



Odra Energia S.r.l.

Progetto preliminare per la realizzazione di un parco eolico offshore - Lecce - Odra Energia

Relazione di valutazione del rischio legato alla navigazione

Doc. No. P0025305-2-LCC-H07 Rev.02 - Dicembre 2021

Rev.	Descrizione	Preparato da	Controllato da	Approvato da	Data
02	Terza Emissione	Cristian Colombini	Marco Pontiggia	Giovanni Uguccioni S.Sadowski / R.Zaccone	01/12/2021
01	Seconda Emissione	Cristian Colombini	Marco Pontiggia	Giovanni Uguccioni S.Sadowski / R.Zaccone	30/09/2021
00	Prima Emissione	Cristian Colombini	Marco Pontiggia	Giovanni Uguccioni S.Sadowski / R.Zaccone	30/07/2021

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 LECCE ODRA ENERGIA	4
1.1 SCOPO DEL DOCUMENTO	4
2 INFORMAZIONI RELATIVE AL CAMPO EOLICO LECCE ODRA ENERGIA	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	9
3.2.3 Interazione con i cavidotti	11
4 ASSUNZIONI E IPOTESI ALLA BASE DEI RISULTATI	15
4.1 AEROGENERATORI	15
4.2 CAVIDOTTI	25
5 RISULTATI	27
5.1 TRAFFICO MARITTIMO	27
5.2 FREQUENZE DI INTERAZIONE	30
5.2.1 Aerogeneratori	30
5.2.2 Cavidotti	34
6 MISURE MITIGATIVE	39
6.1 AEROGENERATORI	39
6.2 CAVIDOTTI	39
REFERENZE	40

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	28
Tabella 5-2:	Numero di rotte calcolate per ciascuna classe GRT	28
Tabella 5-3:	Numero di rotte calcolate per ciascuna tipologia di nave	29
Tabella 5-4:	Frequenza interazione complessiva calcolata per ciascun aerogeneratore del parco	30
Tabella 5-5:	Contributo delle singole classi di navi alla frequenza di interazione complessiva per ciascun aerogeneratore	32
Tabella 5-6:	Frequenza interazione con cavidotti per ciascun contributo legato al traffico marittimo, caratterizzato per KP di cavidotto	35

LISTA DELLE FIGURE

Figura 2-1:	90 aerogeneratori del campo eolico di Lecce Odra Energia	5
Figura 2-2:	Ingombro degli aerogeneratori e dei cavidotti	6
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 utilizzate per il computo delle rotte e tratti di mare in cui si è ipotizzato tali rotte essere redistribuite	18
Figura 4-2:	Corridoi principali identificati per le rotte delle navi di classe GRT 2, 3, 4, 5, 6 (in figura sono riportate, a titolo di esempio, le rotte delle navi di classe GRT6)	19
Figura 4-3:	Corridoi principali identificati per le rotte delle navi di classe GRT 1	20
Figura 4-4:	In giallo il buffer di sicurezza attorno al perimetro del parco eolico (rosso); le linee azzurre delimitano le aree in cui non è stato ipotizzato il traffico marittimo	21
Figura 4-5:	Aerogeneratori con cui è possibile l'interazione da parte delle navi quando percorrono il tratto 1 e tratto 4	22
Figura 4-6:	Aerogeneratori con cui è possibile l'interazione da parte delle navi quando percorrono il tratto 2	23
Figura 4-7:	Aerogeneratori con cui è possibile l'interazione da parte delle navi quando percorrono il tratto 3	24
Figura 4-8:	Identificazione della porzione dei cavidotti (ca 11 km) che effettivamente potrebbe essere esposta al rischio di interazione con il traffico marittimo	26
Figura 5-1:	Identificazione dell'area di interesse	27
Figura 5-2:	Frequenza interazione con cavidotti per ciascun contributo legato al traffico marittimo, caratterizzato per KP di cavidotto	36
Figura 5-3:	Frequenza interazione con cavidotti per imbarcazioni adibite alla pesca a strascico, caratterizzato per KP di cavidotto	37
Figura 5-4:	Frequenza di rottura del cavidotto legato al traffico marittimo, caratterizzato per KP di cavidotto	38

ABBREVIAZIONI E ACRONIMI

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

1 PREMESSA LECCE ODRA ENERGIA

La presente relazione è stata commissionata da Odra Energia 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 90 aerogeneratori, per una taglia totale di 1350 MW, di fronte alla costa sud-orientale della Regione Puglia, in particolare nello specchio di mare antistante la città di Tricase (LE).

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.

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 LECCE ODRA ENERGIA

I 90 aerogeneratori previsti per il campo eolico di Lecce Odra Energia saranno posizionati nello specchio di mare di fronte alla costa sud-orientale della Regione Puglia, in particolare nello specchio di mare antistante la città di Tricase (LE) come mostrato in Figura 2-1. In particolare, il campo sarà costituito da un'unica zona. La zona si estende per circa 20 km in direzione Nord – Sud e circa 14 km in direzione Est – Ovest. In totale, il parco eolico occuperà un'area di mare di circa 200 km². Tra gli aerogeneratori è prevista una distanza di circa 1.5 km. Ciascun aerogeneratore sarà costituito da una base galleggiante a tripode a sostegno della pala. Dettagli sono riportati nel documento specifico [7].

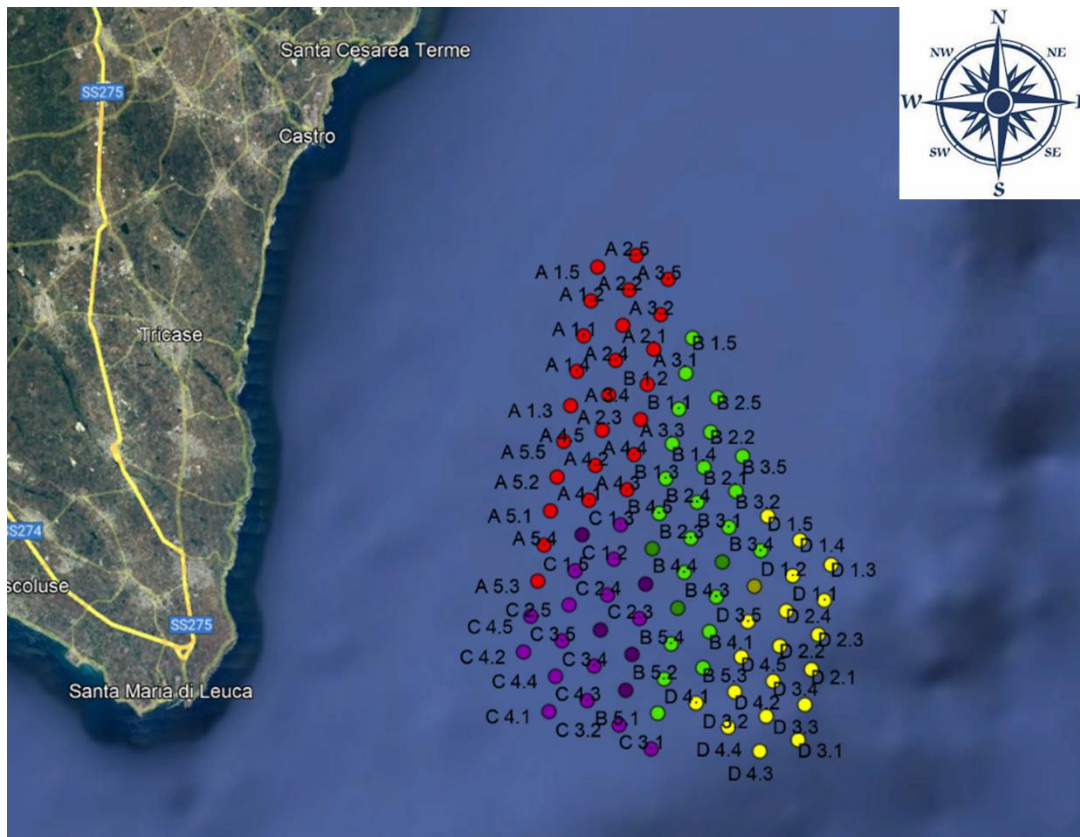


Figura 2-1: 90 aerogeneratori del campo eolico di Lecce Odra Energia

Sulla base della loro disposizione, in Figura 2-2 è mostrato l'ingombro degli aerogeneratori (in rosso) e il tracciato che seguiranno i caviodotti di collegamento alla stazione di ricezione a terra (in verde).



Figura 2-2: Ingombro degli aerogeneratori e dei cavidotti

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 2019, acquistati da un rivenditore specializzato [8]. Si noti che, questo arco temporale costituisce il dataset annuale più recente prima della pandemia da COVID-19, che, come osservato in analisi simili, è stata causa di forti modifiche nel traffico marittimo, rendendo quindi i dati poco rappresentativi di una situazione normale.

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 2019 contiene circa 800.000 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 3 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.

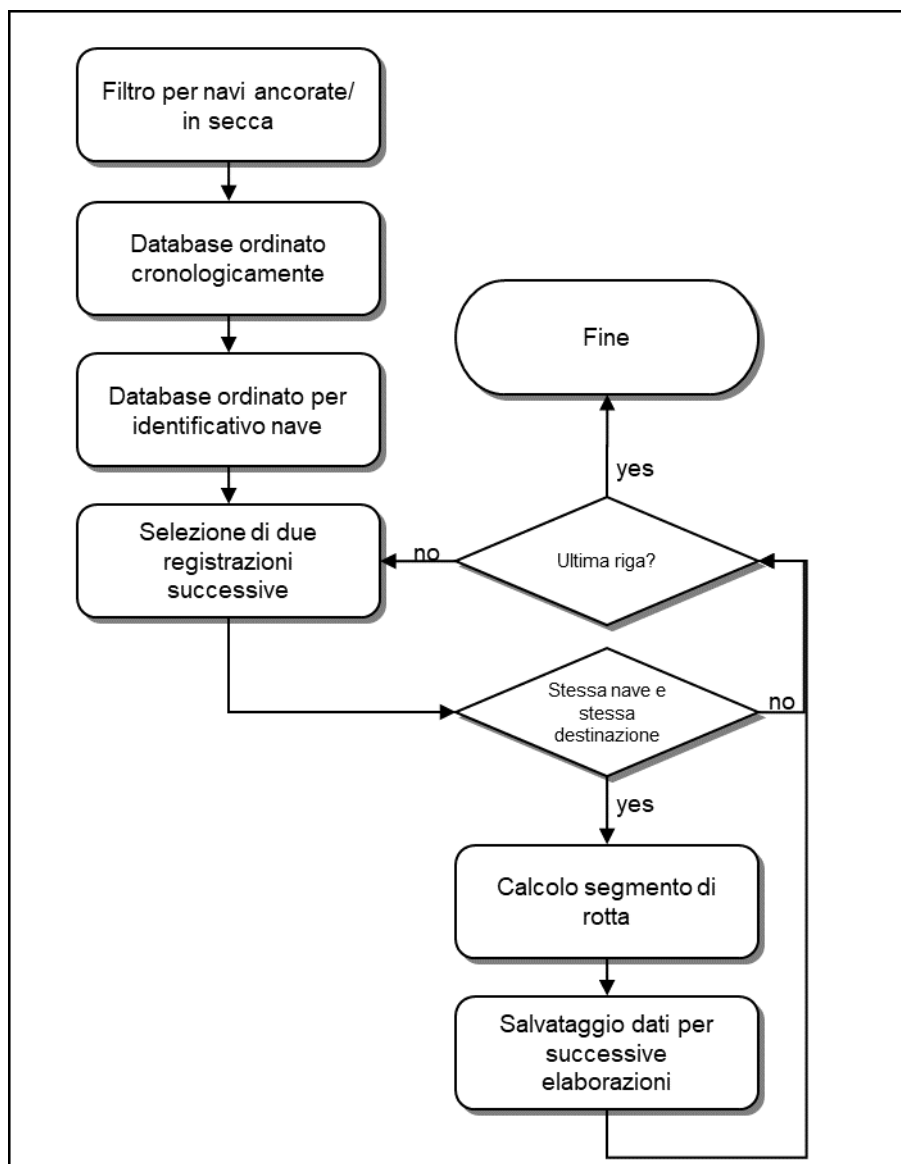


Figura 3-1: Passi della routine automatica per l'elaborazione dei dati AIS

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 (N)

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].

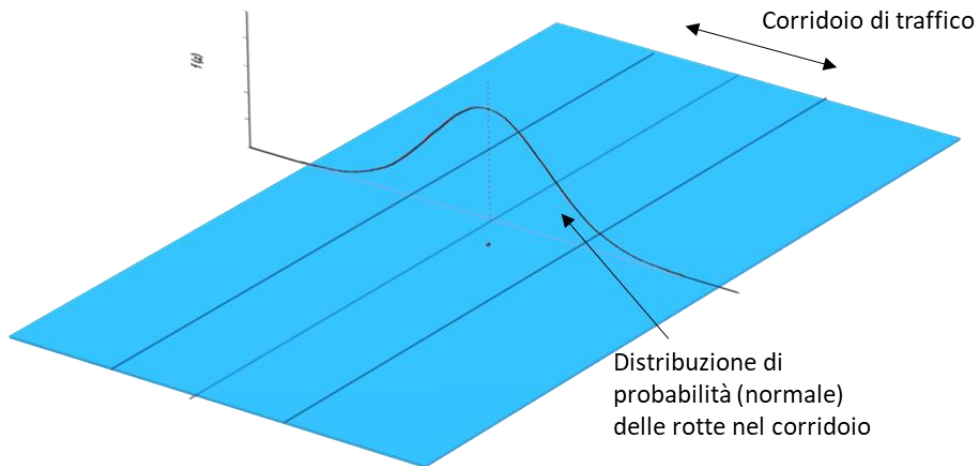


Figura 3-2: Distribuzione normale della posizione delle rotte all'interno del corridoio di traffico

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

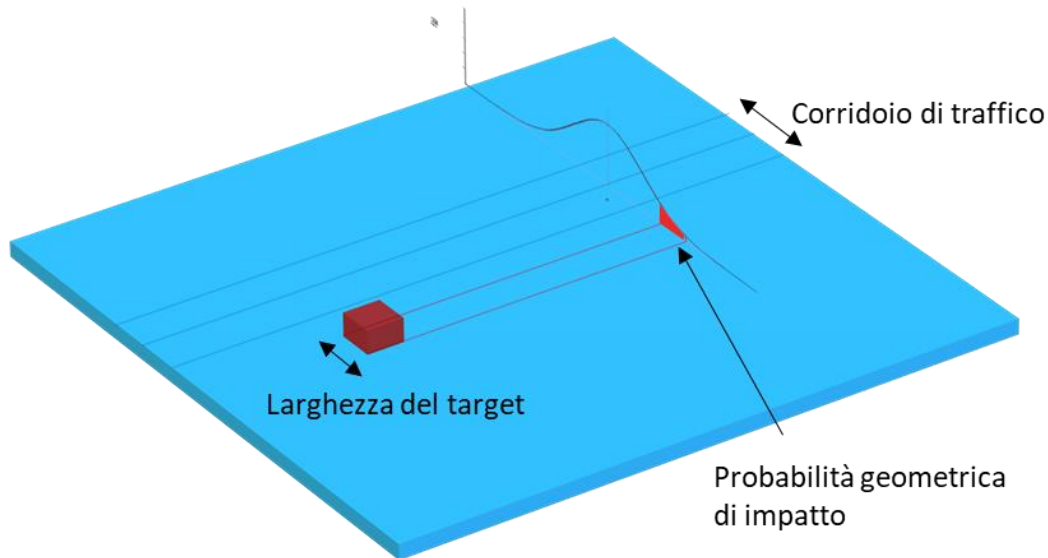


Figura 3-3: Probabilità di entrare in rotta di collisione (area in rosso sottesa alla distribuzione di probabilità)

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 2019 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;
- 3) Per quanto riguarda la redistribuzione del traffico intersecante la zona prevista per il parco eolico, le rotte sono state redistribute in base all'attuale distribuzione delle stesse rispetto alla classe GRT; in particolare, le rotte relative alle navi di classe GRT 3, 4, 5, 6 sono state rilevate sempre ad una certa distanza dalla costa, pari a circa la distanza del parco dalla costa, e che molte di queste accostano verso Ovest una volta superato il capo di Leuca; pertanto, le rotte relative a navi di classe GRT 3, 4, 5 e 6 sono state considerate passare a Est del parco, parallelamente ai due lati Est e il lato Sud del parco (tratto 1, 2 e 3 in Figura 4-1); l'estensione del corridoio passante a Est del parco eolico è stata assunta essere pari all'estensione del parco eolico misurata perpendicolarmente alle rotte intersecanti (10 nm) (tratto di LDC1 interno al parco eolico, vedi Figura 4-1); per quanto riguarda le rotte delle navi di classe GRT 1 e 2 che intersecano la zona prevista per il parco eolico, è stato osservato che un numero cospicuo di rotte si trova nelle immediate vicinanze della costa, significando quindi che navi di queste stazze possono navigare molto più in prossimità della costa; pertanto, le rotte relative a navi di classe GRT 1 e 2 sono state considerate passare a Ovest del parco, parallelamente allo stesso (tratto 4 in Figura 4-1); cautelativamente ai fini della sicurezza, l'estensione del corridoio passante a Ovest del parco eolico è stata assunta essere pari alla distanza massima misurata tra perimetro del parco e costa;
- 4) Per quanto riguarda il conteggio dei passaggi nave che non intersecano il parco eolico, è stato osservato che
 - per le navi di classe GRT 2, 3, 4, 5, e 6 sono identificabili tre corridoi principali; Figura 4-2 mostra le rotte calcolate e i principali corridoi identificati considerando, a titolo di esempio, le rotte delle navi di classe GRT6: 1) corridoio di rotte che intersecano il parco, lungo la direttrice Nordest – Sudovest (in azzurro), 2) corridoio lungo la direttrice Nord – Sud (in verde), 3) corridoio lungo la direttrice Nordovest – Sudest (in rosso); per la redistribuzione delle rotte appartenenti al corridoio che intersecano il parco si veda il punto 3 del presente elenco; le rotte del corridoio lungo la direttrice Nord – Sud sono state ipotizzate, ai fini della sicurezza, modificarsi una volta che il parco sarà installato, in particolare considerando che si distribuiscano parallelamente ai due lati Est e al lato Sud del parco eolico (tratto 1, 2 e 3 in Figura 4-1); le rotte che sono state considerate sono quelle entro le 10 nm di distanza dalla zona prevista del parco (distanza limite oltre cui una nave passante non si ritiene più un potenziale pericolo [1]), misurate verso Est dal punto più ad Est del parco (ovvero intersecanti LDC2 in Figura 4-1); vista la distanza limite oltre cui una nave passante non si ritiene più un potenziale pericolo [1], le rotte del corridoio lungo la direttrice Nordovest – Sudest sono state ragionevolmente ipotizzate non comportare un reale pericolo per il parco eolico in quanto il corridoio dista ca 10 nm dal lato Nordest del parco (in corrispondenza di tratto 1 in Figura 4-1);
 - per le navi di classe GRT 1 sono identificabili cinque corridoi principali; Figura 4-3 mostra le rotte calcolate e i principali corridoi identificati: 1) corridoio di rotte che intersecano il parco, lungo la direttrice Nordest – Sudovest (in blu), 2) corridoio lungo la direttrice Nord – Sud che poi accosta verso Ovest (in corrispondenza della zona Sud del parco) (in rosso), 3) corridoio lungo la direttrice Nordovest – Sudest (in verde), 4) corridoio lungo la direttrice Est – Ovest (in arancione), 5) corridoio lungo la direttrice Sudest – Nordovest (in azzurro); per la redistribuzione delle rotte appartenenti al corridoio che intersecano il parco si veda il punto 3 del presente elenco; le rotte del corridoio lungo la direttrice Nord – Sud che poi accosta verso Ovest (in corrispondenza nella zona a Sud del parco), le rotte del corridoio lungo la direttrice Est – Ovest, le rotte del corridoio lungo la direttrice Sudest – Nordovest (ovvero intersecanti LDC3 in Figura 4-1) sono state considerate, conservativamente ai fini

della sicurezza, distribuite non solo lungo il lato Sud del parco ma anche lungo i due lati Est (ovvero, che percorrono i tratti 1, 2 e 3 come indicati in Figura 4-1); vista la distanza limite oltre cui una nave passante non si ritiene più un potenziale pericolo [1], le rotte del corridoio lungo la direttrice Nordovest – Sudest sono state ragionevolmente ipotizzate non comportare un reale pericolo per il parco eolico in quanto il corridoio dista ca 10 nm dal lato Nordest del parco (in corrispondenza di tratto 1 in Figura 4-1);

Pertanto, il traffico intersecante e non intersecante il parco eolico è stato ipotizzato redistribuirsi lungo due corridoi principali attorno al parco stesso: 1) corridoio formato dal tratto 4, 2) corridoio formato dai tratti 1, 2, 3;

- 5) Per la valutazione della frequenza di interazione tra gli aerogeneratori e il traffico marittimo passante esternamente al parco eolico, è stato considerato che le rotte calcolate e ridistribuite lungo i due corridoi definiti al punto 4 del presente elenco sono distribuite normalmente all'interno dell'estensione del corridoio; questa ipotesi si è resa necessaria per poter ridistribuire il traffico marittimo in maniera ragionevole e quindi poter applicare la metodologia definita al paragrafo 3.2.2;
- 6) 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 identificati al punto 4 del presente elenco; 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;
- 7) 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); la massima estensione radiale delle catenarie dall'aerogeneratore è stata calcolata essere pari a 750 m; in via cautelativa, è stata assunta una zona di interdizione alla navigazione di 750 m di larghezza attorno a tutto il parco eolico;
- 8) Come mostrato in Figura 4-4, le zone tra buffer di sicurezza, definito al punto precedente, e linee azzurre tracciate in Figura non sono state considerate essere interessate da traffico marittimo in quanto definiscono un percorso non ottimale (non rettilineo); pertanto, il limite effettivo che definisce la zona in cui sarà presente il traffico marittimo è quello definito in Figura 4-4;
- 9) In base all'ipotesi descritta ai punti 7 e 8 del presente elenco, vista la notevole distanza tra un aerogeneratore e quello immediatamente successivo (1.5 km ca) e visto che è ragionevole assumere che il traffico marittimo si disporrà parallelamente al perimetro del parco (lungo i due corridoi identificati al punto 4 del presente elenco), è stato possibile considerare ciascun aerogeneratore come un target esposto in maniera indipendente al rischio di impatto da parte del traffico marittimo; tuttavia, viste le diverse direzioni che i passaggi nave hanno rispetto al parco non è stato possibile raggruppare gli aerogeneratori per cluster sulla base della loro distanza dal bordo dei corridoi di traffico; pertanto, la valutazione della frequenza di interazione è stata condotta per ciascun aerogeneratore del parco rispetto a ciascuno dei corridoi ipotizzati; si noti che, le rotte ipotizzate percorrere il corridoio definito dal tratto 4 sono diverse da quelle ipotizzate percorrere il corridoio definito dai tratti 1, 2 e 3; per quanto riguarda le rotte che percorrono i tratti 1, 2 e 3 è bene notare che, tuttavia, lo stesso passaggio nave nei tre tratti può portare a frequenza di interazione diversa con lo stesso aerogeneratore per via della diversa distanza target-corridoio di traffico (oppure, potrebbe non avere alcuna interazione in quanto questa è stata ritenuta non possibile); per ogni tratto avente diversa direzione dei due corridoi definiti al punto 4 del presente elenco (tratto 1, 2, 3, 4), in Figura 4-5, Figura 4-6, Figura 4-7 sono mostrati i gruppi di aerogeneratori per cui l'interazione con il traffico è stata ritenuta credibile sulla base di valutazioni ingegneristiche;
- 10) Rispetto a quanto evidenziato al punto 9 del presente elenco, è importante notare che
 - per aerogeneratori per cui è possibile un'interazione sia con navi passanti lungo il tratto 4 che con navi passanti in uno dei 3 tratti 1, 2, 3, la frequenza di interazione con i passaggi lungo il tratto 4 e la frequenza di interazione con i passaggi lungo uno dei tre tratti 1, 2, 3 va sommata (essendo contributi indipendenti);
 - per aerogeneratori per cui è possibile un'interazione con la stessa nave quando transitante in più di uno dei tre tratti 1, 2, 3, la frequenza di interazione non può corrispondere alla somma di più contributi; il motivo risiede nella definizione della probabilità di perdita di controllo della nave (P_r) [1]; nella

pratica, questo corrisponde ad assumere che l'evento perdita di controllo va applicato alle navi quando percorrono il tratto 1, 2 o 3; 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 (1, 2, o 3) che fornisce la frequenza di interazione massima con l'aerogeneratore;

- 11) 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;
- 12) 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;
- 13) 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;

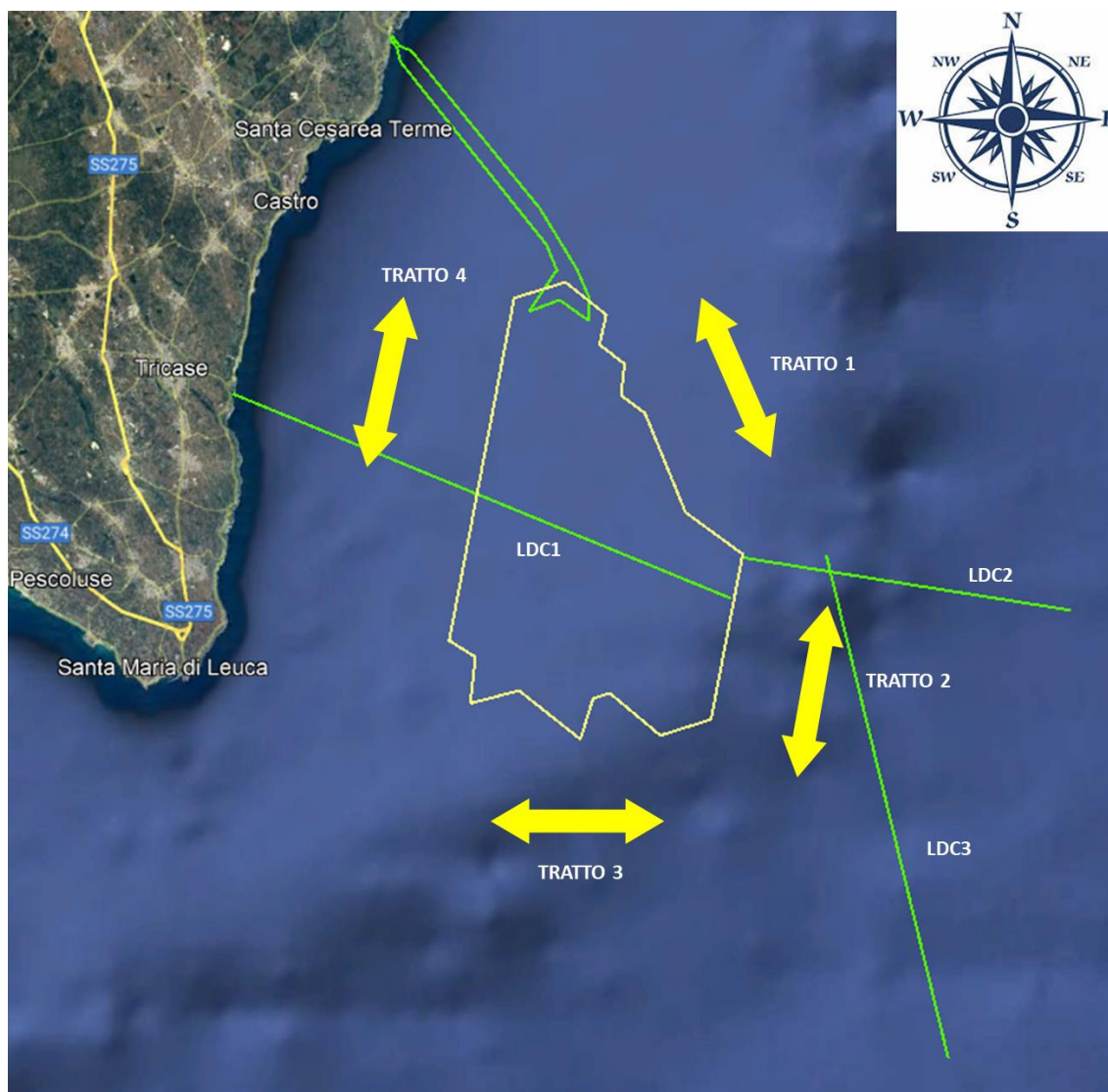


Figura 4-1: Linee di controllo utilizzate per il computo delle rotte e tratti di mare in cui si è ipotizzato tali rotte essere redistribuite

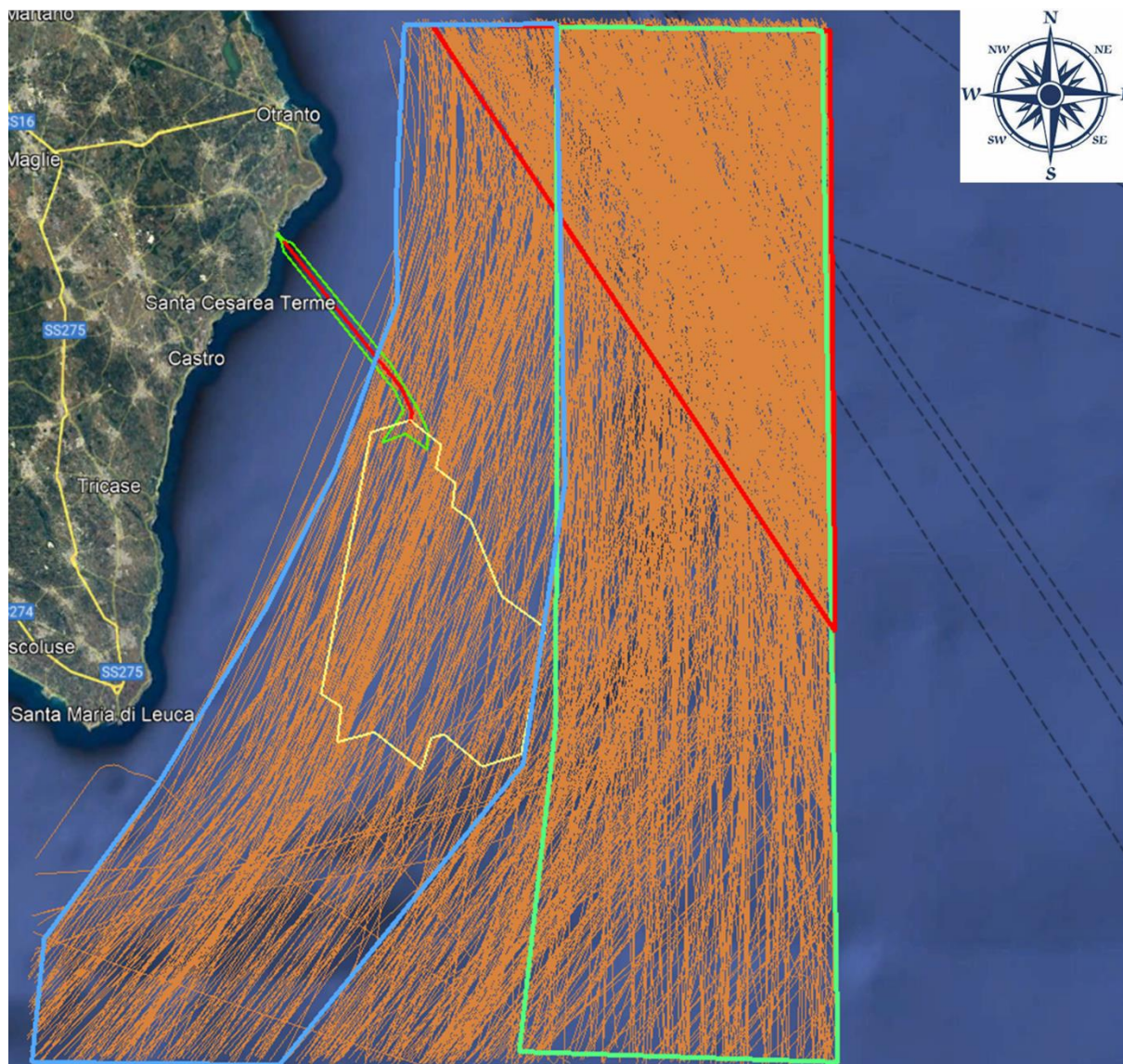


Figura 4-2: Corridoi principali identificati per le rotte delle navi di classe GRT 2, 3, 4, 5, 6 (in figura sono riportate, a titolo di esempio, le rotte delle navi di classe GRT6)

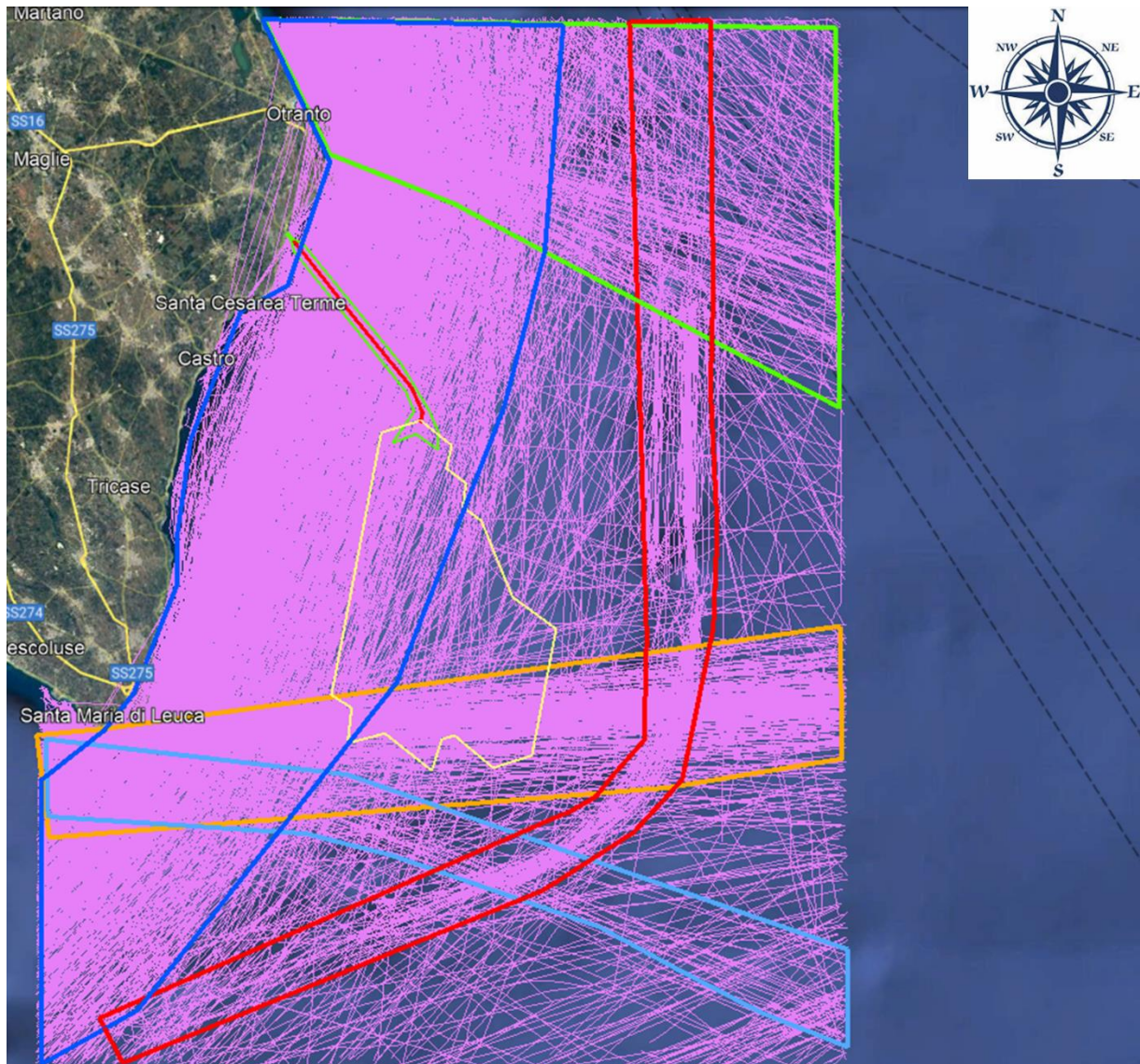


Figura 4-3: Corridoi principali identificati per le rotte delle navi di classe GRT 1

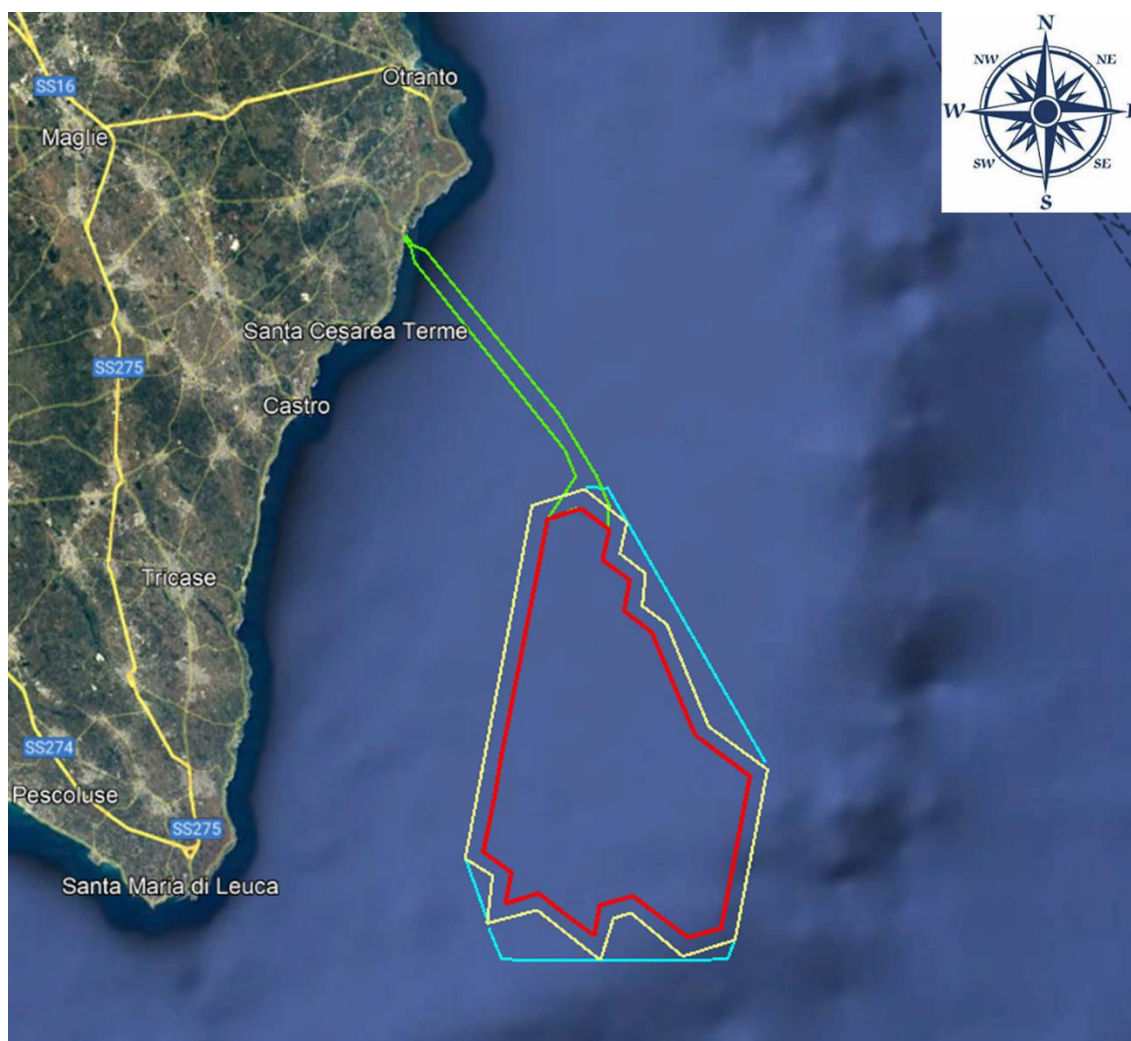


Figura 4-4: In giallo il buffer di sicurezza attorno al perimetro del parco eolico (rosso); le linee azzurre delimitano le aree in cui non è stato ipotizzato il traffico marittimo

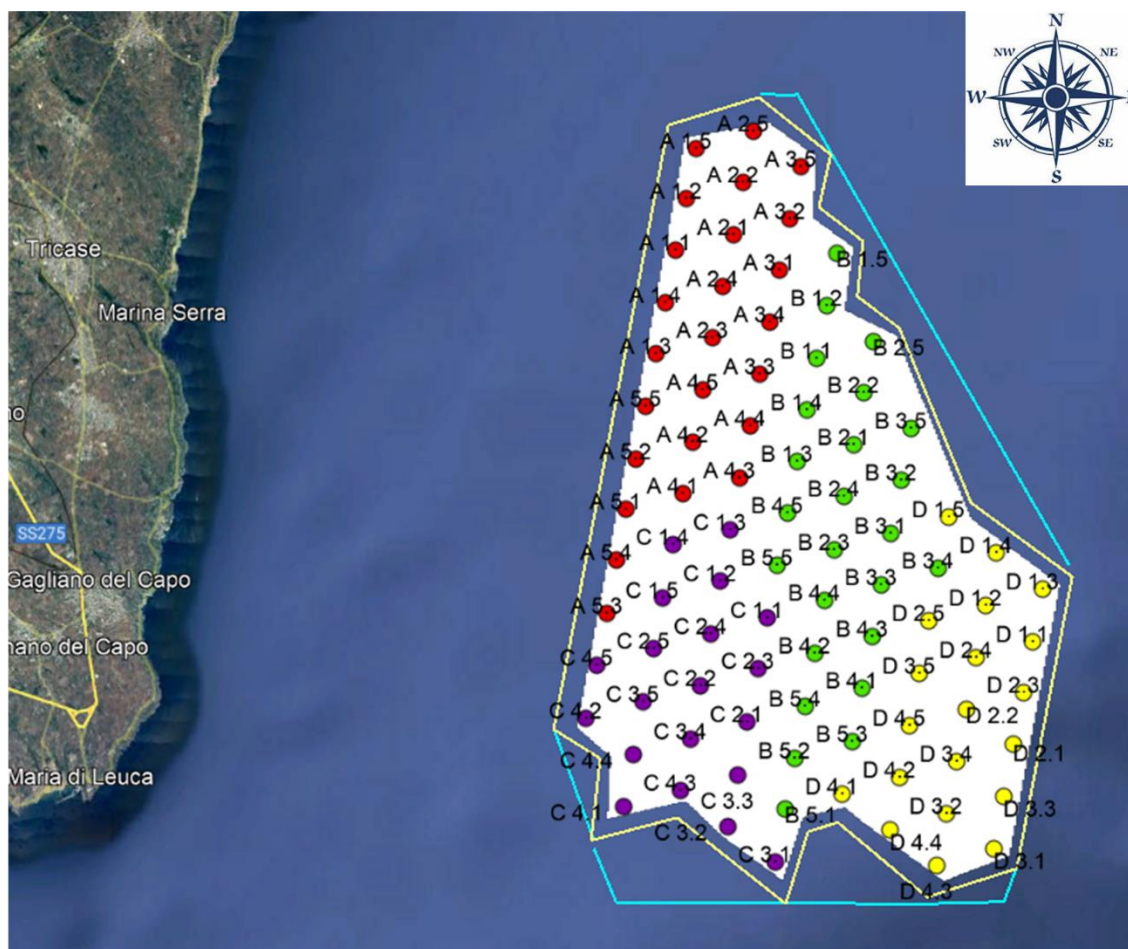


Figura 4-5: Aerogeneratori con cui è possibile l'interazione da parte delle navi quando percorrono il tratto 1 e tratto 4

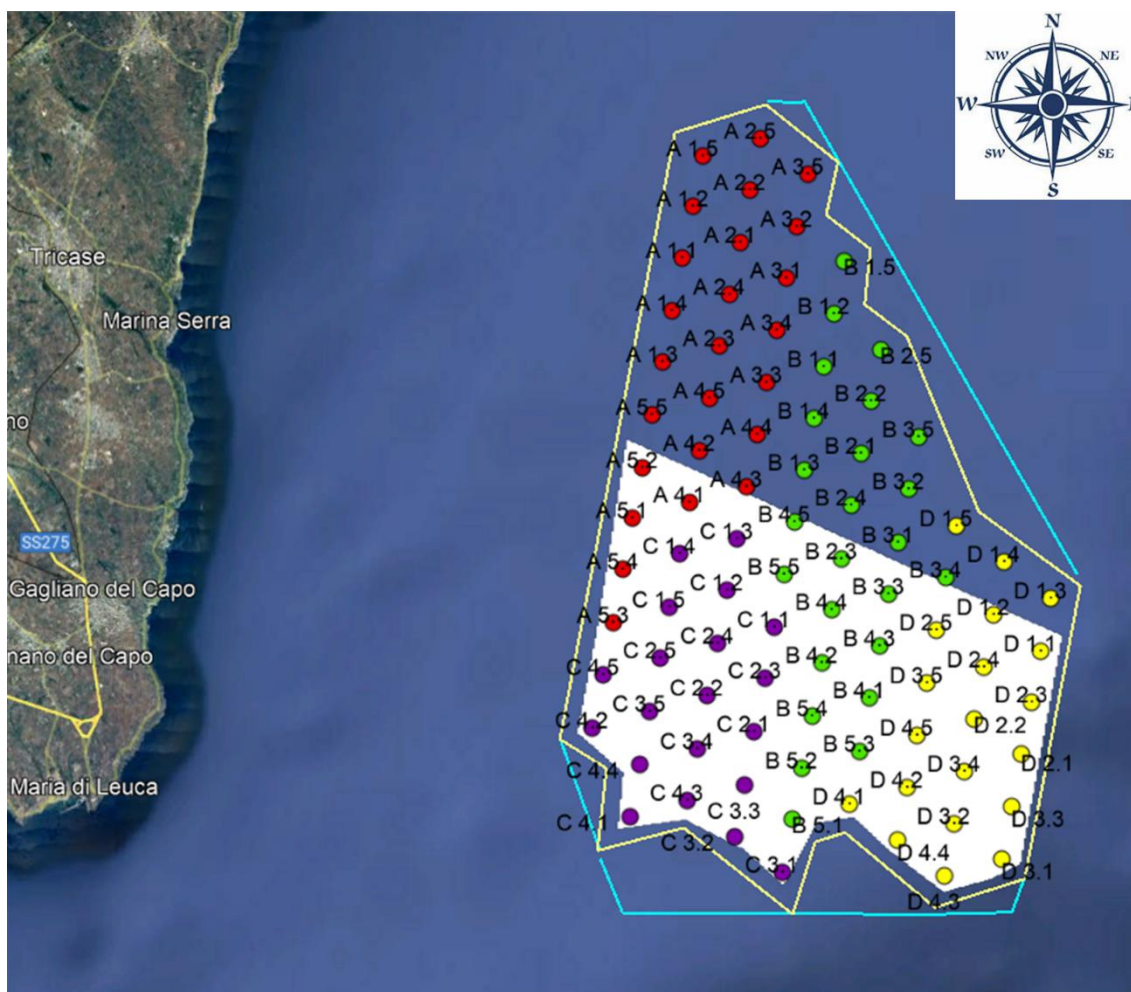


Figura 4-6: Aerogeneratori con cui è possibile l'interazione da parte delle navi quando percorrono il tratto 2

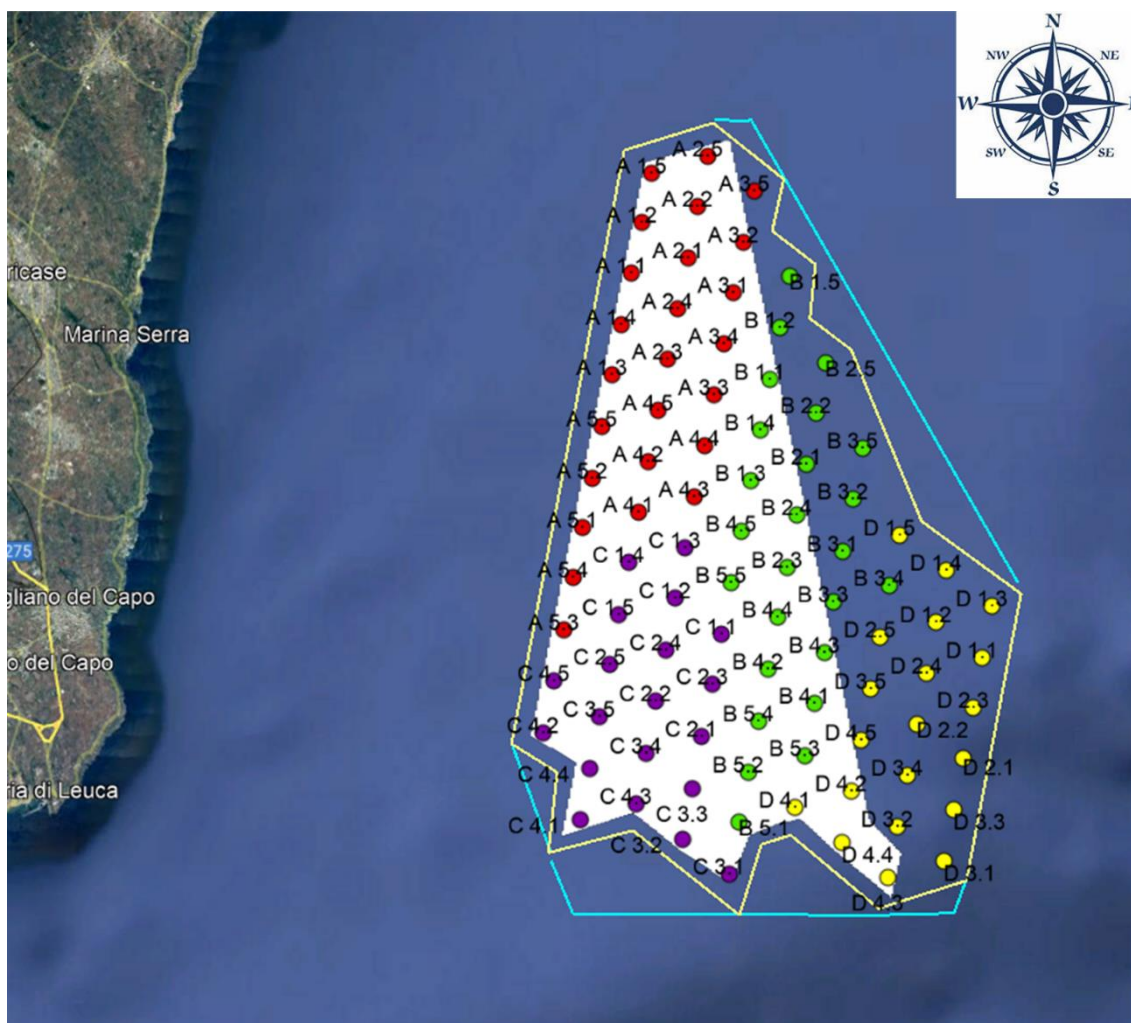


Figura 4-7: Aerogeneratori con cui è possibile l'interazione da parte delle navi quando percorrono il tratto 3

4.2 CAVIDOTTI

- 1) Nella parte prossimale alla costa, per i cavidotti è previsto l'interramento (che si estende per circa 520 m dalla linea di costa); per questa porzione di cavidotti, la possibilità di interazione accidentale con il traffico marittimo è stata considerata trascurabile; la restante parte di cavidotti è stata invece considerata deposta sul fondale marino (risultando quindi completamente esposta ad eventuali interazioni accidentali);
- 2) 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;
- 3) In Figura 2-2 è mostrato l'ingombro dell'insieme dei cavidotti che collegano le due sottozone del parco a terra; vista l'ampiezza dell'ingombro (ovvero la distanza tra i due cavidotti più esterni) essere notevolmente inferiore rispetto all'estensione di una delle qualsiasi rotte intersecanti, 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;
- 4) Sulla base delle ipotesi fatte relativamente alla redistribuzione del traffico marittimo (vedi paragrafo 4.1), si osserva che il cavidotto non sarà esposto a rischio di interazione con navi di classe GRT 3, 4, 5, 6;
- 5) Visto l'ingombro del parco eolico e sulla base delle ipotesi ai punti 7 e 8 dell'elenco al paragrafo 4.1, è ragionevole assumere che le navi intersecheranno il cavidotto solo in una sua parte; come da Figura 4-8, ipotizzando che le rotte siano addensate vicino alla costa e che percorreranno il tratto 4 parallelamente al parco eolico, è ragionevole pensare che in fase di approccio o uscita del tratto 4, le navi intersecheranno il cavidotto per una porzione limitata della sua lunghezza; in particolare, è ragionevole assumere che sarà intersecata la porzione riportata in figura; la lunghezza della porzioni interessata dall'intersezione è di circa 11 km. In mancanza di informazioni più di dettaglio, le rotte calcolate per le classi GRT 1 e 2 intersecanti LDC1 (vedi Figura 4-1) sono state uniformemente distribuite sulla porzione di cavidotti sopradescritta; la restante parte di cavidotti è pertanto ipotizzabile non essere esposta ad alcun rischio di interazione con il traffico marittimo;
- 6) Trattandosi di cavidotti deposti sul fondale marino, è ragionevole assumere che ogni tipo di interazione possa essere tale da portare alla rottura del cavo;
- 7) 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;
- 8) 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;

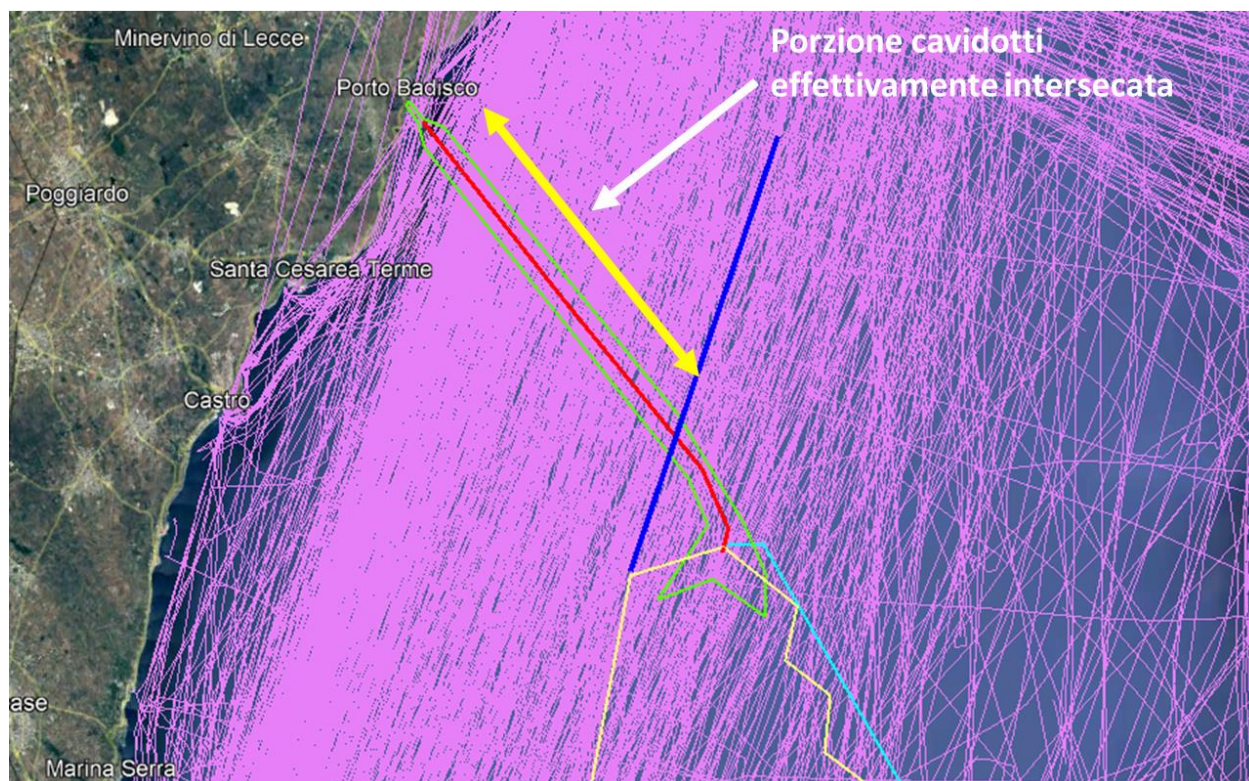


Figura 4-8: Identificazione della porzione dei cavidotti (ca 11 km) che effettivamente potrebbe essere esposta al rischio di interazione con il traffico marittimo

5 RISULTATI

5.1 TRAFFICO MARITTIMO

L'analisi del traffico marittimo nell'area prevista per il parco eolico Lecce Odra Energia è stata effettuata sulla base dell'elaborazione dei dati di traffico navale rilevato dai tracciati AIS e condotta su un'area di circa 3300 km² centrata sulla posizione del parco.

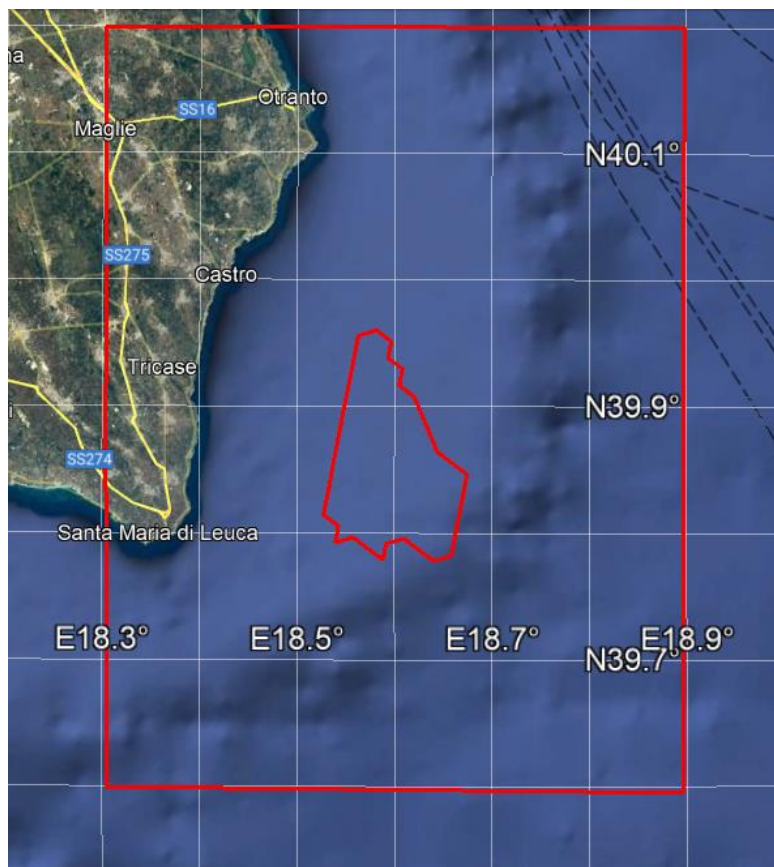


Figura 5-1: Identificazione dell'area di interesse

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

É 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 3 % delle rotte calcolate non sono risultate utilizzabili.

Da Tabella 5-2 si può osservare come la maggior parte del traffico marittimo relativo ad una singola classe GRT sia costituito da navi di classe medio grande (GRT 4 – 28 %); navi di classe GRT 2, GRT 3 e GRT 5 sono presenti in percentuale analoga (ca 15 % per ciascuna classe); con il 6.7 %, le navi di grossa stazza (GRT 6) costituiscono la quota parte inferiore del traffico marittimo nell'area di interesse. In totale sono state calcolate 18144 rotte utilizzabili.

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

Classe GRT	# rotte	# rotte [%]
GRT 1	3590	19.8
GRT 2	2941	16.2
GRT 3	2577	14.2
GRT 4	5099	28.1
GRT 5	2194	12.1
GRT 6	1209	6.7
NULL	534	2.9
TOTAL	18144	100

Per dare un'ulteriore rappresentazione del traffico marittimo nell'area, Tabella 5-3 riporta la distribuzione del traffico rispetto alla tipologia di imbarcazioni. Come si può osservare, la percentuale massima del traffico è costituita da general cargo (20 %); il 12 % del traffico è costituito da navi di tipo Oil/Chemical Tanker, mentre il 40 % ca è costituito in parti uguali da navi di tipo Bulk carrier, Sailing vessel, Container Ship e Ro-Ro Cargo. Mentre, le rotte calcolate relative alle navi per la pesca a strascico sono risultate essere in numero esiguo, 4 sulle 18144 totali. In Tabella, il colore verde indica un numero di rotte inferiore a 100, l'arancione un numero di rotte calcolate tra 100 e 1000 e il rosso 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
Air Cushion Vessel	2	Grab Hopper Dredger	1	Pollution Control Vessel	21
Anchor Handling Vessel	6	Heavy Lift Vessel	2	Port Tender	1
Articulated Pusher Tug	44	Heavy Load Carrier	51	Pusher Tug	72
Asphalt/Bitumen Tanker	16	High Speed Craft	16	Reefer	14
Bulk Carrier	1773	Hopper Barge	2	Research/Survey Vessel	22
Cable Layer	1	Hopper Dredger	9	Ro-Ro Cargo	1702
Cargo	49	Houseboat	8	Ro-Ro/Container Carrier	51
Cargo Barge	1	Livestock Carrier	48	Ro-Ro/Passenger Ship	93
Cargo/Containership	110	LNG Tanker	114	Sailing Vessel	1674
Cement Carrier	161	LPG Tanker	564	Salvage/Rescue Vessel	2
Chemical Tanker	120	Military Ops	10	SAR	1
CO2 Tanker	8	Motor Hopper	7	Special Vessel	10
Container Ship	1311	Offshore Construction Vessel	1	Supply Vessel	15
Crew Boat	1	Offshore Supply Ship	109	Tanker	56
Crude Oil Tanker	662	Oil Products Tanker	70	Trawler	4
Deck Cargo Ship	4	Oil/Chemical Tanker	2282	Tug	94
Diving Support Vessel	2	Ore Carrier	2	Unspecified	56
Dredger	3	Other	173	Utility Vessel	6
Edible Oil Tanker	3	Pallet Carrier	1	Vehicles Carrier	502
Fire Fighting Vessel	4	Passenger	141	Water Tanker	3
Fish Carrier	17	Passenger Ship	509	Wine Tanker	1
Fishing	567	Pilot Vessel	3	Wing In Grnd	3
Fishing Vessel	2	Pipe Layer	1	Yacht	362
Floating Storage/Production	2	Pipelay Crane Vessel	2		
General Cargo	3617	Pleasure Craft	767		

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 a due principali corridoi di traffico lungo cui le rotte sono state assunte disporsi una volta che il parco eolico sarà installato. In particolare, il traffico marittimo è stato previsto disporsi parallelamente al lato Ovest ed Est del parco eolico:

- ✓ corridoio 1, ad Est del parco, costituito da tre differenti tratti (aventi differente orientazione (tratto 1, 2, 3 in Figura 4-1)
- ✓ corridoio 2, ad Ovest del parco, costituito dal tratto 4 in Figura 4-1

È stato assunto che i due corridoi sopracitati avranno ampiezza pari a

- ✓ 10 nm per il corridoio 1
- ✓ 6 nm ca per il corridoio 2 (dal parco fino alla costa)

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 punto 10 dell'elenco al paragrafo 4.1.

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

- ✓ 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

Per quegli aerogeneratori la cui frequenza interazione è risultata essere $< 10^{-7}$ interazioni/anno, il valore non è stato riportato in quanto ritenuto trascurabile.

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

Aerogeneratore	Frequenza interazione complessiva (int/anno)	Aerogeneratore	Frequenza interazione complessiva (int/anno)	Aerogeneratore	Frequenza interazione complessiva (int/anno)
A1.1	4.50E-05	B2.1	1.41E-06	C3.1	7.70E-05
A1.2	4.51E-05	B2.2	4.53E-06	C3.2	2.08E-05
A1.3	4.50E-05	B2.3	1.17E-07	C3.3	3.12E-06
A1.4	4.50E-05	B2.4	4.77E-07	C3.4	8.05E-07
A1.5	4.55E-05	B2.5	1.20E-05	C3.5	2.07E-06
A2.1	6.39E-06	B3.1	1.41E-06	C4.1	1.51E-05

Relazione di valutazione del rischio legato alla navigazione

A2.2	6.39E-06	B3.2	4.53E-06	C4.2	4.54E-05
A2.3	6.39E-06	B3.3	4.77E-07	C4.3	6.54E-06
A2.4	6.39E-06	B3.4	4.53E-06	C4.4	3.38E-06
A2.5	6.39E-06	B3.5	1.20E-05	C4.5	4.50E-05
A3.1	1.20E-05	B4.1	3.23E-07	D1.1	8.67E-05
A3.2	1.20E-05	B4.2		D1.2	3.82E-05
A3.3	1.20E-05	B4.3	3.23E-07	D1.3	8.67E-05
A3.4	1.20E-05	B4.4		D1.4	3.82E-05
A3.5	1.20E-05	B4.5		D1.5	3.82E-05
A4.1	6.39E-06	B5.1	1.32E-05	D2.1	8.67E-05
A4.2	6.39E-06	B5.2	1.52E-06	D2.2	2.08E-05
A4.3	1.20E-05	B5.3	7.81E-07	D2.3	8.67E-05
A4.4	1.20E-05	B5.4	2.10E-07	D2.4	2.08E-05
A4.5	6.39E-06	B5.5		D2.5	2.55E-06
A5.1	4.50E-05	C1.1		D3.1	8.67E-05
A5.2	4.50E-05	C1.2		D3.2	2.08E-05
A5.3	4.50E-05	C1.3		D3.3	8.67E-05
A5.4	4.50E-05	C1.4	1.86E-06	D3.4	2.08E-05
A5.5	4.50E-05	C1.5	1.86E-06	D3.5	2.55E-06
B1.1	1.41E-06	C2.1	3.93E-07	D4.1	6.52E-06
B1.2	4.53E-06	C2.2	1.06E-07	D4.2	3.12E-06
B1.3	1.17E-07	C2.3		D4.3	7.70E-05
B1.4	4.77E-07	C2.4		D4.4	2.08E-05
B1.5	1.20E-05	C2.5	1.88E-06	D4.5	2.55E-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 due corridoi. 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

Aerogeneratore	% frequenza interazione complessiva classe GRT 1	% frequenza interazione complessiva classe GRT 2	% frequenza interazione complessiva classe GRT 3	% frequenza interazione complessiva classe GRT 4	% frequenza interazione complessiva classe GRT 5	% frequenza interazione complessiva classe GRT 6
A1.1	38%	62%	0%	0%	0%	0%
A1.2	38%	62%	0%	0%	0%	0%
A1.3	38%	62%	0%	0%	0%	0%
A1.4	38%	62%	0%	0%	0%	0%
A1.5	38%	62%	0%	0%	0%	0%
A2.1	15%	20%	18%	32%	10%	6%
A2.2	15%	20%	18%	32%	10%	6%
A2.3	15%	20%	18%	32%	10%	6%
A2.4	15%	20%	18%	32%	10%	6%
A2.5	15%	20%	18%	32%	10%	6%
A3.1	6%	2%	25%	45%	14%	8%
A3.2	6%	2%	25%	45%	14%	8%
A3.3	6%	2%	25%	45%	14%	8%
A3.4	6%	2%	25%	45%	14%	8%
A3.5	6%	2%	25%	45%	14%	8%
A4.1	15%	20%	18%	32%	10%	6%
A4.2	15%	20%	18%	32%	10%	6%
A4.3	6%	2%	25%	45%	14%	8%
A4.4	6%	2%	25%	45%	14%	8%
A4.5	15%	20%	18%	32%	10%	6%
A5.1	38%	62%	0%	0%	0%	0%
A5.2	38%	62%	0%	0%	0%	0%
A5.3	38%	62%	0%	0%	0%	0%
A5.4	38%	62%	0%	0%	0%	0%
A5.5	38%	62%	0%	0%	0%	0%
B1.1	6%	2%	25%	45%	14%	8%
B1.2	6%	2%	25%	45%	14%	8%
B1.3	6%	2%	25%	45%	14%	8%

Relazione di valutazione del rischio legato alla navigazione

B1.4	6%	2%	25%	45%	14%	8%
B1.5	6%	2%	25%	45%	14%	8%
B2.1	6%	2%	25%	45%	14%	8%
B2.2	6%	2%	25%	45%	14%	8%
B2.3	6%	2%	25%	45%	14%	8%
B2.4	6%	2%	25%	45%	14%	8%
B2.5	6%	2%	25%	45%	14%	8%
B3.1	6%	2%	25%	45%	14%	8%
B3.2	6%	2%	25%	45%	14%	8%
B3.3	6%	2%	25%	45%	14%	8%
B3.4	6%	2%	25%	45%	14%	8%
B3.5	6%	2%	25%	45%	14%	8%
B4.1	6%	2%	25%	45%	14%	8%
B4.2	6%	2%	25%	45%	14%	8%
B4.3	6%	2%	25%	45%	14%	8%
B4.4	6%	2%	25%	45%	14%	8%
B4.5	6%	2%	25%	45%	14%	8%
B5.1	6%	2%	25%	45%	14%	8%
B5.2	6%	2%	25%	45%	14%	8%
B5.3	6%	2%	25%	45%	14%	8%
B5.4	6%	2%	25%	45%	14%	8%
B5.5	6%	2%	25%	45%	14%	8%
C1.1	7%	5%	24%	43%	13%	8%
C1.2	38%	62%	0%	0%	0%	0%
C1.3	35%	58%	2%	3%	1%	1%
C1.4	38%	62%	0%	0%	0%	0%
C1.5	38%	62%	0%	0%	0%	0%
C2.1	6%	2%	25%	45%	14%	8%
C2.2	13%	16%	19%	35%	11%	6%
C2.3	6%	2%	25%	45%	14%	8%
C2.4	38%	62%	0%	0%	0%	0%
C2.5	38%	62%	0%	0%	0%	0%
C3.1	6%	2%	25%	45%	14%	8%
C3.2	6%	2%	25%	45%	14%	8%
C3.3	6%	2%	25%	45%	14%	8%
C3.4	7%	4%	24%	44%	13%	8%
C3.5	35%	56%	3%	5%	1%	1%
C4.1	10%	10%	22%	39%	12%	7%
C4.2	38%	62%	0%	0%	0%	0%
C4.3	6%	2%	25%	45%	14%	8%
C4.4	24%	35%	11%	20%	6%	4%
C4.5	38%	62%	0%	0%	0%	0%

D1.1	6%	2%	25%	45%	14%	8%
D1.2	6%	2%	25%	45%	14%	8%
D1.3	6%	2%	25%	45%	14%	8%
D1.4	6%	2%	25%	45%	14%	8%
D1.5	6%	2%	25%	45%	14%	8%
D2.1	6%	2%	25%	45%	14%	8%
D2.2	6%	2%	25%	45%	14%	8%
D2.3	6%	2%	25%	45%	14%	8%
D2.4	6%	2%	25%	45%	14%	8%
D2.5	6%	2%	25%	45%	14%	8%
D3.1	6%	2%	25%	45%	14%	8%
D3.2	6%	2%	25%	45%	14%	8%
D3.3	6%	2%	25%	45%	14%	8%
D3.4	6%	2%	25%	45%	14%	8%
D3.5	6%	2%	25%	45%	14%	8%
D4.1	6%	2%	25%	45%	14%	8%
D4.2	6%	2%	25%	45%	14%	8%
D4.3	6%	2%	25%	45%	14%	8%
D4.4	6%	2%	25%	45%	14%	8%
D4.5	6%	2%	25%	45%	14%	8%

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

- ✓ Per 9 aerogeneratori (10 % del totale), la frequenza di impatto è $<10^{-7}$ e quindi trascurabile
- ✓ Per 12 aerogeneratori (13 % del totale), la frequenza di interazione è nell'ordine di 10^{-7} interazioni/anno
- ✓ Per 28 aerogeneratori (31 % del totale), la frequenza di interazione è nell'ordine di 10^{-6} interazioni/anno
- ✓ Per 41 aerogeneratori (46 % del totale), la frequenza di interazione è nell'ordine di 10^{-5} interazioni/anno
- ✓ Per 61 aerogeneratori (A3.1-A3.5, A4.3, A4.4, B1.1-C1.1, C2.1, C2.3, C3.1-C3.4, C4.1, C4.3, D1.1-D4.5), la frequenza di interazione è stata calcolata per lo più ($\geq 60\%$) con rotte di navi di grossa stazza (classe di stazza GRT 4, GRT 5 e GRT 6); come conseguenza a questi impatti, è ragionevole attendersi danni di una certa entità agli aerogeneratori;
- ✓ Per 20 dei 90 aerogeneratori (A1.1-A1.5, A5.1-A5.5, C1.2-C1.5, C2.4, C2.5, C3.5, C4.2, C4.4, C4.5) sono stati calcolate interazioni per lo più ($\geq 60\%$) con rotte di navi di piccola stazza (classe di stazza GRT 1, GRT 2 e GRT 3); per questi aerogeneratori è ragionevole aspettarsi danni di entità limitata;

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 al punto 3 dell'elenco 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.

Circa la redistribuzione del traffico intersecante la zona prevista per il parco eolico, è opportuno ribadire che le rotte intersecanti il parco eolico, che sono state ipotizzate collocarsi nel corridoio tra il parco e terra, sono solo quelle di classe di stazza piccola (GRT 1 e GRT 2); le motivazioni di questa assunzione sono riportate al punto 3 dell'elenco al paragrafo 4.1.

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. Infatti, da un lato (verso costa) è presente la porzione interrata, mentre verso il parco è stato assunto che il traffico si canalizzi su di una porzione ridotta del cavidotto. La motivazione è dettagliata al punto 5 dell'elenco al paragrafo 4.2.

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 ancore (ev / km / anno)	Frequenza interazione con caduta container (ev / km / anno)	Frequenza interazione con navi da pesca a strascico (ev / km / anno)
0 (Lato Ovest)	8.24E-07	3.68E-07	1.80E-07	0
1	8.27E-07	3.67E-07	1.73E-07	0
2	8.33E-07	3.70E-07	1.88E-07	0
3	8.36E-07	3.73E-07	1.86E-07	1
4	8.56E-07	3.69E-07	1.95E-07	0
5	8.29E-07	3.68E-07	1.76E-07	0
6	8.32E-07	3.69E-07	1.81E-07	0
7	8.36E-07	3.70E-07	1.83E-07	1
8	8.32E-07	3.72E-07	1.92E-07	0
9	8.31E-07	3.91E-07	1.91E-07	0
10	8.30E-07	3.71E-07	1.87E-07	0
11 (Lato Est)	8.26E-07	3.59E-07	1.75E-07	0

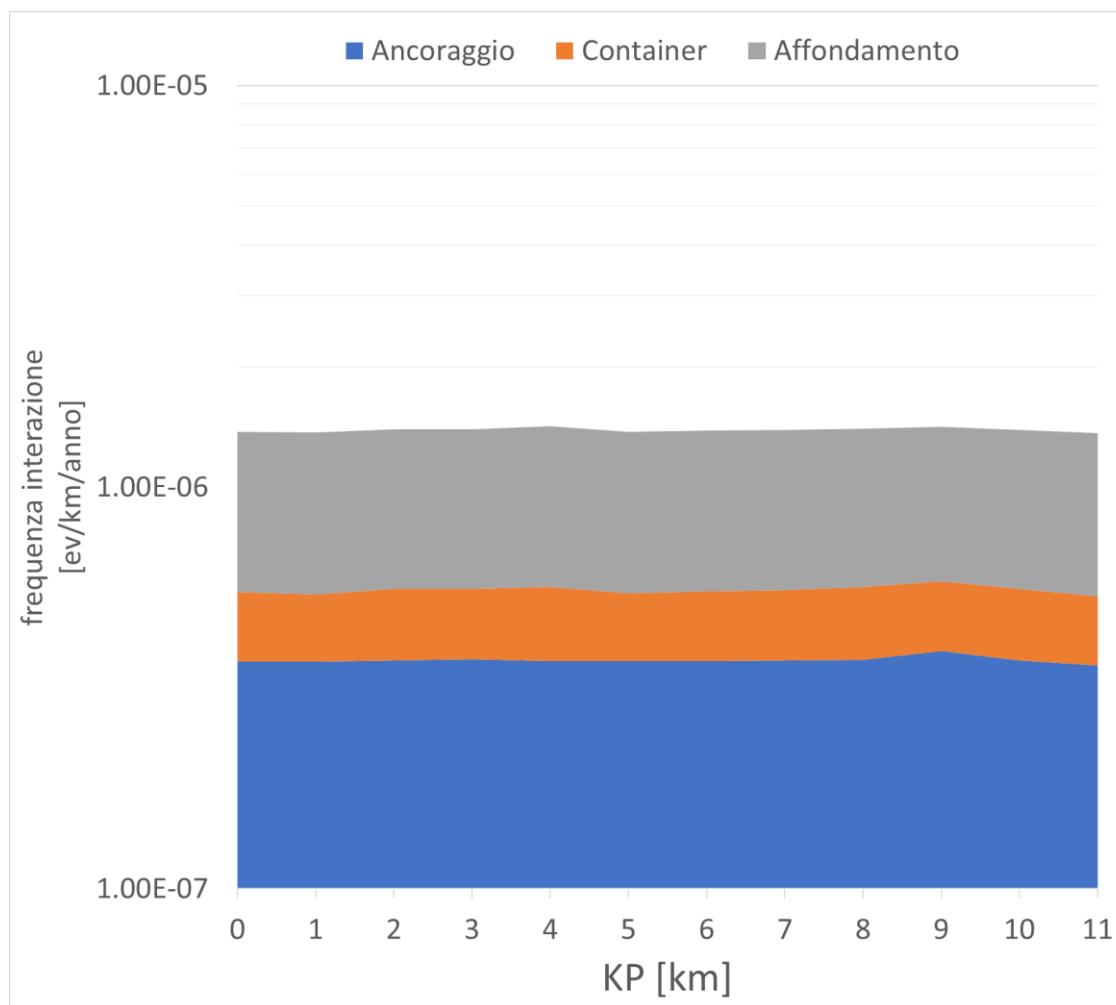


Figura 5-2: Frequenza interazione con cavidotti per ciascun contributo legato al traffico marittimo, caratterizzato per KP di cavidotto

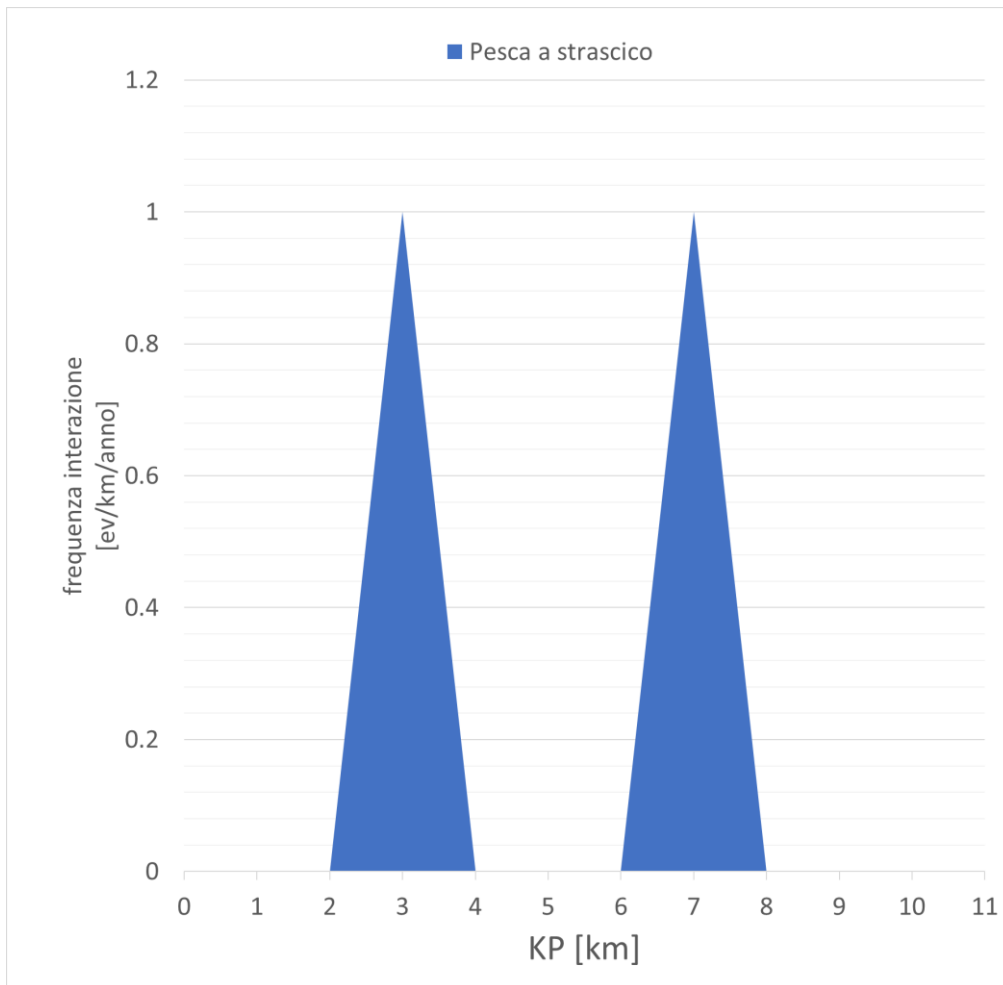


Figura 5-3: Frequenza interazione con cavidotti per imbarcazioni adibite alla pesca a strascico, caratterizzato per KP di cavidotto

Dall'analisi dei risultati è possibile osservare che:

- ✓ per tutti i KP del cavidotto, affondamento, caduta container e ancoraggio comportano un rischio analogo (odg 10^{-7} eventi / km / anno); delle tre cause, l'affondamento costituisce la causa principale;
- ✓ per tutti i KP del cavidotto, la pesca a strascico costituisce un problema trascurabile in quanto soltanto due rotte sono state calcolate intersecare il cavidotto durante l'intero anno 2019.

Grazie a quanto ragionevolmente assunto ai punti 6 e 7 dell'elenco al paragrafo 4.2, 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.

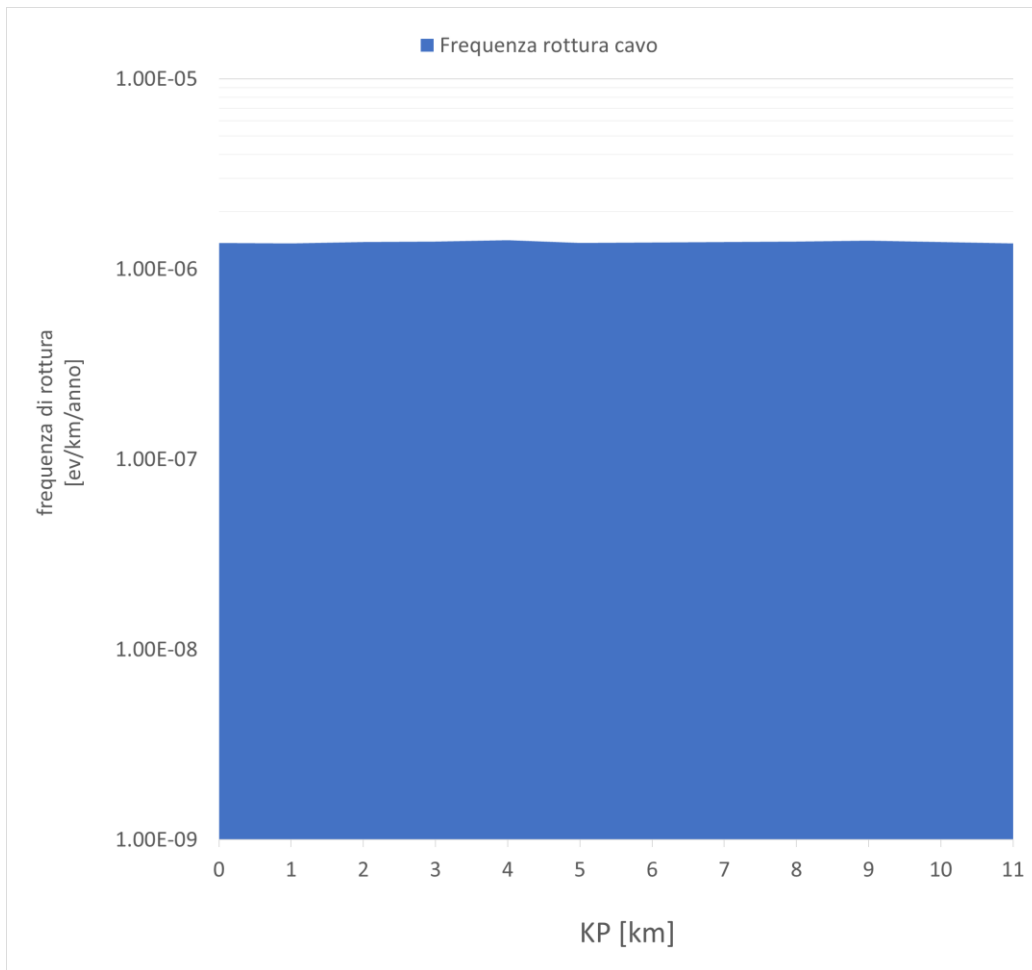


Figura 5-4: Frequenza di rottura del cavidotto legato al traffico marittimo, caratterizzato per KP di cavidotto

Pertanto, è possibile osservare che il cavidotto ha una frequenza attesa di rottura che è sostanzialmente costante per tutti i KP del suo percorso, andando da un minimo di $1.36 \cdot 10^{-6}$ eventi / km / anno (KP = 11) ad un massimo di $1.42 \cdot 10^{-6}$ eventi / km / anno (KP = 4); in totale, la frequenza di rottura attesa del cavidotto è pari a $1.66 \cdot 10^{-5}$ eventi / km / anno.

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 al paragrafo 4.24.1.

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 (in particolare A1.1-A1.5, A3.1-A3.5, A4.3, A4.4, A5.1-B1.5, B2.5, B3.5, B5.1, C3.1, C3.2, C4.1, C4.2, C4.5, D1.1-D2.4, D3.1-D3.4, D4.3, D4.4) può essere opportuno l'impiego di eventuali misure di mitigazione al fine di ridurre ulteriormente la frequenza di interazione calcolata, che tuttavia risulta essere già ridotta (ordine di grandezza 10^{-5} interazioni annue)

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. Tuttavia, è opportuno osservare che se anche la profondità di interrimento risultasse sufficiente da isolare i cavi da eventuali impatti con ancore e container, si otterrebbe comunque una riduzione della frequenza di interazione non significativa, rimanendo nell'ordine di grandezza di 10^{-6} eventi / km / anno data dalla frequenza di interazione calcolata rispetto a navi in affondamento.

CCO01/MAP/GMU:cco01

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>
- [7] Relazione descrittiva delle soluzioni di ancoraggio e ormeggio (P0025305-2-LCC-H15_R00)
- [8] Marine traffic: <https://www.marinetraffic.com/en>



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.