione potrebbe essere quella di prevedere l'interramento dei cavi. Per interazioni dovute alla pesca a strascico, questa soluzione mitigativa è un'efficace soluzione di protezione. È opportuno osservare anche che, se la profondità di interrimento è sufficiente da isolare i cavi da eventuali impatti con ancore, si otterrebbe una riduzione della frequenza di interazione significativa (in quanto l'ancoraggio accidentale costituisce un'importante causa di interazione).

MGA10/MAP/GMU:MGA10

REFERENZE

- [1] Risk Assessment of Pipeline Protection, Recommended Practice No. DNV-RP-F107;
- [2] COST 301, 1988 – Shore Based marine navigation aid system
- [3] Review of maritime transport, 2010 - United Nations Conference on trade and development
- [4] Bello G.C., Colombari V., “The human factor in risk analysis of process plants: the control room operator model ‘Teseo’”, Reliability Engineering, 1980
- [5] <http://www.maersk.com/>
- [6] <https://www.guardiacostiera.gov.it/mezzi-e-tecnologie/Documents/manualiVTS/Brindisi-ita-ed02.pdf>



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.