

ALLEGATO I.11
ANALISI DELLE FREQUENZE DELL'EVENTO DI IMPATTO DI UNA NAVE AL
PONTILE SOLVADA

ALLEGATO I.11 VARIANTE PROGETTO ROSIGNANO FREQUENZE DI COLLISIONE NAVI

1 SCOPO DEL LAVORO

Questo documento, sviluppato all'interno del NOF per il Terminale GNL di Rosignano, presenta la valutazione delle frequenze di collisione delle navi con il pontile esistente e con l'estensione di prevista realizzazione a servizio del nuovo terminale.

In particolare l'analisi fa riferimento alla valutazione delle frequenze degli scenari incidentali esterni legati alla presenza del pontile Solvada ampliato per consentire l'accosto e lo scarico delle navi metaniere a servizio del terminale Edison.

Viene data anche indicazione della frequenza associata alla possibilità di rottura totale (a ghigliottina) della tubazione di trasporto GNL a seguito di tali eventi incidentali.

Il presente documento è così organizzato:

- il Capitolo 2 presenta la definizione degli scenari incidentali;
- il Capitolo 3 riassume i dati utilizzati nell'analisi;
- il Capitolo 4 riporta la valutazione delle frequenze incidentali;
- il Capitolo 5 riporta indicazioni relative alla possibilità di rottura totale (a ghigliottina) della tubazione recante metano a seguito di tali eventi incidentali;
- il Capitolo 6, infine, presenta la sintesi dei risultati, le conclusioni e le raccomandazioni.

2 DEFINIZIONE SCENARI INCIDENTALI ESTERNI

I possibili scenari incidentali presi in considerazione nell'analisi sono le collisioni tra il pontile e:

- i mezzi di flotta di transito (commerciali e passeggeri);
- i mezzi dedicati (etileniere, metaniere e bettoline);
- i mezzi di assistenza all'ormeggio dei mezzi dedicati;
- i pescherecci;
- le imbarcazioni da diporto.

In particolare interessa identificare le condizioni che possano portare alla rottura della tubazione di GNL, presente sul pontile, a seguito dell'urto. Dalle tipologie di imbarcazioni sopra citate possono escludersi i mezzi per l'assistenza all'ormeggio e le imbarcazioni da diporto poiché non hanno l'altezza necessaria per urtare contro la tubazione, o l'energia sufficiente per provocare urti tali da compromettere le strutture di protezione e l'integrità della tubazione.

3 DATI ASSUNTI NELL'ANALISI

L'analisi di sicurezza per eventi esterni è stata condotta sulla base dei dati presentati nel seguito. La metodologia di analisi e i dati utilizzati sono coerenti con quanto presentato nel Rapporto di Sicurezza presentato dalla società INEOS nel 2010.

3.1 LOCALIZZAZIONE E DIMENSIONI PRINCIPALI DEL PONTILE

Il pontile considerato nello sviluppo dell'analisi consiste nell'ampliamento dell'esistente pontile "Solvada" localizzato presso il sito industriale Solvay di Rosignano (LI). L'ampliamento è necessario per permettere l'accosto delle navi metaniere destinate al terminale Edison.

L'esistente pontile Solvada, situato ad una distanza di circa 20 chilometri da Livorno (a Nord) e di 48 da Piombino (a Sud), si estende quasi ortogonale alla costa per circa 1,700 metri ed è destinato all'accosto delle navi etilene relative al Terminale Etilene; l'ampliamento, destinato all'accosto delle metaniere relative al nuovo Terminale GNL Edison, consiste nel prolungamento della struttura per circa 430 metri. Rispetto al Nord geografico, pertanto, il lato maggiore del pontile è orientato a 270° in senso orario.

La struttura dell'ampliamento avrà le stesse caratteristiche tipologiche del pontile esistente.

3.2 TRAFFICO MARITTIMO, COMMERCIALE E PASSEGGERI

Il traffico commerciale e passeggeri relativo alla zona di mare prossima al terminale GNL è fortemente correlato al traffico dei porti dell'Alto Tirreno, e in particolare al porto di Livorno.

La valutazione del traffico medio annuale è stata effettuata sulla base delle informazioni fornite dall'Avvisatore Marittimo di Livorno (2001a, 2001b, 2001c) per tale porto, coerentemente a quanto presentato nel Rapporto di Sicurezza presentato dalla società INEOS nel 2010.

Conservativamente è stato considerato rappresentativo un periodo di 10 giorni di osservazioni effettuate dall'Avvisatore nel mese di Agosto 2001.

Il numero giornaliero medio del periodo esaminato è stato considerato rappresentativo per tutto l'anno. Tale ipotesi di lavoro conduce ad una stima ampiamente conservativa in quanto il traffico commerciale è sostanzialmente costante durante l'arco dell'anno mentre, nel periodo rappresentativo considerato (1 – 10 Agosto 2001), il traffico passeggeri è notevolmente maggiore rispetto alla media annuale.

Le osservazioni giornaliere effettuate dall'Avvisatore nell'arco di tempo considerato riportano:

- il nome delle navi in entrata e in uscita;
- il tipo e le dimensioni delle navi in entrata e in uscita;
- la provenienza e la destinazione delle navi.

Per lo studio in oggetto sono state considerate le sole navi che fanno rotta in direzione longitudinale alla penisola italiana e che presumibilmente non oltrepassano ad occidente né la Corsica né la Sardegna (Figura 1): le navi considerate sono tipicamente quelle che si muovono dal porto di Livorno al Sud Italia, all'Adriatico, al Nord Africa, al Mediterraneo Orientale e viceversa.

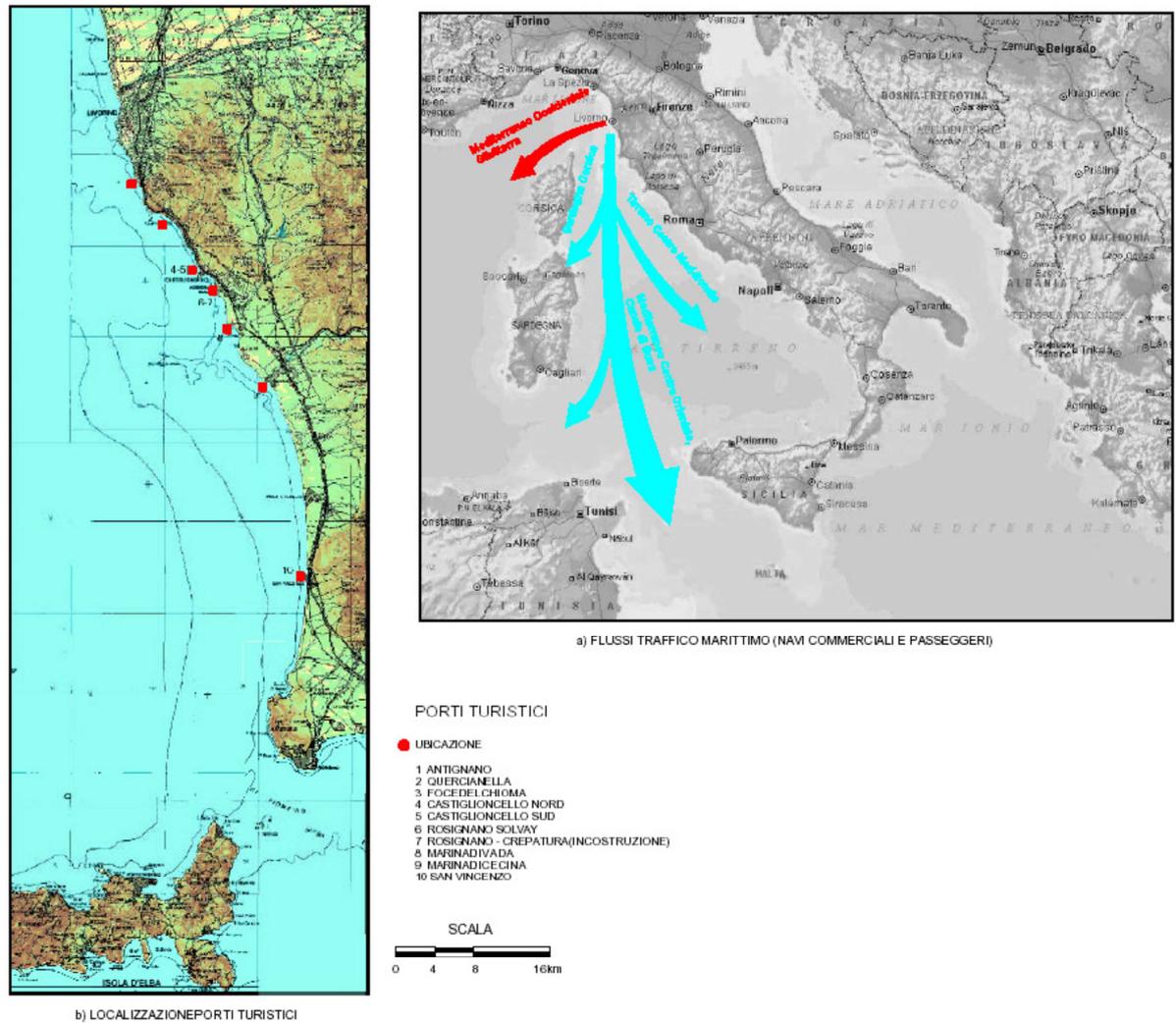


Figura 1: Rotte delle navi considerate

Ai fini dell'urto di imbarcazioni contro il pontile sono stati considerati significativi solamente i transiti che avvengono, mediamente, ad una distanza dalla costa di 3,5 miglia in corrispondenza del pontile. Per distanze maggiori le frequenze incidentali associate assumono valori trascurabili o, comunque, di ordine inferiore.

Poiché non sono disponibili carte con le rotte di navigazione (Avvisatore Marittimo di Livorno, 2001a), sono state effettuate alcune considerazioni in merito alle rotte delle navi, al fine di determinare l'effettiva distanza dalla costa delle navi in transito.

Tali assunzioni considerano che la presenza di un faro posto a circa 4.5 miglia dalla costa in corrispondenza delle Secche di Vada fa sì che la gran parte del traffico, ad esclusione di natanti da diporto di piccolo pescaggio e quindi non significativi ai fini del danneggiamento del Pontile, percorrerà una rotta che lascia il faro verso costa (vedi Figura 2).

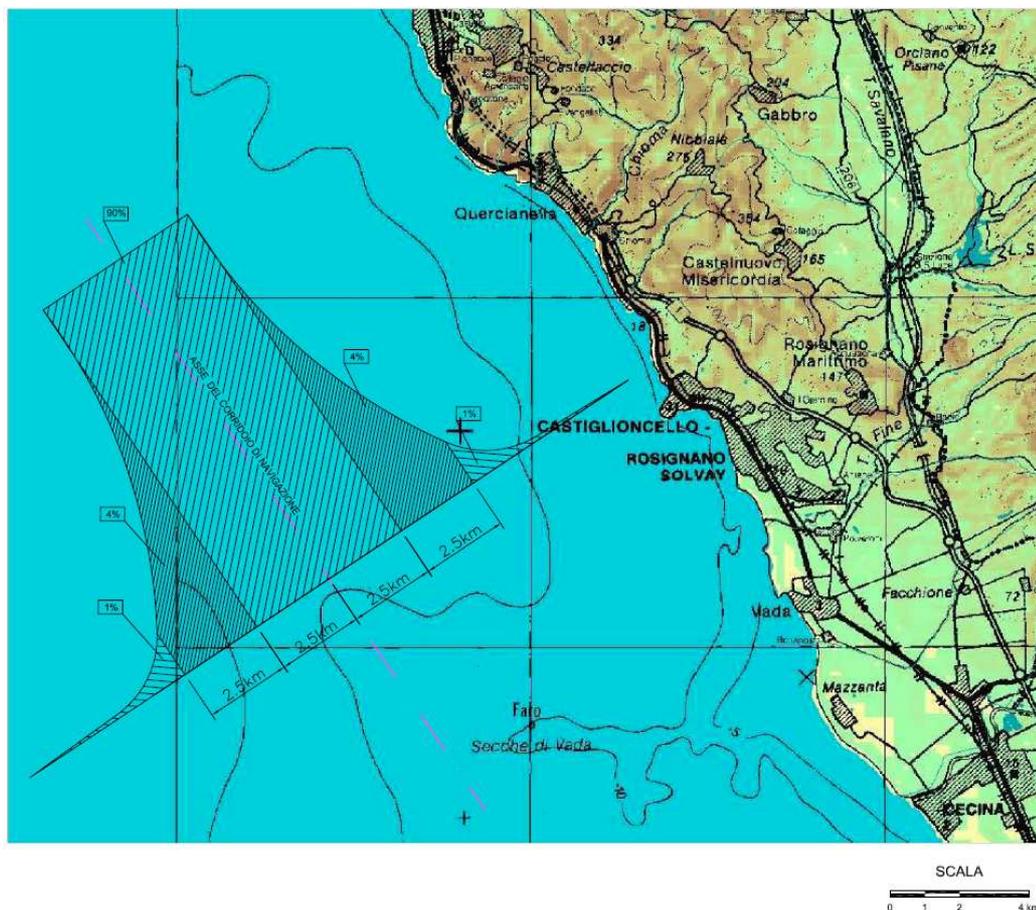


Figura 2: Distribuzione traffico marittimo

Inoltre, ad eccezione delle rotte Livorno - Piombino e Livorno – Portoferraio, le navi in transito dinanzi a Rosignano si mantengono ad una notevole distanza dalla costa (> 5 miglia) in quanto:

- le navi in ingresso/uscita dal porto di Livorno percorrono un tratto di 3.5 miglia ortogonalmente alla costa prima di procedere verso destinazione (Avvisatore Marittimo di Livorno, 2001a);
- il profilo della costa livornese è tale per cui il porto di Livorno è situato alcune miglia più a Ovest di Rosignano;
- le navi dirette/provenienti a Sud dell'isola d'Elba transitano al largo dell'isola stessa, evitando l'attraversamento del trafficato canale (Avvisatore Marittimo di Livorno, 2001a).

Alla luce delle considerazioni sopra esposte sono state effettuate le seguenti ipotesi:

- si è considerato che tutte le navi che percorrono le rotte Livorno - Piombino e Livorno – Portoferraio transitino ad una distanza di almeno 4.5 miglia dalla costa in corrispondenza del pontile (al largo rispetto al faro delle secche di Vada);
- per tutte le altre rotte, si è considerato che solo il 10 % delle navi, a causa di particolari condizioni meteorologiche o altro, transitino a 4.5 miglia di distanza dalla costa in corrispondenza del pontile.

Sulla base delle ipotesi conservative effettuate si è ottenuto un numero annuale di 3019 navi nel tratto di mare dinanzi al pontile.

La distribuzione di tali navi, sulla base di 5 diverse classi definite in Tabella 1, è riportata in Tabella 2.

Tabella 1: Caratteristiche tipo navi

CLASSE NAVE	DIMENSIONE NAVE (dwt)	LARGHEZZA (m)	PESCAGGIO (m)	LUNGHEZZA (m)
1	fino a 1,000	9.7	3.4	61
2	1,000 – 3,000	12.9	4.7	81
3	3,000 – 14,500	17.3	6.8	115
4	14,500 – 80,000	27.9	10.8	195
5	>80,000	43.9	17.2	280

Tabella 2: Traffico navi

CLASSE NAVE	DISTRIBUZIONE (%)	NUMERO NAVI ALL'ANNO	PROBABILITA' DI NON ARENARSI NEI PRESSI DEL PONTILE (PFBi) (1)
1	23	679	1.14 10 ⁻²
2	33	993	9.84 10 ⁻³
3	32	981	6.83 10 ⁻³
4	12	366	4.83 10 ⁻³
5	-	-	-

Nota:

La probabilità valutata per la classe 1 è applicabile anche alle navi da diporto e da pesca.

3.3 TRAFFICO MARITTIMO DEDICATO E DI ASSISTENZA

3.3.1 Traffico Navi Metaniere

L'estensione del pontile è progettata per l'attracco di navi cisterna metaniere di capacità massima pari a circa 140,000 m³.

Si considerano i seguenti traffici di mezzi dedicati (metaniere) e di assistenza (rimorchiatori):

- un traffico annuale di circa 100 metaniere, tipologicamente associate alla classe 5 di stazza (Tabella 1);
- 4 rimorchiatori per metaniera per l'assistenza alle navi cisterna durante le operazioni di accosto, per un totale annuale di 400 rimorchiatori/anno. I rimorchiatori sono associati alla classe 1 di stazza (Tabella 1).

3.3.2 Traffico Navi Etileniere (Solvay)

Le navi etileniere (navi di capacità media pari a circa 4,000 ton), il cui contenuto è destinato al terminale Ineos, continueranno ad attraccare sul molo esistente. Si considera una media di 96 attracchi di navi cisterna etileniere per anno (considerando mediamente 8 navi al mese).

Le navi etileniere non necessitano di rimorchiatori e di assistenza in genere per l'accosto e l'ormeggio e sono state associate tipologicamente alla classe 3 di stazza (Tabella 1).

3.3.3 Traffico Bettoline GNL

Le bettoline sono previste in un numero pari a 35 attracchi l'anno.

Anche queste navi non necessitano di rimorchiatori e di assistenza in genere per l'accosto e l'ormeggio e sono state associate tipologicamente alla classe 3 di stazza (Tabella 1).

3.4 TRAFFICO MARITTIMO DA PESCA E DA DIPORTO

3.4.1 Traffico Imbarcazioni da Pesca

Sulla base dei dati riportati nel Piano Territoriale di Coordinamento (Provincia di Livorno, 1998), il Compartimento Marittimo di Livorno raccoglie il 60% della flotta peschereccia toscana dislocata in 15 porti, i maggiori dei quali sono Livorno e Piombino, in cui sono presenti rispettivamente 126 e 49 imbarcazioni.

Per la valutazione del traffico delle imbarcazioni da pesca nella zona di interesse (con riferimento ad una uscita e ad un rientro giornalieri), si è tenuto conto del fatto che la zona delle Secche di Vada, situate a Sud del Pontile Solvada è interessata da un'intensa attività di pesca lungo tutto l'anno con punte in primavera ed estate; inoltre si sono fatte le seguenti assunzioni, da ritenersi assolutamente cautelative:

- le imbarcazioni provenienti da Piombino e dirette alle Secche di Vada si arresteranno prima di incontrare l'area di localizzazione del Pontile Solvada e, pertanto, non verranno prese in considerazione,
- non tutte le imbarcazioni da pesca presenti nel porto di Livorno faranno rotta verso le Secche di Vada, si assume che il 70% siano dirette altrove;
- si assume che nel 25% delle giornate non vengano effettuate operazioni di pesca a causa di soste programmate.
- il traffico delle imbarcazioni da pesca nella zona in studio è stato valutato con riferimento ad una uscita e un rientro giornalieri di ogni peschereccio.

Il dato giornaliero è, pertanto, di 57 transiti di pescherecci al giorno, corrispondente ad un traffico annuale medio, valutato con riferimento alle assunzioni sopra riportate, di circa 20,805 pescherecci.

Tutti i pescherecci hanno dimensioni inferiori ai 1,000 dwt (Tabella 1), non si ritiene quindi che possano arrecare danni alla condotta GNL presente sul pontile.

3.4.2 Traffico da Diporto

Non esistono registrazioni relative al traffico da diporto. Le uniche informazioni ricavabili sono quelle desumibili dalle pagine azzurre (Portolano, 2001).

Dalle pagine azzurre sono state estratte le pagine relative ai porti e ai porticcioli compresi tra Livorno e Piombino, in particolare i dati relativi ai posti barca disponibili e alle dimensioni massime degli stessi, indici delle dimensioni massime delle imbarcazioni ospitate (Tabella 3).

Tabella 3: Dati posti barca

PORTICCIOLO	POSTI BARCA	
	NUMERO	L max (m)
Antignano	240	9
Quercianella	100	6
Foce del Chioma	42	14
Castiglioncello Nord	70	13
Castiglioncello Sud	60	12
Rosignano Solvay	130	9
Rosignano – Baia di Crepatura	650	12
Marina di Vada	200	10
Marina di Cecina	650	12
San Vincenzo	272	13

In aggiunta ai porti esistenti sono stati considerati anche i posti barca disponibili in futuro nel nuovo porto turistico di Rosignano Solvay, attualmente in fase di realizzazione in prossimità della Baia della Crepatura. La capacità prevista del porto è di 650 posti barca (Regione Toscana, 1992).

Di seguito vengono riportate le assunzioni effettuate sul movimento di tali imbarcazioni con riferimento a singoli transiti, in ingresso o in uscita:

- da Ottobre a Marzo sono stati considerati movimenti giornalieri pari al 2% dei posti barca;
- in Aprile e Maggio sono stati considerati movimenti giornalieri pari al 5% dei posti barca;
- in Giugno e Luglio (da lunedì a venerdì) sono stati considerati movimenti giornalieri pari al 10% dei posti barca;
- in Giugno e Luglio (fine settimana) sono stati considerati movimenti giornalieri pari 15% dei posti barca;
- in Agosto sono stati considerati movimenti giornalieri pari 20% dei posti barca;
- in Settembre (da lunedì a venerdì) sono stati considerati movimenti giornalieri pari al 5% dei posti barca;
- in Settembre (fine settimana) sono stati considerati movimenti giornalieri pari allo 10% dei posti barca.

Considerando i giorni relativi ai singoli mesi, e ipotizzando che un terzo dei movimenti interessi il tratto tra Livorno e Piombino mentre i restanti due terzi siano diretti altrove, il numero totale annuale dei movimenti delle imbarcazioni da diporto per il tratto di interesse risulta pari a 18,314.

Tutte le imbarcazioni da diporto sono state considerate di classe 1 (Tabella 1).

4 VALUTAZIONE DELLE FREQUENZE INCIDENTALI

Le analisi di valutazione delle frequenze di accadimento degli scenari incidentali esterni si basano sull'utilizzo di semplici modelli di simulazione del traffico marittimo. Tali modelli tengono conto dell'effettiva intensità del traffico nell'area, del tempo di esposizione al rischio e dell'effettiva interazione tra soggetto impattante e installazione.

Sono stati analizzati gli scenari incidentali descritti nel seguito:

- collisioni con il pontile di navi di passaggio (cioè non dirette al pontile: navi commerciali, passeggeri, da pesca, da diporto):
 - navi in navigazione,
 - navi alla deriva.

4.1 COLLISIONE NAVI DI PASSAGGIO IN NAVIGAZIONE CON IL PONTILE

La probabilità che avvenga una collisione fra le navi in navigazione (traffico commerciale, passeggeri, da pesca e da diporto) e il pontile è stata valutata secondo la seguente metodologia:

$$F_i = N_i \cdot P_{1i} \cdot P_{FBij} \cdot P_{2i} \cdot P_{3i} \quad (1)$$

dove:

- F_i = frequenza annuale di collisione con il pontile per un “powered vessel” di classe i (occ/anno);
- N_i = numero di navi di classe i transitanti all'anno nel corridoio di navigazione (navi/anno);
- P_{FBij} = probabilità che la nave di classe i riesca a raggiungere il pontile nel tratto j prima di arenarsi a causa dei fondali bassi (vale 1 se il pescaggio della classe ‘ i ’ è inferiore alla profondità minima corrispondente al tratto ‘ j ’, 0 altrimenti);
- P_{1i} = probabilità di essere in rotta di collisione;
- P_{2i} = probabilità di perdita di controllo a bordo della nave quando in rotta di collisione;
- P_{3i} = probabilità di non successo nelle manovre di recupero al fine di evitare l'urto per la nave di classe i .

Il parametro P_{1i} è valutato tramite la seguente espressione (DNV, 2010):

$$P_1 = D \cdot (1/\sqrt{(2 \cdot \prod \delta)}) \cdot e^{-1/2(x/\delta)^2}$$

Nella quale:

- D = diametro di collisione = $W_a + B_{vessel}$, che sono rispettivamente la larghezza apparente della piattaforma e lo spessore della nave;
- δ = deviazione standard;
- x = distanza dal centro della linea all'installazione.

Il corridoio di navigazione considerato, cautelativo (si veda quanto esposto al precedente Paragrafo 3.2), è centrato a circa 10.5 km dalla costa e ha larghezza pari a 5 km (in tale modo si è tenuto conto dell'indicazione data dall'Avvisatore Marittimo di Livorno, 2001a, relativamente al traffico marittimo concentrato prevalentemente oltre le 3.5 miglia dalla costa).

Per la distribuzione delle navi nel corridoio di navigazione sono state formulate le seguenti considerazioni (Figura 2):

- il 90% delle navi sono all'interno del corridoio (5 km) con distribuzione rettangolare;
- il 10% delle navi si trova all'esterno del corridoio (5% per ogni lato) con distribuzione di tipo esponenziale;
- la distribuzione esponenziale è valutata considerando che il 2% del traffico complessivo (1% per ogni lato) è localizzato fuori dal corridoio ad una distanza maggiore di metà della larghezza del corridoio stesso.

I parametri P_2 e P_3 sono stati valutati in relazione ai metodi convenzionali di protezione delle strutture marine contro la collisione (Tabella 5). In questa analisi sono stati assunti i seguenti valori (DNV, 2010):

- $P_2 = 2 \cdot 10^{-4}$
- $P_3 = 1$

Il pontile è localizzato in una zona di medio-bassa profondità del fondale, soprattutto dal lato Sud prospiciente le Secche di Vada.

I bassi fondali che costeggiano il pontile, pertanto, non permettono l'accosto di navi di maggior pescaggio lungo determinati tratti del pontile stesso. Con riferimento alle batimetrie sviluppate per la zona (Solvay, 1974), il pontile e l'area nel suo intorno sono stati suddivisi in sei "zone" j caratterizzate da diverse profondità dei fondali, e quindi da una o più tipologie di classi di navi con pescaggio adatto a raggiungere il pontile. Con riferimento alla distribuzione esponenziale delle navi in navigazione presentata precedentemente e ai pescaggi definiti in Tabella 1, tali zone sono riassunte in Tabella 4.

Tabella 4: Zone di diverso accosto del pontile

PROGRESSIVA PONTILE ⁽¹⁾	LUNGHEZZA SEGMENTO PONTILE	CLASSE NAVE POTENZIALMENTE IMPATTANTE SUL PONTILE ($P_{FBij}=1$) ⁽²⁾
(m)	(m)	
830 - 1410	580	2
1410 - 1690	280	2, 3
1690 - 1940	250	2, 3, 4

> 1940	310	2, 3, 4, 5
--------	-----	------------

Note:

- 1) Progressiva valutata a partire dalla terraferma.
- 2) Le classi sono riferite in Tabella 1.

Il valore “ $f_j \cdot P_{FBij}$ ”, quindi, rappresenta la probabilità che una nave di classe ‘i’ che punta sul pontile ha di raggiungere il pontile stesso.

Il valore assegnato al termine “ $P_{1i} \cdot P_{FBij}$ ” (Tabella 5 e formula (1)) è valutato come di seguito descritto.

Tabella 5: Navi in navigazione

NAVI					
CLASSE NAVI	N	$P_1 \cdot P_{FBij}$	P_2	P_3	F_{pi} (occ/anno)
2	993	$2,9710^{-04}$	$2 \cdot 10^{-4}$	1	$5.91 \cdot 10^{-5}$
3	981	$3.6 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	1	$7.07 \cdot 10^{-5}$
4	366	$4.9 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	1	$3.59 \cdot 10^{-5}$

4.2 COLLISIONE NAVI DI PASSAGGIO ALLA DERIVA CON IL PONTILE

La probabilità che avvenga una collisione fra le navi alla deriva (traffico commerciale, passeggeri, da pesca e da diporto) e il pontile è valutata secondo la metodologia descritta nel seguito.

Lo spazio attorno al pontile viene suddiviso in blocchi e a ciascuno di essi viene associata la probabilità che, in presenza di nave alla deriva, essa venga a trovarsi in rotta di collisione con l’ostacolo. La probabilità di collisione per i “drifting vessels” data da ogni blocco è calcolata secondo la seguente relazione:

$$P_{di} = \sum_j P_{dij} = \sum_j N_{ij} \cdot P_{wj} \cdot P_{fi} \cdot P_{batim} \cdot \frac{D_i}{L_j} \quad (2)$$

dove:

- P_{di} = frequenza annuale di collisione con il pontile per un “drifting vessel” di classe i (occ/anno);
- P_{dij} = frequenza annuale di collisione con il pontile per un “drifting vessel” di classe i posizionato nel blocco j (occ/anno);
- j = blocco considerato intorno al pontile;
- i = classe della nave;
- N_{ij} = numero di navi di classe i nel blocco j (navi/anno);
- P_{wj} = probabilità che il vento spiri dal blocco j nella direzione del pontile;

- P_{fi} = probabilità di rottura del motore della nave di classe i;
 P_{batim} = probabilità che la nave di classe i riesca a raggiungere il pontile prima di arenarsi a causa dei fondali bassi;
 D_i = diametro della collisione (generalmente definito come dimensione planimetrica media del pontile sommata alla dimensione media della nave di classe i);
 L_j = lunghezza del blocco j.

Il corridoio di navigazione è stato considerato centrato a 10.5 chilometri dalla costa (Paragrafo 4.1). Si è fatto riferimento ad una zona di navigazione rettangolare costituita (secondo la metodologia sviluppata da Technica, 1987) da quattro blocchi quadrati di lato L_j pari al doppio della distanza tra la costa e l'asse del corridoio di navigazione ($L_j = 21$ km). Tale zona di navigazione, larga 21 chilometri e lunga 52 chilometri, ha il lato maggiore parallelo alla costa ed è centrata sulla latitudine del pontile. Il numero di navi N_{ij} all'anno è stato considerato conservativamente pari a quello assunto per le varie categorie di navi e uguale per i quattro blocchi.

La probabilità P_{wj} è stata valutata sulla base dei dati ricavati da ENEL (1989) ed è pari 0.0205, 0.0480, 0.0807 e 0.0308 per i quattro blocchi a partire dal blocco meridionale.

In base a (DNV, 2010), e considerando conservativamente che le navi per una velocità media di 10 nodi impiegano circa un'ora a percorrere un blocco j, la probabilità di rottura di un motore è risultata pari a $2 \cdot 10^{-5}$ occ/nave.

Il valore assegnato al parametro P_{batim} è valutato come rapporto tra la lunghezza del segmento del pontile raggiungibile dalla nave di classe i (in funzione del solo pescaggio) e la lunghezza totale del pontile. Nel caso di navi alla deriva, a differenza del caso di navi in transito la cui rotta è prevalentemente contratta sul corridoio di navigazione, si considera che la rotta possa assumere qualunque localizzazione con probabilità uniforme.

Il diametro della collisione D_i , considerata la notevole diversità di dimensioni tra navi ed estensione del pontile, viene assunto pari alla dimensione massima della nave di classe i (Tabella 1).

Il valore D_i/L_j di riferimento è riportato in Tabella 6.

I valori dei principali parametri sono riportati per le diverse classi di navi in Tabella 6.

Tabella 6: Navi alla deriva

PESCHERECCI				
CLASSE NAVI	N	D_i/L_j	P_{batim}	Pd (occ/anno)
1	20,805	0.003	0.883	$3.84 \cdot 10^{-5}$
IMBARCAZIONI DA DIPORTO				
CLASSE NAVI	N	D/L	P_{batim}	Pd (occ/anno)
1	18,314	0.003	0.883	$3.38 \cdot 10^{-5}$
NAVI				
CLASSE NAVI	N	D/L	P_{batim}	Pd (occ/anno)

2	993	0.004	0.667	$9.19 \cdot 10^{-6}$
3	981	0.006	0.394	$7.63 \cdot 10^{-6}$
4	366	0.009	0.263	$3.22 \cdot 10^{-6}$

5 CONSIDERAZIONI SULLA RESISTENZA DELLA TUBAZIONE

Con riferimento alla tubazione contenente GNL, le sue caratteristiche meccaniche e geometriche sono tali da ritenere che un impatto con una nave di classe 2, in navigazione a velocità di crociera (assunta pari a 10 nodi), sia in grado di provocare la rottura della tubazione. In questo studio si è pertanto considerato che si abbia rottura a ghigliottina della tubazione a seguito di urto con navi in navigazione a partire dalla classe 2. Gli urti non vengono conservativamente differenziati tra urti sul lato sud (urto diretto sulla tubazione) e urti sul lato nord del pontile.

Le collisioni dovute alle navi di classe 1 non sono ritenute tali da provocare danni significativi (in particolare la rottura a ghigliottina) alla tubazione.

6 ANALISI DEI RISULTATI

6.1 SINTESI DEI RISULTATI DELLE ANALISI

La Tabella 5 riporta la frequenza annuale di collisione con il pontile per le navi in navigazione suddivise per classe di nave.

La Tabella 6 riporta la frequenza annuale di collisione con il pontile per le navi alla deriva suddivise per classe di nave.

La Tabella 7 riporta, in funzione della classe di nave, la frequenza di impatto delle navi contro la struttura, suddivisa tra navi in navigazione (powered) e navi alla deriva (drifting), considerando solamente le classi ritenute in grado di provocare la rottura della tubazione di trasporto GNL.

Tabella 7: Valore complessivo per classe

Classe	Powered (occ./anno)	Drifting (occ./anno)	Tot. (occ./anno)
2	$5.91 \cdot 10^{-5}$	$9.19 \cdot 10^{-6}$	$6.83 \cdot 10^{-5}$
3	$7.07 \cdot 10^{-5}$	$7.63 \cdot 10^{-6}$	$7.83 \cdot 10^{-5}$
4	$3.59 \cdot 10^{-5}$	$3.22 \cdot 10^{-6}$	$3.91 \cdot 10^{-5}$
Tot	$1.66 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$1.86 \cdot 10^{-4}$

6.2 CONCLUSIONI

L'analisi relativa agli scenari incidentali esterni per il pontile ha evidenziato quanto segue:

- la frequenza attesa di collisione di navi di passaggio tali da far prevedere danni significativi al pontile e alla tubazione di trasporto GNL è dell'ordine di 10^{-4} occ/anno;
- la frequenza attesa di collisione di navi alla deriva tali da far prevedere danni significativi al pontile e alla tubazione di trasporto GNL è dell'ordine di 10^{-5} occ/anno.
- le frequenze totale di collisioni di navi di classi tali da provocare rotture significative della tubazione gas metano sono di un ordine di grandezza pari a 10^{-4} eventi/anno (Tabella 7).

RIFERIMENTI

Avvisatore Marittimo di Livorno, 2001a, Conversazione Telefonica, “Traffico Porto di Livorno”, 21 Settembre 2001, Livorno.

Avvisatore Marittimo di Livorno, 2001b, Listato DB, “Movimento del Porto dalle 6:00 del 31 Luglio 2001 alle 6:00 del 10 Agosto 2001”, Osservatorio Molo Mediceo, Livorno.

Avvisatore Marittimo di Livorno, 2001c, “Legenda Tipo Nave”, 27 Settembre 2001.

D'Appolonia et al., 1996, Rapporto, “ATOMOS II, Safety Assessment: Selection of Relevant Applications”, No. WA-95-SC.205, 20 Dicembre 1996.

DNV, 2010, Risk Assessment of Pipeline Protection

ENEL, 1989, “Caratteristiche Diffusive dei Bassi Strati dell'Atmosfera”, Vol. 8, Toscana.

Portolano, 2001, “Il Portolano dei Mari d'Italia, Pagine Azzurre, On Line”, Nautica Ed. S.r.l.

Provincia di Livorno, 1998, Piano Territoriale di Coordinamento, 27 Novembre 1998.

Regionale Toscana, 1992, “Piano Regionale di Coordinamento dei Porti e degli Approdi Turistici”, Deliberazione del Consiglio Regionale del 27 Maggio 1992.

Solvay, 1974, “Vada, Rilievi Quote del Fondo Marino a Nord-Ovest del Pontile”, Dis. No. R.29408/4.

Solvay, 2003, “Rapporto Integrato di Sicurezza Portuale, ai Sensi D.M. 293 del 16/05/01”.

Technica, 1987, Rapporto, “Risk Assessment of Buoyancy Loss, Project PP4, Assessment of Modu Collision Frequencies”, Londra..