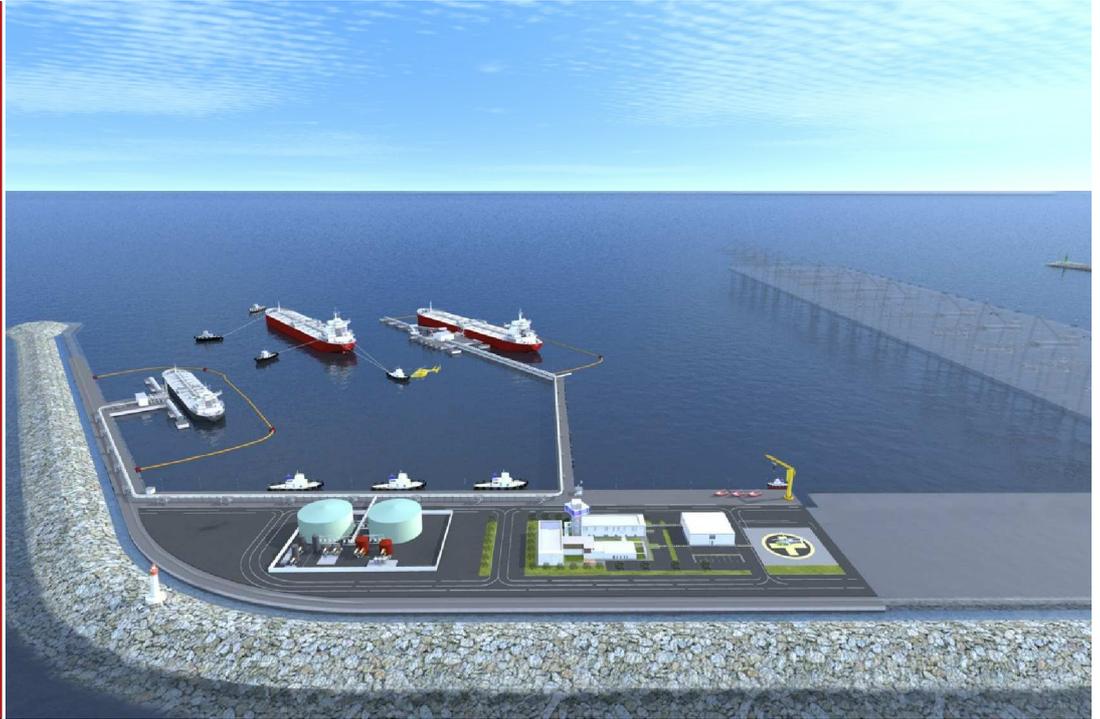
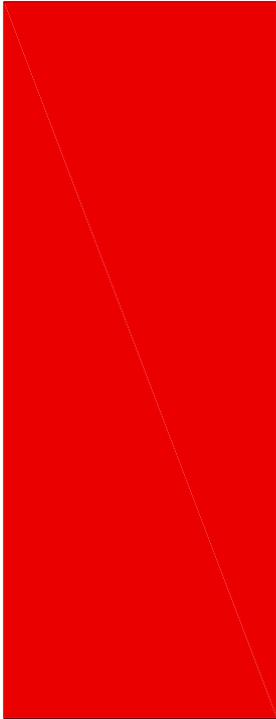




Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE di VENEZIA**



**PROGETTAZIONE  
 GENERALE**

Ing. P. Rossetto  
 Thetis S.p.a.

Ing. G. Zoletto  
 Ing. E. Mantovani  
 S.p.a.

**Nuovi Interventi per la Salvaguardia di Venezia**

Legge 798 del 29-11-1984  
 Convenzione rep. n.7191 del 4-10-1991  
 Atto Attuativo rep. n. 8513 del 27-07-2011 (Progettazione Preliminare)

**TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE  
 AL LARGO DELLA COSTA DI VENEZIA**

**DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO**

**PROGETTO PRELIMINARE**

CUP: D73B11000150001

Progettazione  
 Ambientale e  
 Impiantistica



Progettazione  
 Infrastrutture



Studio di Fattibilità  
**ANALISI DI RISCHIO**

Cod.Elabor.

**B-REL-003**

elaborato

controllato

approvato

Coordinamento alla  
 Progettazione



Consorzio  
 Venezia  
 Nuova

Ing. M. Brotto

**Settembre 2011**

revisione	descrizione	elab.	contr.	appr.

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO PROGETTO PRELIMINARE</b>		
Analisi di rischio		
Settembre 2011	B-REL-003	Rev.0

**TERMINAL PLURIMODALE OFF – SHORE  
al largo della COSTA VENETA**

**DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO**

**ANALISI DI RISCHIO**

Gruppo di progettazione



**TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta  
DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO  
PROGETTO PRELIMINARE**

**Analisi di rischio**

**Settembre 2011**

**B-REL-003**

**Rev.0**

Gruppo di progettazione



<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta  DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO  PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

## INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE E CONCLUSIONI.....</b>	<b>6</b>
1.1	INTRODUZIONE .....	6
1.1.1	Scopo del documento.....	6
1.1.2	Sottosistemi .....	6
1.2	METODOLOGIA DI VALUTAZIONE .....	8
1.3	CONCLUSIONI .....	9
1.3.1	Analisi di Rischio del Terminale .....	9
1.3.2	Confronto tra il Rischio Dovuto a Sversamento nella Situazione Attuale e in quella Futura .....	11
<b>2</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>14</b>
2.1	DEFINIZIONE DEGLI SCENARI INCIDENTALI.....	15
2.2	VALUTAZIONE DELLE FREQUENZE DI ACCADIMENTO .....	16
2.2.1	Terminale Off-shore .....	16
2.2.2	Condotte Sottomarine offshore.....	24
2.2.3	Condotte in laguna.....	29
2.2.4	Stazione di consegna all'isola dei petroli.....	30
2.2.5	Calcolo della Probabilità di Occorrenza degli Scenari Incidentali: .....	30
	Alberi degli Eventi.....	30
2.3	ANALISI DELLE CONSEGUENZE.....	33
2.3.1	Premesse .....	33
2.3.2	Condizioni Meteorologiche .....	33
2.3.3	Calcolo Portate di Rilascio .....	36
2.3.4	Analisi delle Conseguenze.....	36
2.4	DEFINIZIONE DEL LIVELLO DI RISCHIO E ACCETTABILITÀ .....	36
2.4.1	Valori di Riferimento.....	36
2.4.2	Criteri di Accettabilità .....	38

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta          DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO          PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
Settembre 2011	B-REL-003	Rev.0

<b>3</b>	<b>SCENARI INCIDENTALI PER IL TERMINALE OFF-SHORE .....</b>	<b>42</b>
3.1	CONSIDERAZIONI GENERALI.....	42
3.2	CALCOLO FREQUENZE DEGLI EVENTI INCIDENTALI .....	44
3.2.1	Collisione con Nave.....	44
3.2.2	Collisione con Elicottero .....	51
3.2.3	Rottura dei Bracci di Carico .....	52
3.2.4	Perdite da apparecchiature e impianti .....	52
3.3	ANALISI DELLE CONSEGUENZE.....	53
3.3.1	Collisione da Nave.....	53
3.3.2	Rottura Bracci di Carico .....	57
3.3.3	Rottura Tubazioni e apparecchiature .....	63
<b>4</b>	<b>SCENARI INCIDENTALI PER LE CONDOTTE A MARE .....</b>	<b>67</b>
4.1	CONSIDERAZIONI GENERALI.....	67
4.1.1	Impatto con Ancora .....	68
4.1.2	Impatto con Oggetto in Affondamento .....	69
4.1.3	Rottura Random delle Tubazioni .....	70
4.2	ANALISI DELLE CONSEGUENZE.....	70
4.2.1	Impatto con Ancora .....	70
4.2.2	Impatto con Oggetto in Affondamento .....	70
4.2.3	Rottura Random delle Tubazioni .....	71
<b>5</b>	<b>SCENARI INCIDENTALI PER LE CONDOTTE IN LAGUNA.....</b>	<b>74</b>
5.1	CONSIDERAZIONI GENERALI.....	74
5.1.1	Rottura Random delle Tubazioni .....	74
5.1.2	Perdite da valvole .....	77
<b>6</b>	<b>SCENARI INCIDENTALI PER LA STAZIONE DI MARGHERA PRESSO ISOLA DEI PETROLI.....</b>	<b>77</b>
6.1	CONSIDERAZIONI GENERALI.....	77

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta          DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO          PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

6.1.1	Rottura Tubazioni .....	78
6.1.2	Rottura apparecchiature e impianti .....	82
<b>7</b>	<b>VALUTAZIONE DEL RISCHIO.....</b>	<b>87</b>
7.1	TERMINALE .....	89
7.1.1	Impatto con Nave.....	90
7.1.2	Rottura dei Bracci di Carico .....	95
7.1.3	Rottura di apparecchiature e impianti .....	99
7.2	CONDOTTE A MARE .....	103
7.3	CONDOTTE IN LAGUNA.....	107
7.4	STAZIONE MARGHERA E DISTRIBUZIONE FINALE.....	109
7.4.1	Rottura tubazioni .....	109
7.4.2	Rottura di apparecchiature e impianti .....	112

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta  DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO  PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

## **1 INTRODUZIONE E CONCLUSIONI**

### **1.1 INTRODUZIONE**

#### ***1.1.1 Scopo del documento***

Scopo del presente documento è l'analisi preliminare dei rischi inerenti la fase di esercizio del nuovo terminale off-shore progettato per l'estromissione dei traffici petroliferi dalla Laguna di Venezia: il terminale si compone degli accosti con relativi impianti e delle condotte fino al punto di consegna localizzato a Marghera ed è destinato alla movimentazione di greggio, benzina e gasolio.

L'analisi ha determinato su un piano prevalentemente qualitativo le conseguenze che possibili eventi incidentali durante l'esercizio del sistema possono arrecare sulla salute delle persone e sull'ambiente.

Il risultato delle analisi è la verifica preliminare del livello di accettabilità del progetto dal punto di vista della sicurezza per gli operatori, la popolazione e l'ambiente e la definizione di una serie di suggerimenti progettuali atti ad aumentare il livello complessivo di sicurezza. Suggerimenti la cui applicabilità ed efficacia dovrà essere investigata e analizzata nelle successive fasi di sviluppo dell'ingegneria.

#### ***1.1.2 Sottosistemi***

Il progetto "Terminale Off-shore per l'Estromissione del Traffico Petrolifero dalla Laguna di Venezia" può considerarsi suddiviso in quattro sottosistemi principali:

- a) Terminale Off-shore.
- b) Condotte a mare
- c) Condotte in laguna.
- d) Stazione di Marghera (isola dei petroli) e rete di distribuzione finale.

L'analisi dei rischi utilizza in parte dati raccolti o elaborati nel corso del precedente progetto di estromissione dei traffici petroliferi dalla laguna di Venezia, presentato nel 2002, integrati da informazioni specifiche per la nuova configurazione.

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta  DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO  PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

a) terminale offshore

Il terminale offshore, situato nella zona ovest all'interno dell'avamposto, consiste di due pontili:

- il pontile principale dotato di due attracchi (uno per lato) lato destinati rispettivamente alla movimentazione di greggio (sul lato est) e di greggio, benzina e gasolio (sul lato ovest);
- il pontile secondario, situato a ridosso della diga foranea ovest e dotato di un solo attracco destinato alla movimentazione di benzina e gasolio.

Ciascun pontile è dotato di bracci di carico (due per attracco per benzine e gasoli, 3 per il greggio) e degli impianti necessari al pompaggio e misura dei prodotti e alla pulizia delle linee.

Il pontile principale è collegato alla zona servizi, sul lato sud dell'avamposto, mediante una passerella camionabile, realizzata su pali, cha alloggia le tubazioni dei prodotti e dei servizi.

b) Condotte a mare.

Lunghezza (km):	16 km
N° tubazioni prodotti:	3 (n. 1 per ciascun prodotto, da 24" per gasolio e benzina, 42" per greggio)
N° tubazioni servizio:	1 da 6" per acqua potabile
Interasse tubazioni (m):	6.5 m
Larghezza fascio tubiero (m):	13 (limitatamente all'interasse tra le tubazioni per prodotti petroliferi più distanti)
Protezione tubazioni	prefabbricato in cemento per i primi 1000 m, interro a -3 m fino a terra (isola di Malamocco)

c) Condotte in laguna.

Le condotte in laguna hanno le medesime caratteristiche dimensionali di quelle a mare

Lunghezza (km):	11 km
-----------------	-------

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta  DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO  PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

Modalità di posa                      Perforazione teleguidata

Protezione tubazioni              interro a -30 m circa fino a isola dei petroli

d)      Stazione di Marghera.

Ubicazione:                              Isola dei Serbatoi Petroliferi

Dotazioni

sistemi di misura per benzine e gasoli

sistemi di ricezione e lancio pig per tutti i prodotti

serbatoio di stoccaggio da 60000 mc per gasolio

Strutture adiacenti:                  Serbatoi raffineria ENI per greggio

Sistema di distribuzione:          manifold di distribuzione

Altri servizi:                            collegamento a rete acqua potabile

**1.2      METODOLOGIA DI VALUTAZIONE**

Il progetto è impostato nel pieno rispetto delle normative applicabili e dei più stringenti criteri di sicurezza e affidabilità: esso prevede che siano adottate le misure più idonee ad evitare il rischio di danni alle persone o all'ambiente a seguito di eventi accidentali, mediante l'adozione di misure preventive e di contenimento dei potenziali danni. Malgrado queste misure e come in tutte le attività industriali, rimane peraltro un rischio residuo che si verifichino eventi indesiderati, potenzialmente pregiudizievoli della salute pubblica o della salvaguardia dell'ambiente.

L'analisi di rischio ha lo scopo primario di individuare i possibili scenari incidentali durante l'esercizio del terminale, in termini di frequenza di occorrenza e severità delle conseguenze, di definire possibili misure preventive e mitigative e di valutare il livello di accettabilità dei rischi residui, sulla base di una specifica categorizzazione delle frequenze e della gravità delle conseguenze.

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta  DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO  PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

Il presente studio affronta questa tematica prendendo in esame sia i rischi legati alla navigazione nei pressi e all'interno del terminale, sia quelli associati alla movimentazione e trasferimento dei prodotti dalla nave fino al punto di consegna nell'area industriale di Marghera.

La valutazione dei rischi e delle relative conseguenze, non potendo a questo stadio del progetto fondarsi su misure o riscontri oggettivi e specifici dell'opera, si basa su dati di letteratura e su statistiche sviluppate per impianti simili, estrapolati ove possibile alle reali condizioni di esercizio. Nello specifico la presente analisi tiene conto anche delle analisi di rischio condotte per i precedenti progetti preliminari (D'Apollonia, 2001 e CORILA, 2003), ne adotta la metodologia e ne aggiorna i risultati sulla base della nuova configurazione del Terminal Petrolifero Offshore.

L'analisi ha permesso di costruire per ciascun evento analizzato una matrice (relazione frequenza/gravità degli eventi) che definisce il livello di rischio del sistema in riferimento a parametri standard di accettabilità.

Obiettivo conclusivo dello studio è anche fornire elementi comparativi tra la situazione odierna (che prevede tutto il traffico petrolifero all'interno della laguna) e la nuova situazione generata dal progetto, al fine di valutare i vantaggi dell'intervento in termini di sicurezza per l'ambiente e la vita umana.

## **1.3 CONCLUSIONI**

### ***1.3.1 Analisi di Rischio del Terminale***

L'analisi svolta ha considerato, sulla base delle informazioni di progetto preliminari disponibili in questa fase, gli scenari incidentali ritenuti più probabili alla luce dell'esperienza maturata e della letteratura tecnica disponibile per sistemi simili a quello in esame.

I risultati dello studio effettuato, in termini di accettabilità del rischio, sono illustrate al Capitolo 7.

La maggior parte degli eventi analizzati ricadono in un'area di rischio ritenuta accettabile secondo gli standard internazionali, presentando una bassa probabilità di occorrenza associate a danni limitati per persone e ambiente; fa eccezione un limitato numero di eventi, che richiederanno l'implementazione di misure preventive e mitigative da definire nelle successive fasi progettuali.

Anche in considerazione del livello di conservatività insito in molte delle analisi eseguite, si ritiene quindi che il progetto offra sufficienti garanzie di sicurezza e che la configurazione proposta possa essere sviluppata senza modifiche sostanziali. Rimane tuttavia la raccomandazione di approfondire

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta  DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO  PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

nelle fasi successive del progetto la valutazione dei rischi, tenendo conto delle effettive caratteristiche del terminale e dei suoi impianti e di introdurre tutte quelle ottimizzazioni tecniche ed operative che possono contribuire ad abbassare la frequenza di incidenti.

A questo riguardo si riporta nel seguito una lista preliminare di azioni migliorative, ritenute atte a prevenire gli accadimenti accidentali e a mitigarne le conseguenze:

- definizione e adozione di un piano di gestione del terminale che stabilisca le modalità di accesso, ormeggio e movimentazione dei prodotti e i relativi limiti operativi;
- assistenza di rimorchiatori alle manovre di avvicinamento al terminale;
- impiego di rimorchiatori, piloti e ormeggiatori portuali per le manovre di accosto alle banchine;
- attivazione di un sistema di controllo del traffico nei paraggi del terminale e lungo le rotte di avvicinamento alle bocche di porto, atto a controllare e regolamentare i flussi di navi in entrata e uscita dal porto con quelle dirette al terminale e accosto alle banchine;
- stesura di un sistema antinquinamento (panne) intorno a ciascuna nave in banchina, in modo da garantire il contenimento e recupero di eventuali sversamenti accidentali durante le operazioni di travaso;
- istituzione del divieto di ormeggio ed ancoraggio nelle zone interessate dal passaggio delle tubazioni, per un conveniente raggio di sicurezza dalle stesse;
- ri-localizzazione delle vie di traffico navale (shipping lanes) attualmente vicine al sito proposto per il terminale, a distanza di sicurezza;
- adozione di un piano di monitoraggio/test delle condotte a mare mediante pig di misura, con frequenza adeguata a minimizzare la possibilità di rilasci per corrosione, difetti etc.;
- installazione di valvole di intercettazione delle tubazioni a comando remoto e studio della relativa localizzazione e tempi di intervento/chiusura delle stesse, al fine di minimizzare le conseguenze dei possibili rilasci;
- progettazione di sistemi di protezione nel passaggio delle condotte a terra tale da minimizzare il rischio di rotture anche accidentali;

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta  DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO  PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

- predisposizione di un sistema di monitoraggio e controllo in continuo delle operazioni di movimentazione dei prodotti, anche attraverso l'impiego di misuratori di pressione e portata alle due estremità delle linee, per identificare tempestivamente eventuali perdite dalle tubazioni e attuare le misure di contenimento;
- definizione di adeguate misure operative in caso di interventi di manutenzione su altre condotte dello stesso fascio, ad evitare il rischio di accidentali danneggiamenti delle tubazioni adiacenti;
- adozione di procedure di test e manutenzione periodica di tutte le attrezzature impiegate al terminale, atte a minimizzare il rischio di avarie, usura e/o danneggiamenti;
- disponibilità di un team dedicato alla gestione e controllo del terminale (ormeggiatori, addetti ai servizi antincendio, addetti alle operazioni a terra, ecc), adeguatamente formato e sottoposto a periodiche attività di addestramento.

### ***1.3.2 Confronto tra il Rischio Dovuto a Sversamento nella Situazione Attuale e in quella Futura***

Una valutazione quantitativa del rischio nella situazione attuale e in quella futura richiederebbe la identificazione degli incidenti, la valutazione delle frequenze attese e la simulazione delle conseguenze dei rilasci per la situazione attuale, al fine di confrontare i livelli di rischio delle due condizioni.

Nel Giugno 2003 è stata pubblicata la relazione del Magistrato alle Acque di Venezia (CORILA, 2003) nella quale si è effettuata una stima economica del differenziale di rischio fra la situazione attuale e quella a progetto ultimato. Tale analisi mette in risalto l'elevato rischio ambientale ed economico legato al transito delle petroliere all'interno della laguna.

Nei seguenti paragrafi si effettua un confronto qualitativo dei livelli di rischio sulla base di considerazioni legate a:

- probabilità di incidente, dovute alle diversità strutturali dei due sistemi;
- conseguenze di un incidente nelle due condizioni.

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta  DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO  PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

Tale analisi, effettuata in termini qualitativi, sostanzialmente conferma quanto pubblicato nella relazione del Magistrato alle Acque.

### ***1.3.2.1 Probabilità di incidente***

Le cause di sversamento nella situazione attuale sono legate al traffico navale e alla presenza della condotta da 42" per il greggio che collega il pontile di San Leonardo agli impianti della raffineria. Per quanto riguarda il traffico navale, gli studi condotti mostrano che la Laguna di Venezia costituisce indubbiamente nel complesso un porto intrinsecamente sicuro, grazie sia alla natura "soffice" dei fondali (anche se non mancano ostacoli rigidi potenzialmente pericolosi in caso di urto) sia agli accorgimenti e dotazioni di sicurezza di cui è dotato. Tuttavia, benché la probabilità di occorrenza sia molto bassa, non è possibile escludere il verificarsi di incidenti di gravi proporzioni, con conseguenti sversamenti rilevanti di idrocarburi e sostanze inquinanti in Laguna. La relazione citata (CORILA, 2003) stima in  $6.75 \times 10^{-2}$  eventi/anno la frequenza di spandimento di prodotti petroliferi nella Laguna.

Negli studi di rischio ad oggi effettuati, non risulta che la presenza dell'oleodotto sia stata considerata in relazione alla possibilità che questi comporti inquinamento a seguito di sversamento di prodotti petroliferi. Esso costituisce peraltro una fonte di rischio per rilasci che possono essere dovuti a difetti dei materiali impiegati o ad interazioni con l'ambiente esterno. A tale proposito si ricorda che ai primi di Dicembre del 1995, si è verificata la rottura accidentale della sealine S. Leonardo-Marghera. Tale evento si è verificato a seguito di perforazione della tubazione ad opera di una macchina addetta alla posa di cavi elettrici. La perforazione ha provocato l'immissione in Laguna di circa 5 tonnellate di grezzo. Si evidenzia che l'oleodotto è interrato nel fondo naturale e non risulta dotato di opere di protezione (cunicoli, etc).

Nella situazione futura prevista dal progetto ci si attendono significativi benefici per quanto riguarda la probabilità e le conseguenze di incidente legate al traffico navale, atteso che siano messe in atto tutte le misure più idonee per separare il traffico navale diretto al porto di Venezia da quello diretto al terminale; è ragionevole attendersi una diminuzione delle probabilità di collisione rispetto alla situazione attuale, dal momento che il traffico navale avverrebbe in mare aperto, con maggiori spazi di manovra, mentre nell'attuale situazione le navi sono costrette ad una serie di manovre in acque ristrette (ad esempio in prossimità della curva esistente nel canale Malamocco-S. Leonardo) a causa dello sviluppo planimetrico della rete di canali. Inoltre la navigazione avviene attualmente in

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta          DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO          PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

canali di larghezza contenuta rispetto alle dimensioni delle navi cisterna di maggiori dimensioni, situazione che aumenta il rischio di contatti e di arenamenti.

Per quanto riguarda il trasporto in condotta, la situazione futura è sicuramente caratterizzata da un maggior numero di condotte e di maggiore lunghezza rispetto alla situazione attuale: tuttavia le soluzioni tecniche adottate (interro, protezione con piastre in cemento, valvole di intercettazione, ispezioni periodiche, ecc) e i miglioramenti tecnologici registrati nelle qualità dei materiali, nei metodi di fabbricazione e nelle attività di controllo e gestione delle linee consentono di ridurre le frequenze incidentali garantendo livelli di rischio complessivi non superiori a quelli attuali.

La disposizione degli attracchi in un unico terminale consentirà un più efficace controllo delle operazioni di movimentazione dei prodotti, alle quali potrà essere dedicato personale altamente qualificato e che potrà avvalersi di tecnologie all'avanguardia. Inoltre la concentrazione delle apparecchiature in un'unica area dedicata (diversamente dalla situazione odierna che vede accosti e sistemi di scarico distribuiti in un considerevole gran numero di siti e aziende) faciliterà la predisposizione e aumenterà l'efficacia di sistemi di sicurezza (sistemi di spiazzamento prodotti, di raccolta e trattamento spanti, rete antincendio, ecc).

Entrambe queste situazioni contribuiranno a ridurre in misura significativa il rischio di incidente a terra (rotture, perdite di fluidi, errori di manovra, propagazione di eventi accidentali, ecc) rispetto alla situazione attuale.

### ***1.3.2.2 Conseguenze di un incidente***

E' stato rilevato in numerosi studi che l'impatto di un rilascio di prodotto in ambito lagunare sarebbe estremamente critica per la Laguna e per i valori materiali ed immateriali che la Laguna comprende (Idrotec, 2001 e CORILA 2003), sia per la vulnerabilità del sistema lagunare che per la presenza di venti di forte intensità, di bassi fondali e delle barene, presenti in gran parte della Laguna, che costituiscono un serio impedimento ad interventi di recupero dei prodotti a seguito di sversamenti accidentali. A questo si aggiungono le escursioni del livello medio delle maree che si registrano in Laguna e che possono rendere problematico, ed in certi casi impossibile, il recupero degli eventuali sversamenti. Tali sversamenti potrebbero ad esempio depositarsi in una zona coperta dall'acqua al momento dell'incidente ed emergente al momento del possibile intervento dei mezzi di recupero occorre inoltre considerare la presenza di correnti di significativa entità.

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta          DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO          PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

Un eventuale rilascio nella situazione futura avverrebbe in mare aperto (nel caso improbabile di una collisione in fase di navigazione) o all'interno delle dighe foranee previste a coronamento del terminale.

La conformazione del terminale favorevole offre possibilità di contenimento e recupero spanti, che risulteranno confinati all'interno di uno spazio protetto sia dalle mareggiate che dai flussi di corrente, e che inoltre si verificherebbero in un contesto ambientale molto meno sensibile di quello lagunare.

La possibilità di uno sversamento dalle tubazioni all'interno della laguna sarà infine paragonabile o inferiore all'attuale, per le caratteristiche intrinseche dell'opera precedentemente menzionate (protezione delle condotte, sistemi di ispezione).

### ***1.3.2.3 Conclusioni***

Sulla base delle considerazioni svolte ai punti precedenti, è possibile affermare che lo spostamento del traffico navale e delle operazioni di carico-scarico al Terminale offshore, e il collegamento con gli impianti a terra attraverso la tipologia di condotte prevista dal progetto, costituirebbe una diminuzione del rischio di inquinamento della laguna sia per la riduzione della probabilità di rilascio che per la minore criticità di un eventuale sversamento che sarebbe sicuramente più contenuto e andrebbe ad interessare il mare aperto anziché l'area lagunare.

## **2 METODOLOGIA**

La valutazione della sicurezza del Terminale e delle opere connesse (impianti al terminale, condotte, stazione di consegna all'isola dei petroli) è effettuata attraverso i seguenti passi:

- identificazione degli scenari incidentali (Capitolo 2.1). Si identificano, sulla base dell'esperienza storica nell'ambito di sistemi simili, le situazioni che possono portare a rilasci di prodotto con possibili danni alle persone o all'ambiente;
- valutazione delle frequenze di accadimento di un incidente (Capitolo 2.2). Per ogni evento incidentale identificato (rilascio di prodotto) viene valutata la probabilità di accadimento, sulla base di dati statistici e mediante l'applicazione di modelli matematici. La probabilità di

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta  DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO  PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

accadimento dei diversi scenari conseguenti ad un rilascio viene valutata mediante l'utilizzo di Alberi degli Eventi (Paragrafo 2.2.5);

- valutazione degli effetti/conseguenze di un incidente (Capitolo 2.3). Gli effetti fisici degli scenari incidentali sono calcolati mediante l'applicazione di modelli per la valutazione di portate di rilascio, irraggiamento termico a seguito di incendi, sovrappressione a seguito di formazione di nubi infiammabili o dispersione di nubi di gas (ove rilevante). L'effetto su persone ed ambiente di tali scenari incidentali è stimato mediante il confronto con valori soglia;
- valutazione dell'accettabilità del rischio (Capitolo 2.4). Il rischio, caratterizzato da probabilità di accadimento e da livello di danno, è rappresentato all'interno di una matrice. La matrice è suddivisa in aree che rappresentano rischi ritenuti accettabili, ALARP e non accettabili. Sulla base di tale matrice si individuano gli eventi per i quali occorre implementare le misure di prevenzione o mitigazione allo scopo di ridurre i rischi entro i limiti di accettabilità.

Lo studio per il presente progetto utilizza la stessa metodologia e in larga misura le informazioni e dati statistici già utilizzati per l'analisi di rischio del progetto 2002 al quale si rimanda per il calcolo di dettaglio delle conseguenze degli incidenti più significativi.

Il presente studio rielabora invece tutti i dati disponibili, tenendo conto delle peculiarità del progetto, al fine di ridefinire frequenze di accadimento, entità degli sversamenti e matrici di rischio.

## **2.1 DEFINIZIONE DEGLI SCENARI INCIDENTALI**

Al fine di definire gli scenari incidentali, si è proceduto a dividere il progetto "Terminale Off-shore per l'Estromissione del Traffico Petrolifero dalla Laguna di Venezia" in quattro sottosistemi, per ognuno dei quali sono stati identificati gli scenari incidentali tipici.

I sottosistemi identificati sono associabili ai seguenti scenari incidentali:

- a) Terminale Off-shore.

Sversamento in mare per rilascio da nave a seguito di urto con altri natanti o contro le strutture del terminale o per rotture/avarie dei bracci di carico e degli impianti di banchina .

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta  DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO  PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

b) Condotte a mare

Rilascio di idrocarburi per rotture della linea causata da cause esterne o interazioni con attività umane nell'area (urto da ancore, urto con oggetti affondati) o per cause interne, legate a difetti del materiale e delle saldature, corrosione o errori di esercizio (sovrapressioni, errori di manovra, etc.)

c) Condotte in laguna.

Rilascio di idrocarburi per rotture della linea per cause interne, legate a difetti del materiale e delle saldature, corrosione o errori di esercizio (sovrapressioni, errori di manovra, etc.). L'uso di tecniche di microtunnelling e il percorso in zone della laguna scarsamente accessibili rende "non plausibili" scenari di rilascio dovuti ad interazione con attività umane.

d) Stazione di Marghera.

Rilasci causati da rotture / avarie delle tubazioni o degli impianti di ricezione e distribuzione.

## 2.2 VALUTAZIONE DELLE FREQUENZE DI ACCADIMENTO

### 2.2.1 Terminale Off-shore

Gli eventi incidentali associati alle operazioni effettuate al Terminale sono imputabili a diverse cause:

- rilasci di prodotto dalla nave per urto con altri natanti o le strutture del terminale
- rilasci per rottura dei bracci di scarico
- rilasci dalle apparecchiature di banchina (sistemi di misura, stazioni di lancio pig, connessione delle tubazioni, ecc) per difetti o danni strutturali (mancata tenuta flange, perdita da valvole, corrosioni, ecc) o per errate manovre sulle apparecchiature (sconnessione anticipata dei bracci di carico o apertura trappole pig, inadeguato smontaggio apparecchiature, ecc)

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta  DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO  PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

### **2.2.1.1 Sversamento da Nave**

Lo sversamento da nave può avvenire in diverse circostanze:

- collisione tra navi in transito e navi presenti al terminale
- collisione delle navi in fase di accosto alla banchina
- collisione tra mezzi di servizio e navi all'accosto.

Non è stato specificatamente considerato l'evento di impatto di una petroliera contro le strutture foranee, in quanto si ritiene che le procedure di avvicinamento, pilotaggio e assistenza e le basse velocità in gioco in prossimità del terminale siano sufficienti a garantire il controllo di rotta, ad evitare collisioni e/o incagli e comunque a prevenire il rischio di danni significativi allo scafo con relativi sversamenti.

Tale genere di incidenti è quindi implicitamente coperto dall'analisi di impatto tra navi, descritto nel seguito.

Molti di questi eventi avvengono in condizioni di bassa velocità o con natanti di piccole dimensioni: sebbene i dati storici evidenzino una certa probabilità di occorrenza di incidenti con sversamento, è da tener presente che solo da pochi anni è in vigore la normativa che impone a tutte le navi l'adozione di soluzioni costruttive a doppio scafo. Tale prescrizione, già in vigore per quanto riguarda l'accesso al porto di VENEZIA delle navi petroliere, a seguito della direttiva 13 febbraio 2001 del Ministro dell'Ambiente, di fatto riduce in modo drastico le conseguenze di tali collisioni, come sarà più estesamente discusso nel seguito.

Alcuni di questi eventi sono caratterizzati da frequenze di occorrenza e conseguenze del tutto simili a quelli analizzati nel corso del progetto del 2002: i risultati di quelle analisi sono ancora ritenuti generalmente validi salvo alcune limitate modifiche per tener conto delle peculiarità del presente progetto ed in particolare del numero di attracchi annui al terminale.

Per quanto riguarda la possibilità di rilascio per urto della nave in accosto con il terminale, si ritiene che, date le basse velocità delle manovre e la presenza di rimorchiatori in assistenza, un eventuale urto non porti a danni gravi alla nave con conseguenti sversamenti. Tale valutazione sarà

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta  DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO  PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

sostanziata nelle successive fasi del progetto sulla base di una analisi delle procedure di accosto previste.

Il presente studio si basa, salvo dove diversamente indicato, sulla metodologia di analisi e dati statistici già utilizzati per lo studio relativo al progetto del 2002. Si riportano nei sottoparagrafi (da Paragrafo 2.2.1.1.1 a Paragrafo 2.2.1.1.3) le metodologie di calcolo per le frequenze di impatto delle varie tipologie di nave. Nel Paragrafo 2.2.1.1.4 viene riportata la metodologia di calcolo della probabilità che un impatto porti allo sversamento di idrocarburi in mare.

#### 2.2.1.1.1 Impatto di una nave con il terminale

La consistenza e la tipologia del traffico marittimo di transito sono state ricavate dai dati contenuti nelle pubblicazioni del progetto COST 301 (T. Degre et al., 1986) relativo al traffico nei porti.

La collisione con una nave in transito può essere dovuta ad un errore di manovra o ad un guasto meccanico a bordo della nave in transito che ne impedisce il controllo. Le due condizioni sono state modellate in modo differente considerando quindi:

- impatto con nave fuori rotta;
- impatto con nave alla deriva.

Il calcolo della frequenza degli impatti con navi in transito fuori rotta è stata valutata considerando una distribuzione gaussiana di probabilità della presenza di una nave nel corridoio di passaggio (shipping lane). La relazione utilizzata per il calcolo della frequenza di collisione  $C_{fr}$  (impatti/anno) di una nave con un ostacolo fisso risulta (RABL, 1987 e DNV, 2001) è la seguente:

$$C_{fr} = N \times F_d \times p_1 \times p_2 \times p_3 \quad (1)$$

dove:

$N$  = traffico totale (navi/anno);

$F_d$  = la frazione di navi che sono in rotta di collisione con il terminale;

$p_1$  = probabilità che il passaggio pianificato vicino al terminale fallisca;

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta</b> <b>DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO</b> <b>PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

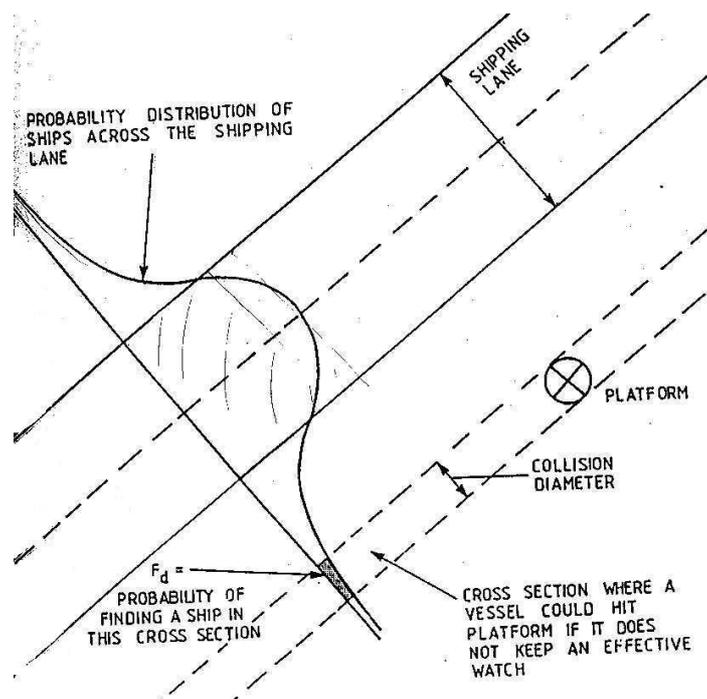
$p_2 =$  probabilità che la nave non mantenga una sufficiente attenzione;

$p_3 =$  probabilità che il terminale non riesca ad avvertire la nave.

$F_d$  è valutato considerando una distribuzione di frequenza normale di probabilità attorno al corridoio:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \text{EXP} \left[ -0,5 \times \left( \frac{\text{distanza}}{2\sigma} \right)^2 \right] \quad (2)$$

e moltiplicata per il *Diametro di Collisione* definito come la somma della larghezza del terminale e della nave.



**Figura 2.1: Impatto da Nave - Nave Fuori Rotta – Modello di Riferimento**

Altra possibile condizione che può portare ad una collisione è la perdita di controllo (per guasto del timone o del sistema motore) di una nave che a causa del guasto derivi fino a colpire il Terminale.

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta</b> <b>DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO</b> <b>PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

In tale caso i fattori che entrano in gioco nella valutazione della frequenza di accadimento sono, il numero di navi di passaggio, la frequenza di guasto di una nave e la direzione del vento.

Il calcolo della frequenza di impatto  $C_{der}$  (impatti/anno) è stato sviluppato utilizzando la seguente formula (RABL, 1987):

$$C_{der} = n \times P \times P_w \times \frac{\text{Diametro Collisione}}{\text{Lunghezza Settore}} \quad (3)$$

dove:

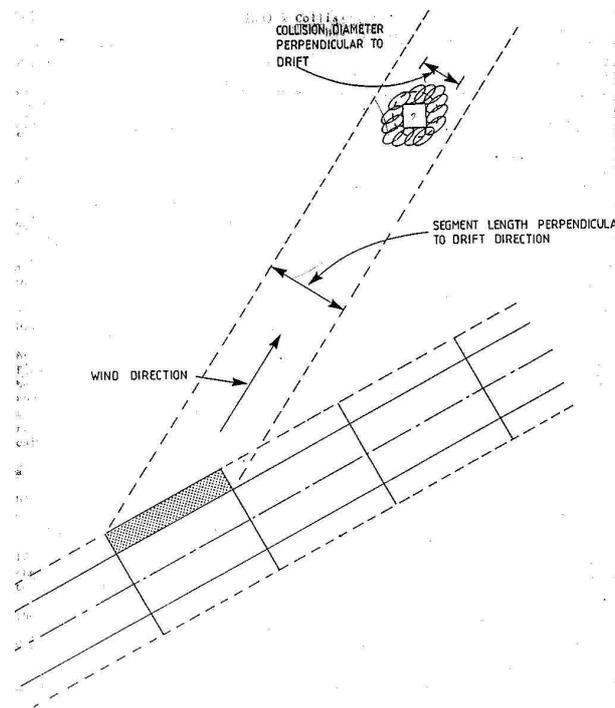
$P$  = probabilità di guasto della nave;

$P_w$  = probabilità che il vento spiri nella direzione della piattaforma;

$n$  = numero di navi anno nel settore.

I settori sono le porzioni di corridoi di traffico prese in considerazione. La formula riportata sopra è da applicarsi a tutto i settori dei corridoi di traffico identificati.

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
Settembre 2011	B-REL-003	Rev.0



**Figura 2.2: Impatto da Nave - Nave alla Deriva – Modello di Riferimento**

#### 2.2.1.1.2 Impatto con nave in fase di attracco

La valutazione della frequenza di accadimento di tale tipologia di eventi incidentali si basa sui dati di traffico diretto al nuovo Terminale. La consistenza e la tipologia del traffico marittimo al terminale sono state ricavate dalle premesse di progetto, che prevedono l'accosto al terminale delle navi destinate al trasporto di greggio, benzine e gasoli, per un totale annuo di circa 430 navi, di cui 400 in scarico e 30 in carico.

Il rischio di impatto è sostanzialmente legato ad errori di manovra della nave in accosto o dei mezzi di supporto (rimorchiatori).

L'analisi delle frequenze di impatto fra una nave in manovra al pontile e il pontile stesso è stata basata sui dati storici contenuti nel registro marittimo dei Lloyds, utilizzando il database sviluppato nell'ambito del progetto ATOMOS II (D'Appolonia, 1996). Tale database contiene i dati relativi a 4478 eventi incidentali, occorsi dal 1990 al 1996 su una popolazione di 18355 navi.

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta</b> <b>DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO</b> <b>PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

#### 2.2.1.1.3 Impatto con nave di servizio al Terminale

Le navi dedicate al servizio del terminale, essenzialmente rimorchiatori e navi di approvvigionamento materiali, possono impattare sulla nave ormeggiata per errori o guasti nelle manovre di accosto al Terminale. Tali urti si ritengono possibili nelle fasi finali delle manovre di accosto e sono quindi collisioni a bassa velocità. Inoltre, la stazza dei natanti di servizio al Terminale sarà ridotta, così che l'energia di impatto non sarà tale da causare danni estesi allo scafo e sversamenti dalla nave ormeggiata. Tale evento non sarà quindi ulteriormente considerato nel presente studio.

La possibilità di urto di una nave di servizio al Terminale contro le strutture stesse del Terminale o nei confronti di una nave cisterna ormeggiata dovrà comunque essere approfondita nelle fasi successive del progetto, sia per definire i carichi accidentali di progetto del Terminale che per predisporre adeguate procedure operative atte a ridurre al minimo il rischio di impatto.

#### 2.2.1.1.4 Probabilità di rilascio

Allo scopo di quantificare la probabilità che un impatto su una nave cisterna porti allo sversamento in mare di idrocarburi sono state utilizzate probabilità di rilascio in considerazione dell'urto derivate dalla banca dati ATOMOS II (D'Appolonia, 1996) e probabilità di accadimento diverse a seconda dell'entità del rilascio, facendo riferimento ai dati dell' "International Tanker Owner Pollution Federation Ltd" (ITOPF), che riporta numero e entità dei rilasci in mare nel periodo 1974 - 2002.

In particolare dai dati contenuti nella banca dati ATOMOS II (D'Appolonia, 1996) si è ricavato che la probabilità che un impatto di una nave con una struttura fissa porti ad un rilascio è pari a circa 67.1%.

Dai dati riportati nelle pubblicazioni dell'ITOPF si è ricavata la seguente distribuzione percentuale basata sui rilasci di prodotti petroliferi in mare verificatisi e registrati dal 1974 al 2002.

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta          DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO          PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
Settembre 2011	B-REL-003	Rev.0

**Tabella 2.1: Distribuzione Percentuale dei Rilasci di Prodotti Idrocarburici in Mare**

ENTITÀ RILASCIO R	PERCENTUALE
R < 7 tonnellate	89.7%
7 < R < 700 tonnellate	9.7 %
R > 700 tonnellate	0.6 %

I valori, mediati sul periodo esaminato, sono da ritenersi largamente prudenziali, in quanto l'estensione dell'uso di navi a doppio scafo ha permesso di ridurre la frequenza ed entità degli sversamenti, come mostra il trend riportato nel citato rapporto ITOPF.

#### 2.2.1.1.5 Rottura Bracci di Carico

La valutazione della frequenza di tale evento incidentale è stata effettuata sulla base dei seguenti dati (Cremer & Warner, 1981).

**Tabella 2.2: Frequenza di Rottura Bracci di Carico**

ROTTURA A GHIGLIOTTINA	FORO
$3 \times 10^{-8}$ per ora	$3 \times 10^{-6}$ per ora

Con il termine "foro" si intende un'apertura (fessurazione del braccio) di diametro equivalente pari al 10% del diametro nominale, con una dimensione massima di 50 mm.

Le frequenze di accadimento degli scenari incidentali sono state calcolate associando la frequenza annua di accadimento dei rilasci significativi alla probabilità che questi comportino, a seguito di innesco, lo sviluppo di un incendio immediato (pool fire), la formazione di una nube infiammabile che comporti un'esplosione non confinata, UVCE ( Unconfined Vapour Cloud Explosion), un flash fire o, più semplicemente, una dispersione in ambiente.

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta  DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO  PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

#### 2.2.1.1.6 Rottura di apparecchiature e impianti

La valutazione della frequenza della rottura di apparecchiature e impianti al servizio del terminale o della stazione di consegna all'isola dei petroli (tubazioni, flange, valvole, pompe, trappole pig) è basata sui dati riportati nel rapporto RADD ("Risk Assessment Data Directory") dell'OGP (International Association of Oil & Gas Producers) n. 434-1 del 2010 "Process release frequencies".

In considerazione dell'utilizzo saltuario delle linee alla pressione massima di esercizio, si sono utilizzate le informazioni relative ad uno scenario di "limited release", che si riferisce ad una rottura a pressione intermedia tra quella massima di esercizio e il valore atmosferico: inoltre sono state prese in esame due classi di danno rappresentative: con foro di diametro fino a 50 mm e pari o superiore a 150 mm.

L'entità delle perdite è stata confrontata con quella relativa ai bracci di carico, per poter estrapolare dalle analisi delle conseguenze sviluppate per questi, le conseguenze degli eventi legati agli impianti.

### **2.2.2 *Condotte Sottomarine offshore***

Gli eventi incidentali associabili alla condotta sottomarina, sono legati a rilasci causati da interazione con attività umane nell'ambiente marino o a cause dovute a difetti nei materiale impiegati o nella costruzione, ad errori operativi, ecc.

Per quanto riguarda la prima classe di cause, essa può essere dovuta ad urti con ancore o con oggetti in affondamento. Lungo il percorso della condotta infatti non sono presenti attività di pesca a strascico né prevedibili attività sui fondali; inoltre non sono presenti bassi fondali che possano comportare rischi di arenamento di una nave.

#### **2.2.2.1 *Rilascio da impatto***

##### **2.2.2.1.1 Danneggiamento da ancora**

I due possibili modelli di interazione ancora-tubazione sono:

- urto diretto dell'ancora sulla tubazione;

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta          DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO          PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

- ancora trascinata che urta ed eventualmente aggancia la tubazione.

Per quanto riguarda l'ancoraggio di una nave sono possibili due tipi di ancoraggio: l'ancoraggio di emergenza e l'ancoraggio pianificato.

L'ancoraggio *di emergenza* è una manovra che viene eseguita a seguito di collisione fra due navi o in caso di guasto dei motori o del timone e generalmente avviene in acque con profondità non superiori agli 80 metri.

Gli ancoraggi pianificati non sono considerati in quanto saranno effettuati nelle zone previste, fuori dal tracciato delle tubazione.

In caso di condizioni meteo-marine estreme, le navi ferme nelle zone d'ancoraggio, e le relative ancore, possono essere trascinate verso le tubazioni. Tale evento non è stato analizzato in termini di frequenze e conseguenze, in quanto si assume che la Capitaneria di Porto provveda a rilocalizzare le aree di ancoraggio nelle acque antistanti le bocche di porto a distanza di sicurezza dalle tubazioni, in modo da rendere tale rischio trascurabile.

Dai dati sui trascinamenti si evince che le navi con stazza superiore agli 80000 dwt possono trascinare l'ancora per circa 46 metri (Si veda Tabella 4.1). Assumendo un fattore di sicurezza pari a 4 si ricava che la distanza minima di sicurezza tubazione-zone di ancoraggio dovrebbe essere dell'ordine dei 200 metri circa. Tale valore è solamente indicativo e sarà definito accuratamente dalle Autorità Competenti durante le successive fasi del progetto.

Dati storici riguardanti il Nord Europa mostrano che solo una piccola percentuale delle collisioni porta ad un ancoraggio incontrollato; in questo studio preliminare si può quindi assumere che nessuna collisione porti ad una necessità di ancoraggio. Tutti i casi di guasto al sistema motore saranno invece considerati causa di ancoraggio.

Il numero atteso di eventi  $C_{ah}$  (impatti/anno) è quindi calcolato come:

$$C_{ah} = \sum_i \mu_i n_i \frac{L_i}{v} \quad (4)$$

dove:

$i$  = è la classe di navi considerata (vedi Tabella 2.3);

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta  DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO  PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

$n$  = numero di navi appartenenti alla classe  $i$ ;

$\mu$  = frequenza accadimento della rottura al sistema motore (guasti/anno);

$L$  = lunghezza di interazione;

$v$  = velocità media delle navi.

La frequenza di rottura del motore è stata valutata sulla base dei dati contenuti nel database ATOMOS II (D'Appolonia, 1996).

La lunghezza d'interazione è data dalla larghezza della tubazione più la larghezza dell'ancora, nel caso si consideri l'urto diretto dell'ancora; è, invece, la larghezza della tubazione più la lunghezza di trascinamento nel caso si consideri il rischio di aggancio della tubazione. Nella Tabella seguente sono riportate le grandezze di riferimento per le ancore in funzione della stazza.

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta          DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO          PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

**Tabella 2.3: Caratteristiche Tipiche delle Ancore**

Dimensioni delle Navi (DWT)	Massa dell'Ancora (kg)	Dimensioni Ancora (m)			Lunghezza Trascinamento (m)	Energia di Impatto (kJ)	Carico di Rottura della Catena (kN)
		L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>			
< 1000	900	1.1	0.6	0.8	30	8.35	371
1000 - 3000	1440	1.2	0.7	0.9	30	18.28	630
3000 - 3500	1931	1.7	0.9	1.3	32	25.21	921
3500 - 14500	3429	1.7	0.9	1.3	32	49.07	1721
14500 - 40000	5775	2.4	1.3	1.8	34	94.47	2810
40000 - 60000	8700	2.4	1.3	1.8	34	166.67	3982
60000 - 80000	14767	2.4	1.3	1.8	34	336.41	6157
>80000	17800	3.1	1.6	2.3	46	439.82	7245

#### 2.2.2.1.2 Danneggiamento da Corpo in Affondamento

Si considerano due possibili situazioni:

- nave in affondamento;
- container in affondamento.

Per quanto riguarda le navi in affondamento si applica una metodologia molto simile a quella usata per le ancore cioè:

$$N = \sum_i \mu_i \times n_i \times L_i \quad (5)$$

dove:

i = è la classe di navi considerata (vedi Tabella 2.4);

n= numero di navi della classe i;

μ = frequenza attesa di affondamento;

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta          DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO          PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

L = lunghezza di interazione.

La lunghezza d'interazione è data dalla larghezza della tubazione più la lunghezza della nave. Nella tabella seguente sono riportate alcune grandezze di riferimento per le navi in funzione della stazza (RABL, 1987).

**Tabella 2.4: Caratteristiche Tipiche delle Navi**

DIMENSIONE DELLE NAVI (DWT)	LUNGHEZZA (m)	LARGHEZZA (m)	PESCAGGIO (m)
<1500	56.3	9.2	4.3
1500 - 4999	69.8	1111.2	5.2
5000 - 14999	101.0	15.9	6.6
15000 - 39999	148.7	21.8	8.6
>40000	245.5	34.8	14.5

Per quanto, invece riguarda i container, i dati statistici più recenti riportano una frequenza di perdita in mare di containers pari a circa  $5.6 \times 10^{-6}$  eventi per container trasportato (World shipping council – “Cointainers lost at sea” – August 2011).

Per il calcolo della frequenza di impatto di container con la condotta si è seguito un approccio simile a quello dell'affondamento delle navi:

$$N = \sum_i \mu_i \times n_i \times \frac{L_i}{v_i} \quad (6)$$

dove:

i = è la classe di navi considerata;

$\mu$  = frequenza attesa di caduta container;

n= numero di navi della classe i;

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta          DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO          PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
Settembre 2011	B-REL-003	Rev.0

L = Lunghezza di interazione.

$v_i$  = velocità navi.

### 2.2.2.2 Rilascio da Rotture Casuali - Random

Si considerano sotto tale tipologia tutte quelle rotture non dovute ad agenti esterni ma a difetti nel materiale, corrosione e altre cause non definibili in dettaglio con metodi analitici.

Per quanto riguarda le condotte sottomarine, il rapporto RADD (Risk Assessment Data Directory) 434-4 “Riser and pipeline release frequencies” del Marzo 2010 riporta i seguenti valori per tubazioni (“pipelines”) che trasportano prodotti grezzi o raffinati:

**Tabella 2.5: Frequenze di Rottura Tubazioni Sottomarine**

TIPOLOGIA TUBAZIONE	FREQUENZA ATTESA (eventi/anno km)
fino a 24”	$5.1 \times 10^{-5}$
oltre 24” (greggio)	$1.4 \times 10^{-5}$

Le frequenze sopra indicate si riferiscono all’intera casistica di danneggiamento rilevata: con esclusione dei casi di rottura completa, che sono attribuibili specificatamente prevalentemente agli eventi descritti al precedente paragrafo, la dimensione della rottura risulta per l’80% dei casi inferiore a 20 mm e solo per il 2% dei casi superiore a 80 mm

### 2.2.3 Condotte in laguna

Per il tratto di condotta in laguna e attraverso l’isola di Malamocco si fa riferimento ad eventi incidentali causati da interazioni con attività umane (agricoltura, lavori civili), rischi ambientali (frane, terremoti) e rotture causate da difetti di materiale, corrosione, problemi operativi etc.

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta          DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO          PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
Settembre 2011	B-REL-003	Rev.0

Le condotte nel tratto di attraversamento dell'isola di Malamocco e in laguna sono realizzate con tecnica di microtunnelling, che prevede una profondità di posa tale da scongiurare qualsiasi rischio di interazione con l'attività umana.

Gi unici eventi accidentali rimangono dunque quelli legati a rotture a seguito di corrosione o difetti dei materiali o ad avarie/rotture in corrispondenza ad organi di intercettazione.

Per quanto riguarda le rotture delle linee per cause interne si assumono le stesse frequenze accidentali già considerate per il caso offshore, non essendoci significative variazioni nella modalità di generazione del danno.

Per quanto riguarda gli eventi accidentali che coinvolgono apparecchiature di linea, si utilizzano gli stessi dati di base definiti per gli impianti al terminale.

#### ***2.2.4 Stazione di consegna all'isola dei petroli***

All'isola dei petroli sono previsti un certo numero di impianti e apparecchiature (trappole di ricezione pig, stazioni di misura, manifolds con relative valvole e flange) del tutto simili a quelle presenti sul terminale offshore. Si ritiene quindi di poter applicare le stesse considerazioni già espresse al paragrafo 2.2.1.1.6 per gli impianti localizzati al terminale offshore.

#### ***2.2.5 Calcolo della Probabilità di Occorrenza degli Scenari Incidentali:***

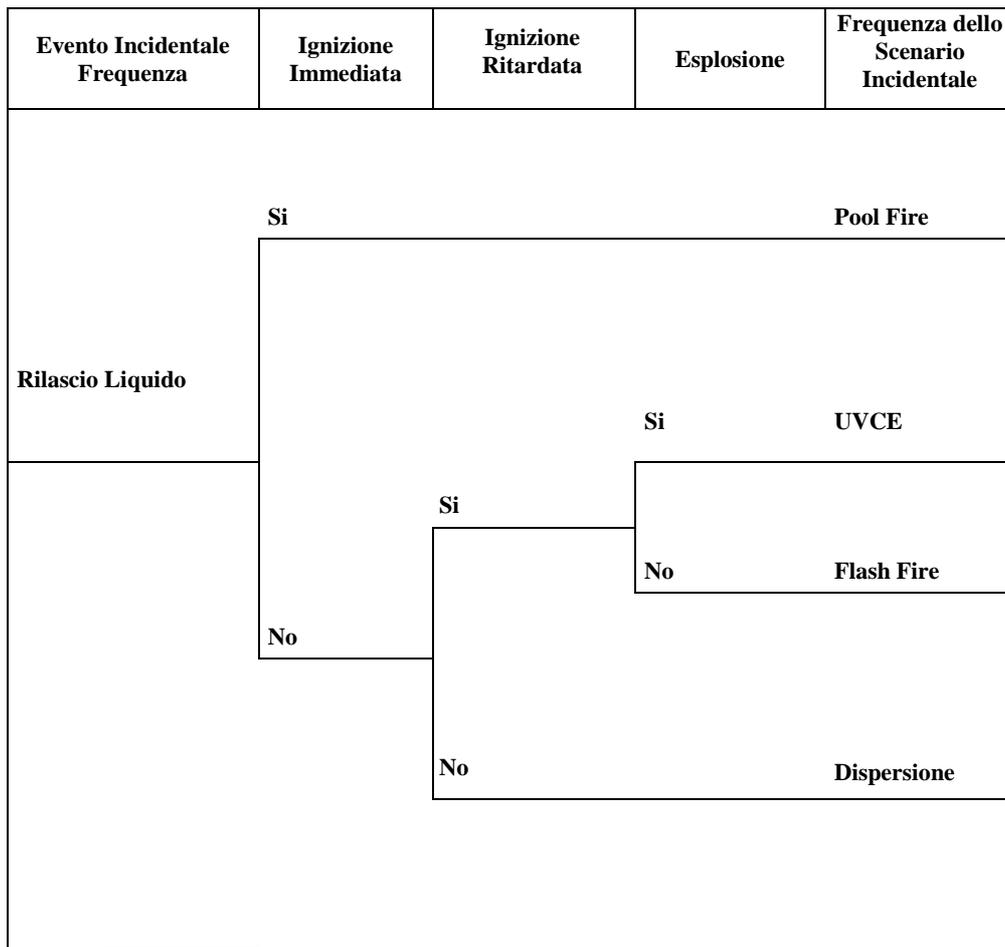
##### ***Alberi degli Eventi***

L'identificazione dei vari scenari che si possono sviluppare a seguito di un evento incidentale e la valutazione della loro probabilità è stata definita mediante la metodologia ad albero degli eventi (Event Tree Analysis, ETA).

Un albero degli eventi rappresenta graficamente le possibili evoluzioni di un evento incidentale.

Ogni ramo dell'albero rappresenta un possibile scenario incidentale. Nel caso di un rilascio continuo di liquido infiammabile si fa riferimento all'albero generale degli eventi riportato nella Figura 2.3 seguente.

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta          DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO          PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>



**Figura 2.3: Albero degli Eventi – Rilascio Liquido Infiammabile**

La frequenza di occorrenza associata ad ogni ramo è calcolata sulla base delle seguenti considerazioni.

L'ignizione è causata da un sufficiente apporto di calore o di energia che provoca la combustione. La causa di ignizione può essere connessa al rilascio stesso (può essere infatti generata ad esempio dall'elettricità statica che si sviluppa durante la fuoriuscita del prodotto) o può essere dovuta al contatto del prodotto rilasciato con un punto caldo dell'impianto o con una fonte di energia. Tale probabilità dipende dalle proprietà della sostanza rilasciata, dalla localizzazione del rilascio, dalle condizioni di processo, dalle dimensioni del punto di perdita.

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta          DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO          PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

In generale, in assenza di informazioni dettagliate sui parametri discussi in precedenza, si fa riferimento a probabilità medie, riportate nella letteratura tecnica che dipendono dalla portata di efflusso; in generale, maggiore è la portata di efflusso e maggiore è la probabilità di innesco.

Sulla base delle indicazioni disponibili in letteratura, per quanto riguarda la probabilità di ignizione immediata di rilasci di liquidi infiammabili si fa riferimento alla seguente tabella.

**Tabella 2.6: Probabilità di Ignizione Immediata**

PORTATA DEL RILASCIO (kg/s)	PROBABILITÀ DI IGNIZIONE IMMEDIATA
<1	0.01
1÷50	0.03
>50	0.08

In caso di innesco ritardato, si sarà formata una nube infiammabile che può dare luogo, se innescata, a esplosione (UVCE) o a combustione rapida (Flash Fire), in funzione della quantità di sostanza infiammabile e delle condizioni di confinamento presenti.

Per rilasci all'aperto, si ammette comunemente che al di sotto di una data massa infiammabile non si possa verificare un'esplosione. Tale valore limite viene posto tra 100 kg e 1500 kg in vari riferimenti; per il presente rapporto preliminare si farà riferimento ai valori dati dalla letteratura internazionale riportati nella tabella seguente.

**Tabella 2.7: Probabilità di Ignizione Ritardata**

Massa Infiammabile (kg)	Probabilità di Esplosione (-)	Probabilità Flash-fire (-)
<100	0	0.01
100÷1000	0.001	0.03
>1000	0.03	0.1

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta  DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO  PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

## **2.3 ANALISI DELLE CONSEGUENZE**

### **2.3.1 Premesse**

L'analisi delle conseguenze prende in esame le modalità di sviluppo degli scenari evidenziati nella sezione precedente, tenendo conto delle condizioni meteorologiche del sito e delle portate di rilascio.

Per la presente analisi si è fatto riferimento alle stesse condizioni climatiche già considerate nel precedente studio del 2002 e ai modelli di sviluppo degli eventi utilizzati in quella occasione, aggiornando ove necessario i risultati alle effettive condizioni del presente progetto, secondo criteri di conservatività.

### **2.3.2 Condizioni Meteorologiche**

I dati disponibili relativi alla situazione anemologica della zona di Venezia e Marghera (Fonte: Ente Zona Industriale, Stazione No.22) sono riferiti a:

- distribuzione annuale delle frequenze di direzione (riferita al 2001);
- distribuzione annuale delle frequenze di velocità (riferita al 2001).

I dati raccolti, rilevati ad una quota di 40 metri, sono riportati nella tabella seguente:

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO PROGETTO PRELIMINARE</b>		
Analisi di rischio		
Settembre 2011	B-REL-003	Rev.0

**Tabella 2.8: Distribuzione delle Velocità e Direzioni dei Venti**

SETTORE DI PROVENIENZA	VELOCITÀ						TOTALE %
	Fino a 0.5 m/s	0.5-2.0 m/s	2.0-4.0 m/s	4.0-6.0 m/s	6.0-12.0 m/s	>12.0 m/s	
N		1.91	4.57	0.82	0.17	0.00	7.47
NNE		1.44	8.27	3.47	0.50	0.00	13.68
NE		1.55	7.68	3.91	1.70	0.02	14.87
ENE		0.79	2.99	1.20	2.02	0.02	7.02
E		0.54	2.81	0.90	0.34	0.00	4.59
ESE		0.96	2.95	0.74	0.06	0.00	4.70
SE		0.51	1.62	0.62	0.10	0.00	2.85
SSE		0.64	4.44	1.93	0.29	0.00	7.30
S		0.71	1.76	0.65	0.15	0.00	3.27
SSW		1.43	2.56	0.33	0.05	0.00	4.36
SW		2.03	1.75	0.25	0.03	0.00	4.06
WSW		1.15	1.66	0.38	0.17	0.00	3.36
W		1.36	1.38	0.18	0.03	0.00	2.96
WNW		1.34	1.93	0.48	0.01	0.00	3.76
NW		1.95	2.88	0.19	0.03	0.00	5.06
NNW		1.69	1.92	0.13	0.07	0.00	3.80
Calma	3.25						3.25
Variabile		3.44	0.17	0.01	0.02	0.00	3.64
Totale	3.25	23.44	51.34	16.19	5.74	0.04	100.0

Da tali dati risulta che la condizione di vento più frequente è un vento fra 2 e 4 m/s, proveniente dai quadranti di NE e NNE.

Dai dati ENEL - AM si ricava la seguente distribuzione di classi di stabilità:

**Tabella 2.9: Distribuzione delle Classi di Stabilità**

CLASSI DI STABILITÀ							TOTALE
A	B	C	D	E	F+G	NEBBIA	
34.04	111.93	59.27	401.85	94.89	245.95	52.07	1000

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta  DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO  PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

Si evince che le classi di stabilità più frequenti sono la classe D (tipica per le condizioni diurne) e la classe F+G (rappresentativa delle condizioni notturne).

Sulla base dei dati contenuti nelle tabelle precedenti, le analisi delle conseguenze saranno effettuate considerando due condizioni meteorologiche: 5D (vento di 5 m/s e classe di stabilità D, rappresentativa delle condizioni più frequenti) e 2F (vento di 2 m/s e classe di stabilità F, rappresentativa delle condizioni più gravose per la dispersione atmosferica).

Dai dati ENEL-AM si evince inoltre che le condizioni ambientali più frequenti sono una temperatura fra 20 e 25 gradi e un'umidità relativa fra 80 e 90%. Si ipotizza una temperatura media del mare di 10 gradi inferiore a quella ambiente.

I dati utilizzati nei calcoli delle conseguenze sono quindi:

**Tabella 2.10: Riepilogo Dati Meteorologici Utilizzati nelle Analisi**

Temperatura Ambiente:	25 °C
Temperatura Mare:	13 °C
Umidità Relativa:	85 %
Condizioni Meteo:	2F, 5D

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta          DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO          PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
Settembre 2011	B-REL-003	Rev.0

### **2.3.3 Calcolo Portate di Rilascio**

Le portate di rilascio dalle tubazioni sono state calcolate in occasione dello studio del 2002 con l'ausilio del software PHAST 6.21 sviluppato da DNV. Sono state prese in considerazione due sostanze tipo:

- grezzo;
- benzina (rappresentativo anche del gasolio).

### **2.3.4 Analisi delle Conseguenze**

L'analisi delle conseguenze in termini di flussi di irraggiamento termico e sovrappressioni da esplosioni sono state effettuate nell'ambito dello studio del 2002 con l'ausilio del software PHAST 6.21 sviluppato da DNV: nel presente progetto si utilizzano i dati precedentemente calcolati, estrapolandoli ove necessario alla situazione attuale.

## **2.4 DEFINIZIONE DEL LIVELLO DI RISCHIO E ACCETTABILITÀ**

### **2.4.1 Valori di Riferimento**

Si riportano nei successivi paragrafi i principali parametri di riferimento necessari alla definizione delle conseguenze di eventi accidentali e dei relativi limiti di accettabilità per la sicurezza della vita umana e dell'ambiente.

#### **2.4.1.1 Irraggiamento termico**

Per quanto riguarda la valutazione delle conseguenze per irraggiamento termico viene fatto riferimento ai seguenti valori soglia (D.M. 09/05/2001):

- 12.5 kW/m<sup>2</sup>, valore soglia per raggiungimento dello stato plastico dei tubi, danni alle strutture, possibili effetti domino - elevata letalità;
- 7 kW/m<sup>2</sup>, valore soglia inizio letalità;

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta  DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO  PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

- 5 kW/m<sup>2</sup>, valore soglia per operatori protetti da adeguato equipaggiamento ignifugo - lesioni irreversibili per operatori non protetti;
- 3 kW/m<sup>2</sup>, valore soglia lesioni reversibili per operatori non protetti.

Si considera inoltre il valore soglia di 37.5 kW/m<sup>2</sup>, indicato in letteratura tecnica internazionale per danni ad apparecchiature di processo.

#### **2.4.1.2 Radiazione termica istantanea (flash fire)**

Per quanto riguarda la valutazione delle conseguenze per radiazione termica istantanea (flash fire) si fa riferimento ai seguenti valori soglia (D.M. 09/05/01):

- LFL, Lower Flammability Limit, valore soglia per elevata letalità;
- ½ LFL valore soglia di inizio letalità.

#### **2.4.1.3 Sovrappressione**

Per quanto riguarda la valutazione delle conseguenze per sovrappressione dovuta ad esplosione viene fatto riferimento ai seguenti valori soglia (D.M. 09/05/01):

- 0.6 bar, valore soglia elevata letalità in area aperta;
- 0.3 bar, danni alle strutture, effetti domino;
- 0.14 bar, valore soglia inizio letalità;
- 0.07 bar, valore soglia lesioni irreversibili;
- 0.03 bar, valore soglia lesioni reversibili.

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta  DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO  PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

## 2.4.2 Criteri di Accettabilità

### 2.4.2.1 Classificazione delle frequenze

La frequenza annua di accadimento di uno scenario incidentale che dia luogo ad un incendio o ad una esplosione viene calcolata valutando:

- la frequenza di accadimento dell'evento iniziatore;
- la probabilità che tale evento iniziatore dia origine ad uno scenario di incendio o esplosione a seguito di un innesco.

La definizione degli eventi che si considerano “credibili”, cioè di frequenza tale da non poter essere trascurati, viene fatta tenendo conto di riferimenti internazionali e nazionali. Considerato quanto indicato nelle linee guida Health and Safety Executive “Risk Criteria for Land-use Planning in the Vicinity of Major Industrial Hazards” il rischio si considera accettabile: “...below about 1 million in a year chance of death”. A livello internazionale nell’ambito dell’elaborazione di analisi di rischio si ritengono quindi “credibili” scenari incidentali che presentano una frequenza attesa di occorrenza superiore a  $1.0 \times 10^{-6}$ .

A livello nazionale si farà riferimento alle Linee Guida per la “Pianificazione di Emergenza Esterna per Impianti Industriali a Rischio di Incidente Rilevante” emanate dal Dipartimento della Protezione Civile nel Gennaio 1994, che riportano al Paragrafo 3.2.1 quali scenari più probabili quelli con frequenza di accadimento compresi tra  $1.0 \times 10^{-4}$  e  $1.0 \times 10^{-5}$ .

Alla luce di quanto sopra esposto si considera quindi che gli scenari incidentali con frequenze inferiori a  $1.0 \times 10^{-6}$  non siano da considerare credibili e possano essere trascurati nelle valutazioni conclusive.

Sulla base di tali riferimenti si adotterà la seguente classificazione degli eventi :

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta          DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO          PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
Settembre 2011	B-REL-003	Rev.0

**Tabella 2.11: Categorizzazione delle Frequenze di Accadimento**

CAT.	DESCRIZIONE	FREQUENZA ANNUALE
1	Evento atteso raramente	$1.0 \times 10^{-4} \div 1.0 \times 10^{-5}$
2	Evento che potrebbe accadere	$1.0 \times 10^{-3} \div 1.0 \times 10^{-4}$
3	Evento che potrebbe accadere durante la vita dell'impianto	$1.0 \times 10^{-2} \div 1.0 \times 10^{-3}$
4	Evento atteso più di una volta durante la vita dell'impianto	$> 1.0 \times 10^{-2}$

#### **2.4.2.2 Classificazione del danno ambientale**

Con riferimento a standard internazionali (DNV- 2001) la gravità di uno sversamento oleoso in mare viene classificata come segue:

**Tabella 2.12: Categorizzazione del Danno Ambientale**

CAT.	DESCRIZIONE	QUANTITÀ
1	Evento Minore	< 1,000 t
2	Evento Moderato	<10,000 t
3	Evento Grave Sversamento di entità elevata che può essere rimosso o sarà decomposto naturalmente dopo un certo tempo	< 100,000 t
4	Evento Molto Grave Notevole sversamento che non può essere rimosso e necessiterà di un lungo tempo per decomporsi naturalmente	>100,000 t

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta  DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO  PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
Settembre 2011	B-REL-003	Rev.0

### 2.4.2.3 Classificazione del danno alle persone

La gravità di un evento incidentale è classificata come segue:

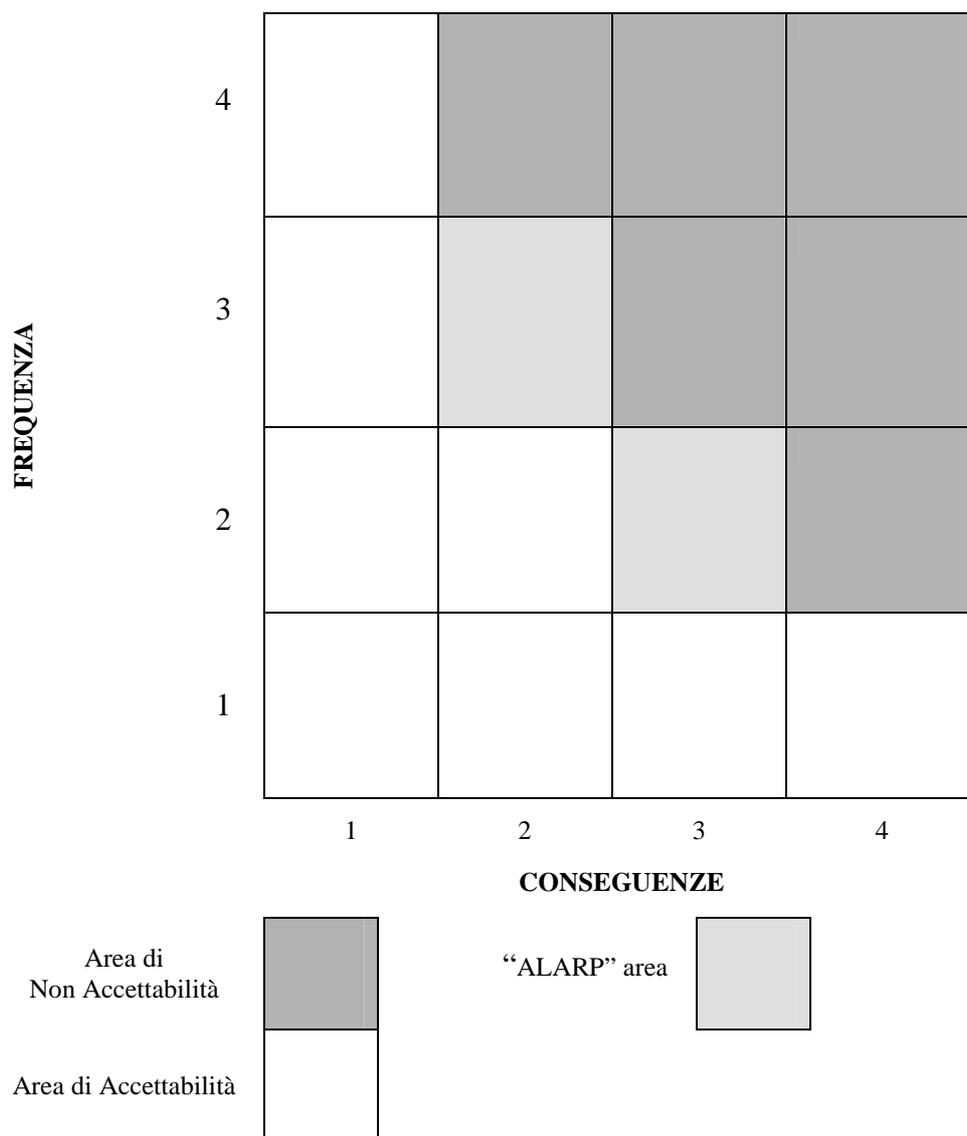
**Tabella 2.13: Categorizzazione del Rischio per le Persone**

CAT.	DESCRIZIONE
1	Evento Minore Nessun rischio per le zone limitrofe dall'impianto Possibili danni per gli operatori dell'impianto vicini all'evento
2	Evento Moderato Nessun rischio per le zone limitrofe dall'impianto Possibili danni per gli operatori dell'impianto anche lontani dall'evento Possibili effetti domino
3	Evento Grave Possibili rischio per le zone limitrofe dall'impianto Conseguenze fatali per gli operatori dell'impianto lontani dall'evento
4	Evento Molto Grave Possibile coinvolgimento di zone abitate Conseguenze fatali per gli operatori dell'impianto anche lontani dall'evento

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta</b> <b>DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO</b> <b>PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

#### 2.4.2.4 Matrici di Accettabilità

Per la valutazione del rischio associato agli scenari incidentali analizzati si applicano le seguenti matrici, con riferimento alle categorizzazioni di frequenza e severità delle conseguenze di cui alle sezioni precedenti.



**Figura 2.4: Matrice di Rischio**

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta          DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO          PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

Le zone bianche corrispondono alle zone di accettabilità mentre quelle in grigio scuro sono zone di non accettabilità. Le zone intermedie in grigio chiaro corrispondono a valori di rischio per i quali è opportuno adottare tutte le misure di prevenzione o di mitigazione tecnicamente ed economicamente praticabili (zona “ALARP”: “As Low As Reasonably Practicable”).

### **3 SCENARI INCIDENTALI PER IL TERMINALE OFF-SHORE**

#### **3.1 CONSIDERAZIONI GENERALI**

Il terminale off-shore sarà posto a circa 17 km al largo di Venezia, su fondali di circa 22 m. Data la posizione e la funzione del terminale, sono stati preliminarmente identificati una serie di possibili eventi incidentali che potrebbero interessare l’installazione:

- collisione nave
- impatto elicottero
- rottura dei bracci di carico
- rotture apparecchiature e impianti

Non sono stati considerati incidenti all’interno dei locali di servizio del Terminale poiché non si prevede che vi siano presenti sistemi di processo o stoccaggi di materiale pericolosi in quantità tali da causare eventi incidentali diversi da quelli presenti in qualsiasi area industriale.

Per ognuno degli eventi considerati si è sviluppata una analisi quantitativa preliminare delle frequenze di occorrenza e delle conseguenze attese.

L’analisi di dettaglio dei pericoli connessi ai sistemi installati al Terminale sarà condotta nelle successive fasi del progetto, allo scopo di ottimizzare i sistemi di sicurezza e i criteri di progettazione e di garantire l’incolumità del personale in servizio.

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta  DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO  PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

Per quanto riguarda lo sversamento di idrocarburi in mare, il progetto prevede una serie di misure atte a contenere l'eventuale diffusione di eventuali spanti. Esse comprendono:

- installazione di valvole a chiusura automatica lungo tutte le linee, in grado di isolare con tempi di reazione brevi i singoli tratti di linea o le apparecchiature più esposte a rischio di sversamenti (ad esempio bracci di carico)
- stesura di un sistema di panne a circoscrivere l'intero specchio d'acqua occupato dalle navi all'accosto
- realizzazione di un sistema di raccolta spanti dai piazzali dei pontili e di convogliamento mediante tubazione ad un sistema di trattamento, situato sulla testata dei pontili al terminale offshore e all'isola dei petroli

Tutte le analisi e i valori dei potenziali sversamenti riportati nel seguito sono basati su dati di letteratura e statistica internazionali, che quindi prescindono dalla considerazione dell'efficacia di sistemi di sicurezza dedicati e non possono tenere in dovuto conto i miglioramenti tecnologici; le valutazioni quantitative proposte sono pertanto da intendersi sempre largamente conservative, mentre le considerazioni finali tengono conto almeno a livello qualitativo della presenza di specifici sistemi di sicurezza e prevenzione.

Con specifico riferimento allo scenario di sversamento in mare, il sistema di panne previsto a chiusura dell'area del terminale durante le operazioni di carico e scarico consente di contenere eventuali spandimenti, anche nelle condizioni meteomarine più severe prevedibili per l'utilizzo dell'impianto.

A tale riguardo si ricorda che la statistica del moto ondoso al largo evidenzia una probabilità di superamento dell'altezza significativa ( $H_s$ ) pari approssimativamente a:

- 2.5% per  $H_s = 1.75$  m
- 0.8% per  $H_s = 2.25$  m

Tenuto conto dell'effetto di smorzamento del moto ondoso all'interno del bacino (onda residua pari a circa il 20%- 30% di quella all'esterno) e dei requisiti di operatività del terminale, si può assumere che durante le operazioni di scarico il moto ondoso nell'area di ormeggio presenti altezze significative  $H_s$  non superiori a 0.5 - 0.7 m, ben compatibili con l'efficacia di panne di tipo offshore.

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta  DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO  PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

Le panne saranno inoltre dotate di sistemi di aggancio e sgancio rapido, in modo da consentire l'accesso all'area di mezzi di soccorso o l'allontanamento della petroliera in caso di emergenza.

## **3.2 CALCOLO FREQUENZE DEGLI EVENTI INCIDENTALI**

### **3.2.1 *Collisione con Nave***

I risultati del calcolo delle frequenze connesse allo scenario di rilascio di idrocarburi dalle stive di una nave in seguita ad un impatto sono riportati nella seguente Tabella 3.1.

I dati sono estrapolati a partire dalle informazioni contenute nello studio del 2002, aggiornati in funzione delle nuove condizioni di esercizio del terminale.

La categorie di incidente ritenute possibili al terminale sono:

- collisione di nave di passaggio con petroliere all'ormeggio
- collisione di nave alla deriva
- collisione in fase di attracco delle petroliere
- collisione di mezzi di servizio con le petroliere all'ormeggio

Le frequenze incidentali sono calcolate con riferimento ad un movimento portuale di 5000 navi/anno, all'incirca equivalente a quello considerato nel progetto del 2002, e conservativo rispetto ai movimenti registrati negli anni più recenti, che si sono attestati intorno a 4300 unità.

Per quanto riguarda la movimentazione di navi petroliere al terminale, si sono assunti invece circa 430 approdi/anno, di cui 100 riferiti al greggio e 330 ai prodotti raffinati (benzina, gasolio).

Tale frequenza è inferiore di circa 1/3 a quella considerata nel progetto 2002 (645 navi) che prevedeva lo scarico al terminale di tutti gli idrocarburi attualmente movimentati via nave nell'area industriale di Marghera .

Per quanto riguarda la metodologia di calcolo delle frequenze incidentali e le entità dei rilasci si sono utilizzati gli stessi dati alla base delle stime del 2002: è tuttavia da tener presente che la nuova configurazione delle dighe foranee e la possibile presenza futura del terminal commerciale, offrirà una maggiore protezione alle navi all'ormeggio rispetto ad una potenziale collisione con navi in

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

transito o alla deriva, contribuendo a ridurre ulteriormente la probabilità di impatto. Una analisi più dettagliata potrà essere svolta in una fase successiva del progetto, anche alla luce delle decisioni in merito al possibile sviluppo della sezione commerciale del terminale.

La collisione di mezzi di servizio (rimorchiatori, bettoline per bunkeraggio, pilotine, mezzi ormeggiatori, ecc) con una nave all'ormeggio, seppure potenzialmente caratterizzata da una significativa frequenza, non è attesa avere conseguenze in termini di sversamenti. La bassa velocità nelle fasi di manovra unita alle dimensioni contenute dei natanti coinvolti e alla presenza del doppio scafo su tutte le navi che accedono al terminale, rende infatti irrealistica l'ipotesi di un danno grave allo scafo, tale da comportare significative fuoriuscite di prodotti.

Sulla base delle predette considerazioni, la seguente tabella 3.1 riporta la distribuzione delle entità di rilascio e le relative frequenze per le diverse categorie di incidente e complessive.

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta          DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO          PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

**Tabella 3.1: Terminale offshore - Frequenza Rilasci in Mare**

incidente	ENTITÀ RILASCIO	FREQUENZA (eventi/anno)
nave di passaggio	< 7 tonnellate	$4.00 \times 10^{-3}$
	Fra 7 e 700 tonnellate	$4.30 \times 10^{-4}$
	> 700 tonnellate	$2.40 \times 10^{-5}$
nave alla deriva	< 7 tonnellate	$6.00 \times 10^{-5}$
	Fra 7 e 700 tonnellate	$6.50 \times 10^{-6}$
	> 700 tonnellate	$4.00 \times 10^{-7}$
nave in accosto	< 7 tonnellate	$3.30 \times 10^{-6}$
	Fra 7 e 700 tonnellate	$3.60 \times 10^{-7}$
	> 700 tonnellate	$1.50 \times 10^{-8}$
complessivo	< 7 tonnellate	$4.06 \times 10^{-3}$
	Fra 7 e 700 tonnellate	$4.37 \times 10^{-4}$
	> 700 tonnellate	$2.44 \times 10^{-5}$

I rilasci oltre le 7 tonnellate sono stati considerati “notevoli” mentre i casi sotto le 7 tonnellate sono definiti “contenuti”. La frequenza totale di un “notevole” rilascio risulta essere di  **$4.6 \times 10^{-4}$  eventi/anno** mentre quella dei rilasci “contenuti” risulta essere  **$4.1 \times 10^{-3}$  eventi/anno**.

Per un maggior dettaglio sui calcoli e sulle ipotesi considerati nelle varie tipologie di impatto considerate si rimanda ai successivi sottoparagrafi.

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta  DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO  PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

### ***3.2.1.1 Nave di passaggio***

Lo scenario si riferisce alla possibile collisione di una nave di passaggio fuori rotta con una nave attraccata al pontile. Il calcolo della frequenza di tale evento incidentale è stato effettuato applicando la metodologia descritta al Capitolo 2.

L'analisi della carta nautica relativa al porto di Venezia ha permesso di identificare 4 percorsi principali (corridoi) di passaggio per le navi dirette al porto.

Si è considerato il traffico uniformemente distribuito sui 4 percorsi e si sono considerati 2 passaggi per ogni nave (ingresso ed uscita). I percorsi considerati sono quello di ingresso e quello di uscita dal canale Malamocco - Marghera e due corridoi sulla direttiva Nord - Sud come mostrato in Figura 3.1. Grazie alla disposizione del Terminale, l'impatto di una nave diretta al canale Malamocco - Marghera che naviga in direzione Ovest non è stata considerata in quanto l'eventuale impatto avverrebbe nel lato protetto del terminale e non potrebbe andare ad interessare una nave in carico/scarico.

TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta  
DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO  
PROGETTO PRELIMINARE

Analisi di rischio

Settembre 2011

B-REL-003

Rev.0

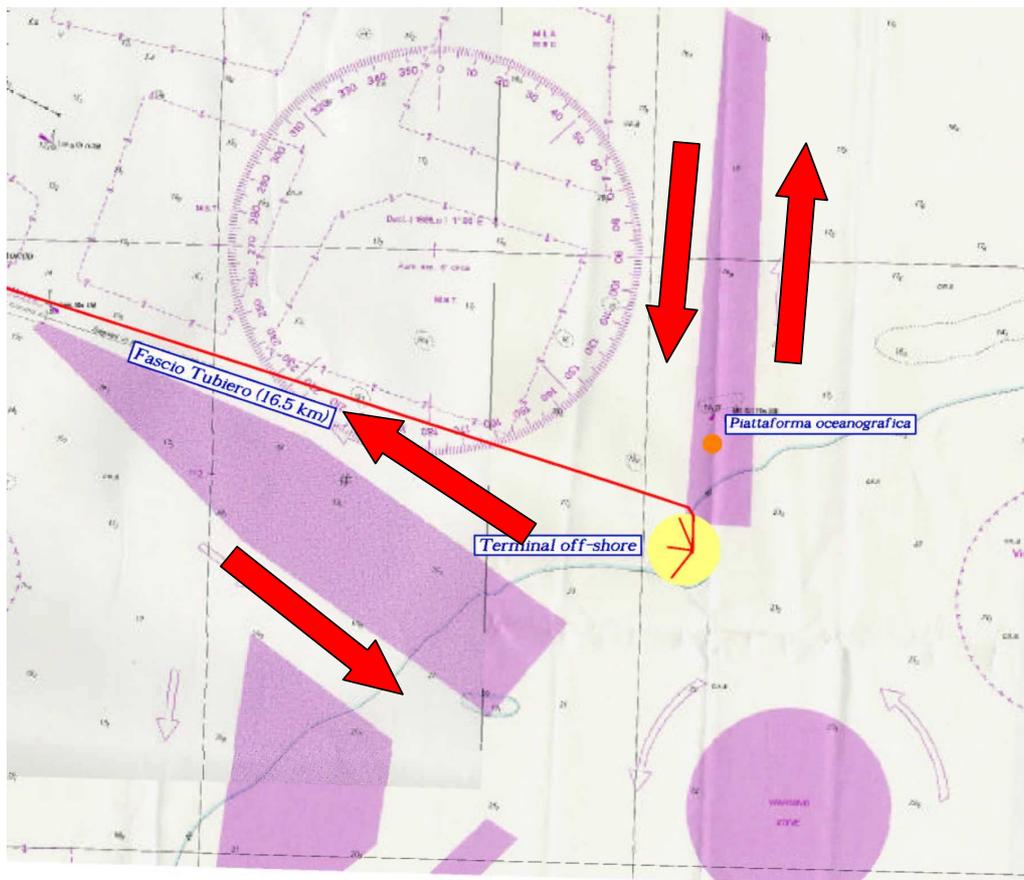


Figura 3.1: Impatto da Nave - Nave Fuori Rotta - Corridoi di Transito Considerati

La frequenza attesa di impatto di una nave di passaggio con una nave in carico/scarico risulta uguale a  $6.8 \times 10^{-2}$  collisioni/anno. Tale valore è stato moltiplicato per un fattore correttivo che tiene conto della probabilità che, qualora avvenga l'impatto di una nave di passaggio con le banchine, sia presente una petroliera all'accosto. Il risultato complessivo (che tiene in considerazione il traffico marittimo attuale) è di  $6.6 \times 10^{-3}$  collisioni/anno.

E' fondamentale considerare che il valore calcolato fa riferimento alla posizione attuale dei corridoi di transito, che verranno spostati per tenere conto della presenza del Terminale. In particolare il risultato sopra ottenuto è pesantemente influenzato dalla vicinanza del corridoio proveniente da Nord. L'allontanamento di questo ad una distanza maggiore (indicativamente 3 km terminale-asse del corridoio) ridurrà drasticamente il valore della probabilità di collisione.

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta          DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO          PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
Settembre 2011	B-REL-003	Rev.0

Considerata la probabilità che tale evento porti ad uno svernamento in mare di idrocarburi si ottiene:

**Tabella 3.2: Terminale offshore- Nave di Passaggio - Frequenza Rilasci in Mare**

ENTITÀ RILASCIO	FREQUENZA (eventi/anno)
< 7 tonnellate	$4.0 \times 10^{-3}$
Fra 7 e 700 tonnellate	$3.9 \times 10^{-4}$
> 700 tonnellate	$2.4 \times 10^{-5}$

### **3.2.1.2 Nave alla deriva**

L'applicazione della metodologia descritta nel Capitolo 2, considerando una velocità media di 10 nodi, ha portato ad ottenere che la frequenza attesa di impatto dovuto a navi alla deriva risulta essere dell'ordine di  **$4.9 \times 10^{-3}$  eventi/anno**. Applicando i valori di probabilità di sversamento in mare già utilizzati nei paragrafi precedenti si ottiene:

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO PROGETTO PRELIMINARE</b>		
Analisi di rischio		
Settembre 2011	B-REL-003	Rev.0

**Tabella 3.3: Terminale - Nave alla Deriva - Frequenza Rilasci in Mare**

ENTITÀ RILASCIO	FREQUENZA (eventi/anno)
< 7 tonnellate	$6.0 \times 10^{-5}$
Fra 7 e 700 tonnellate	$6.6 \times 10^{-6}$
> 700 tonnellate	$4.0 \times 10^{-7}$



**Figura 3.2: Impatto da Nave - Nave alla Deriva - Settori Considerati**

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta          DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO          PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
Settembre 2011	B-REL-003	Rev.0

### 3.2.1.3 Nave in Attracco al Terminale

L'analisi storica dei dati incidentali evidenzia, come è logico attendersi, che la frequenza di accadimento è fortemente influenzata dalla modalità di attracco cioè se esso avvenga con o senza assistenza. Sulla base delle informazioni disponibili attualmente, si assume che tutti gli attracchi saranno assistiti.

La frequenza di impatto risulta uguale a  **$5.5 \times 10^{-6}$  eventi/anno**.

Le frequenze di impatto con rilascio calcolate considerando le medesime probabilità di sversamento utilizzate nei paragrafi precedenti sono riportate nella seguente Tabella 3.4.

**Tabella 3.4: Terminale offshore - Nave in Attracco al Terminale - Frequenza dei Rilasci in Mare**

ENTITÀ RILASCIO	FREQUENZA (eventi/anno)
< 7 tonnellate	$3.3 \times 10^{-6}$
Fra 7 e 700 tonnellate	$3.6 \times 10^{-7}$
> 700 tonnellate	$1.5 \times 10^{-8}$

### 3.2.2 Collisione con Elicottero

L'analisi dei dati storici riguardanti gli incidenti con elicotteri ha portato a stimare una frequenza incidentale pari a  $9.6 \times 10^{-2}$  eventi/anno (TNO, 1991 sulla base di dati WAAS, World Aircraft Accidental Summary).

Anche in considerazione della distanza dell'eliporto dalla zona di manovra e attracco delle navi, non si ritiene tuttavia che tale evento possa avere conseguenze significative per cose o persone al di fuori dell'elicottero stesso e del proprio equipaggio; l'evento non sarà quindi ulteriormente analizzato.

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta          DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO          PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
Settembre 2011	B-REL-003	Rev.0

### 3.2.3 Rottura dei Bracci di Carico

Si fa riferimento alle stesse frequenze incidentali unitarie utilizzate per l'analisi di rischio del progetto 2002.

Tenendo conto che il progetto attuale prevede 430 operazioni di carico/scarico, utilizzando 3 bracci di carico per il greggio (circa 100 accosti) e 2 bracci di carico per benzine e gasoli (circa 330 accosti), si sono estrapolate le seguenti frequenze incidentali, rispettivamente per rotture con foro (diametro di riferimento equivalente = 50 mm) e a ghigliottina (rottura completa).

**Tabella 3.5: Bracci di Carico - Frequenze di Rottura**

ROTTURA A GHIGLIOTTINA (ev/anno)	FORO (eventi/anno)
$3.7 \times 10^{-4}$	$3.7 \times 10^{-2}$

Considerato che i bracci di carico saranno dotati di valvole ad intercettazione rapida si è supposto una durata del rilascio pari ad 1 minuto.

### 3.2.4 Perdite da apparecchiature e impianti

La tabella riporta le varie frequenze incidentali su base annua, che sono state ottenute sommando i contributi dei diversi apparecchi che compongono l'impianto di ricezione al terminale (tubazioni, flange, valvole, pompe, trappole pig) e tenendo conto dello sviluppo preliminare delle tubazioni interne e di una ragionevole stima del numero di flange e valvole di linea.

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta          DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO          PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
Settembre 2011	B-REL-003	Rev.0

**Tabella 3.6: Apparecchiature e impianti Frequenze di rottura**

Diametro foro	Totale	Greggio	Benzina	Gasolio
	(eventi/anno)			
fino a 50 mm	$5.7 \times 10^{-2}$	$9.0 \times 10^{-3}$	$2.4 \times 10^{-2}$	$2.4 \times 10^{-2}$
150 mm	$7.4 \times 10^{-3}$	$1.4 \times 10^{-3}$	$3.0 \times 10^{-3}$	$3.0 \times 10^{-3}$

E' da considerare che la statistica è di validità generale e non tiene conto quindi né delle specifiche attività di manutenzione del terminale (ispezioni visive, misure periodiche di spessore, ecc), né del tempo in cui le tubazioni rimarranno inattive, a pressione ridotta o nulla o riempite con acqua.; tutti elementi che contribuiscono a ridurre in modo significativo i rischi di rotture e le conseguenze degli eventuali sversamenti.

### **3.3 ANALISI DELLE CONSEGUENZE**

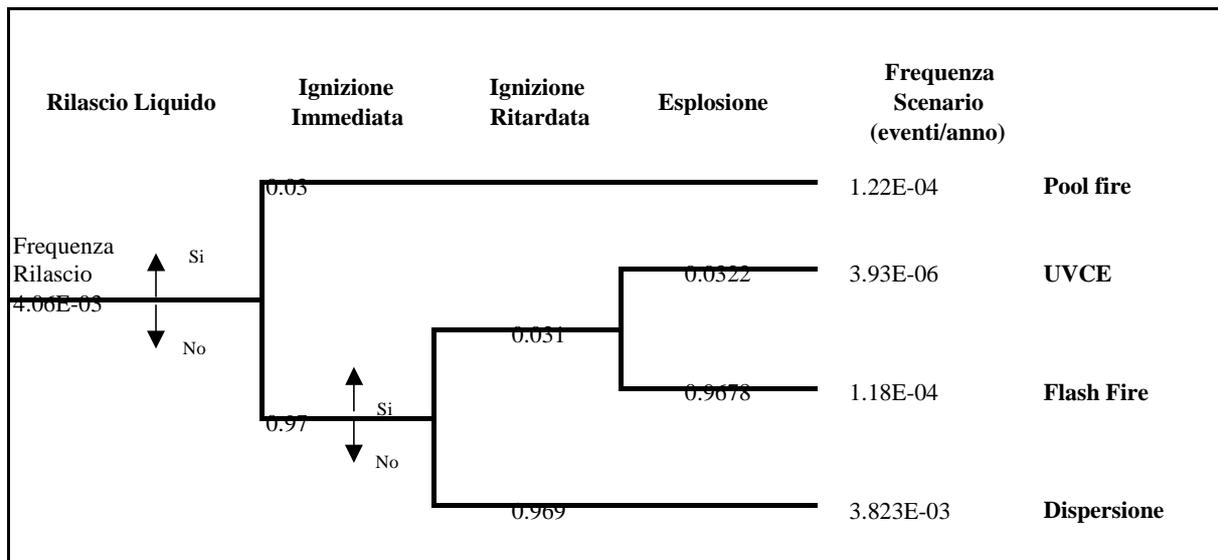
#### **3.3.1 Collisione da Nave**

L'analisi delle conseguenze è condotta con riferimento a due valori tipici per le portate di efflusso: 31 kg/s per le fuoriuscite significative e 8.3 kg/s per quelle limitate. Tali valori sono desunti dai dati e delle relazioni riportate in letteratura (TNO, 1999).

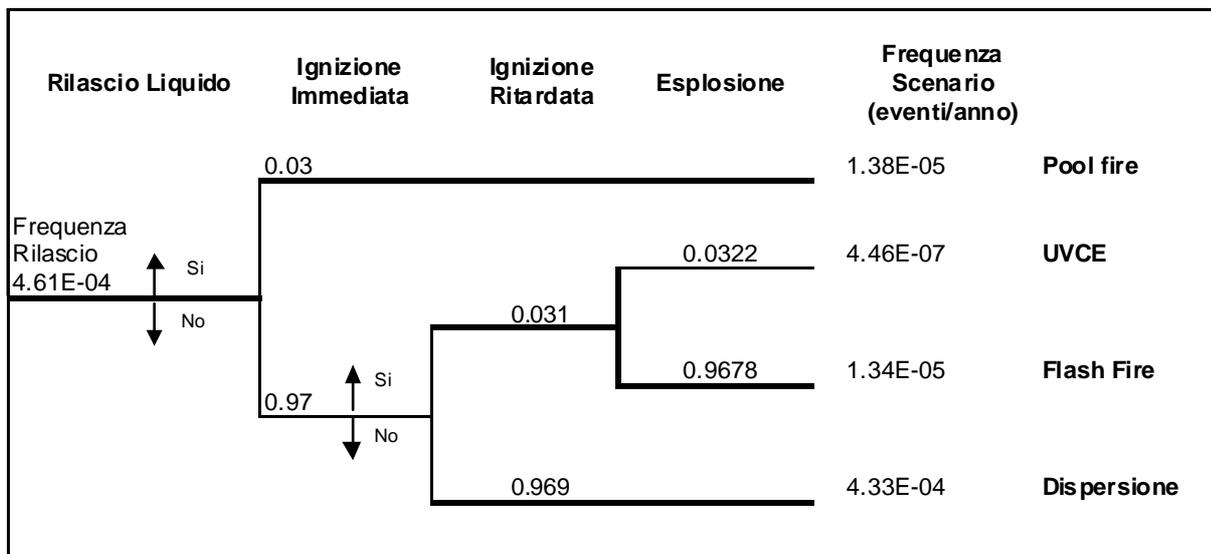
Di seguito sono riportati gli alberi degli eventi per la identificazione degli scenari. I rilasci oltre le 7 tonnellate sono stati considerati "notevoli" e nell'albero degli eventi relativo è stata inserita la frequenza di accadimento somma di tutti i casi sopra le 7 tonnellate. I casi sotto le 7 tonnellate sono stati definiti "contenuti".

Per quanto riguarda la dispersione di prodotto in mare, il progetto considera la presenza di panne galleggianti che chiudono i due settori del terminale, contenendo il rilascio in uno specchio d'acqua con area di circa 100.000 m<sup>2</sup>.

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta          DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO          PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>



**Figura 3.3: Terminale offshore - Albero degli Eventi – Collisione da nave - Rilasci Contenuti**



**Figura 3.4: Terminale offshore - Albero degli Eventi – Collisione da nave - Rilasci Notevoli**

Dall'analisi delle frequenze di accadimento degli scenari, risulta che l'esplosione (UVCE) non è considerata credibile.

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO PROGETTO PRELIMINARE</b>		
Analisi di rischio		
Settembre 2011	B-REL-003	Rev.0

L'analisi delle conseguenze viene quindi sviluppata per i seguenti scenari:

- incendio;
- flash fire;
- dispersione;

per i casi di rilascio di Greggio (Caso 1) e Benzina (Caso 2).

I risultati della analisi delle conseguenze sono riportati nelle tabelle seguenti:

**Tabella 3.7: Terminale - Poolfire - Distanze delle Curve di Irraggiamento - Rilascio Contenuto (Piccolo Spillamento)**

Caso	Condizione Atmosferica	Diametro Pozza (m)	Distanze (m)		
			37.5 kW/m <sup>2</sup>	12.5 kW/m <sup>2</sup>	7 kW/m <sup>2</sup>
1	2F	5.3	---	102	116
	5D	5.2	---	95	104
2	2F	5.0	---	76	85
	5D	4.9	---	69	76

**Tabella 3.8: Terminale - Flash Fire - Distanze Soglia di Letalità- Rilascio Contenuto**

Caso	Condizione Atmosferica	Distanze (m)	
		½ LFL	LFL
1	2F	110	83
	5D	89	64
2	2F	77	106
	5D	42	69

Sulla base della categorizzazione proposta l'evento risulta:

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO PROGETTO PRELIMINARE</b>		
Analisi di rischio		
Settembre 2011	B-REL-003	Rev.0

**Tabella 3.9: Terminale - Categorizzazione degli Eventi – Collisione da nave - Rilascio Contenuto**

Categorizzazione	Incendio	Flash Fire	Esplosione	Dispersione
Frequenza Attesa:	2	2	---	3
Danni a Persone	1	2	---	---
Danni all'Ambiente	---	---	---	1

**Tabella 3.10: Terminale - Poolfire - Distanze delle Curve di Irraggiamento - Rilascio Notevole (Spillamento Grave)**

Caso	Condizione Atmosferica	Diametro Pozza (m)	Distanze (m)		
			37.5 kW/m <sup>2</sup>	12.5 kW/m <sup>2</sup>	7 kW/m <sup>2</sup>
1	2F	7.5	12	19	22
	5D	7.4	13	20	23
2	2F	7.0	---	114	126
	5D	7.0	86	106	116

**Tabella 3.1: Terminale - Flash Fire - Distanze Soglia di Letalità -Rilascio Notevole**

Caso	Condizione Atmosferica	Distanze (m)	
		½ LFL	LFL
1	2F	208	158
	5D	130	86
2	2F	202	151
	5D	110	67

Sulla base della categorizzazione proposta l'evento risulta:

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta          DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO          PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
Settembre 2011	B-REL-003	Rev.0

**Tabella 3.12: Terminale - Categorizzazione degli Eventi – Collisione da nave - Rilascio Notevole**

Categorizzazione	Incendio	Flash Fire	Esplosione	Dispersione
Frequenza Attesa:	1	1	---	2
Danni a Persone	2	2	---	---
Danni all'Ambiente	---	---	---	2

### **3.3.2 Rottura Bracci di Carico**

L'analisi delle conseguenze degli sversamenti è stata condotta nello studio del 2002 sulla base di parametri di progetto parzialmente diversi da quelli attuali. La tabella 3.13 e 3.14 riportano il confronto tra le due situazioni, in termini di condizioni operative e di portate di efflusso.

La situazione del progetto attuale risulta più favorevole rispetto a quella precedente, prevedendo portate di efflusso uguali o inferiori (fino al 25%) di quelle del 2002: a titolo conservativo si sono tuttavia considerate ancora validi i risultati ottenuti nel precedente studio per quanto riguarda le condizioni di innesco e lo sviluppo delle conseguenze.

Il calcolo condizioni riferito al presente progetto si basa sull'assunzione che la portata di progetto nelle condizioni di massima densità del prodotto (6000 m<sup>3</sup>/h a 0.93 Mg/m<sup>3</sup> per il greggio, 2500 m<sup>3</sup>/h a 0.85 Mg/m<sup>3</sup> per benzine e gasoli) sia scaricata attraverso 2 bracci di carico.

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta</b> <b>DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO</b> <b>PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
Settembre 2011	B-REL-003	Rev.0

**Tabella 3.13: Rottura Bracci di Carico - Dati Generali**

PARAMETRO	Progetto 2002		Progetto attuale	
	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2
Temperatura	25 °C	25 °C	25 °C	25 °C
Pressione	10 barg	10 barg	10 barg	10 barg
Portata Operativa	1044 kg/s	283 kg/s	775 kg/s	295 kg/s
Diametro Tubazione	-	-	-	-
Fluido	Grezzo	Benzina	Grezzo	Benzina
Foro	50 mm, rottura completa			

Lo studio del 2002 ha determinato le portate di efflusso ipotizzando un diametro del foro pari a 50 mm e, per quanto riguarda la rottura totale, una fuoriuscita pari al doppio della portata operativa così da tenere conto dello spostamento del punto di lavoro delle pompe dovuto alla perdita di contropressione.

Si è considerato che i bracci di carico saranno equipaggiati con valvole ad intercettazione rapida: pertanto si supporrà una durata del rilascio pari a 1 minuto.

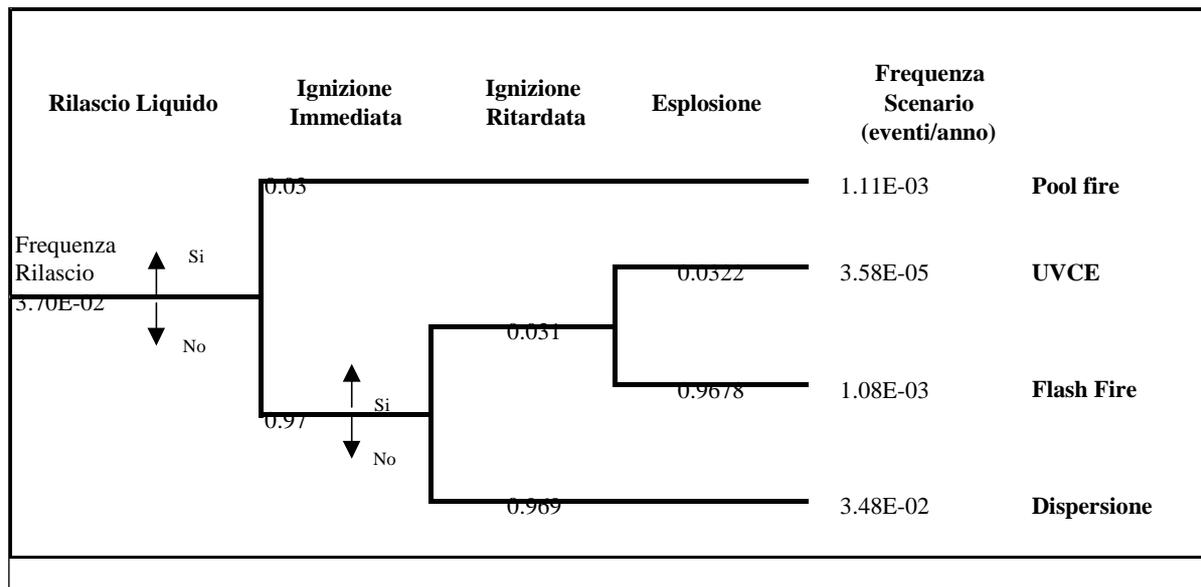
Le portate di efflusso nei due scenari sono riportate nella tabella seguente.

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta          DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO          PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

**Tabella 3.14: Rottura dei Bracci di Carico - Portata di Efflusso**

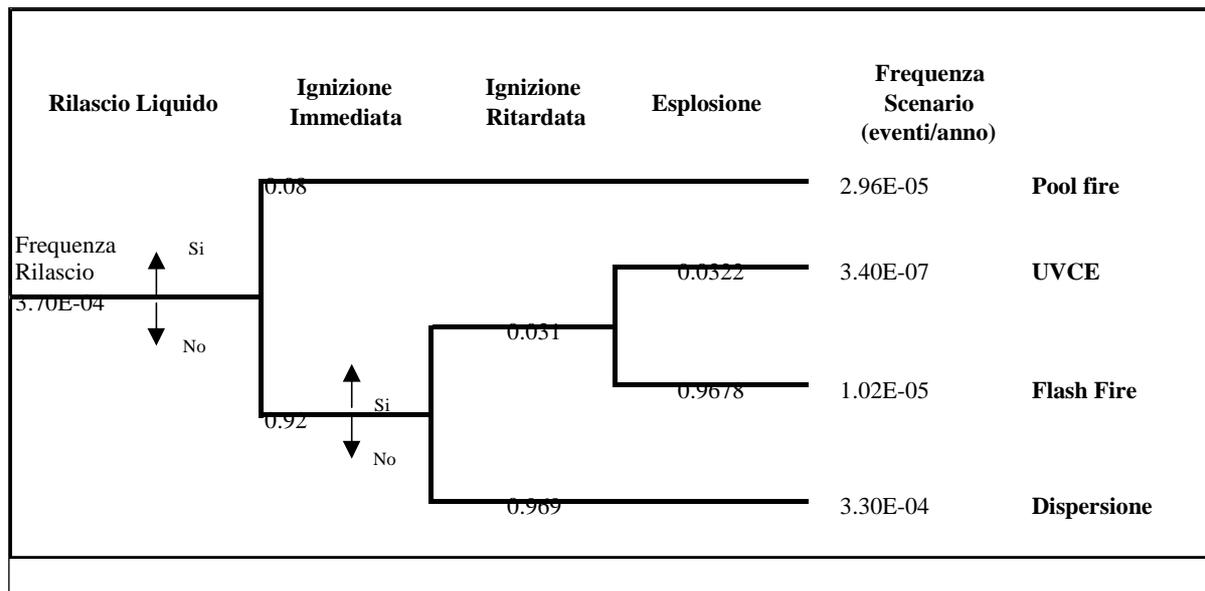
FORO	Progetto 2002		Progetto attuale	
	PORTATA DI EFFLUSSO (kg/s)		PORTATA DI EFFLUSSO (kg/s)	
	Caso 1	Caso 1	Caso 1	Caso 2
50 mm	42.7	42.7	42.7	46.2
Rottura totale	2088	2088	1550	590

Nelle seguenti figure sono riportati gli alberi degli eventi relativi agli scenari di rottura dei bracci di carico.



**Figura 3.5: Rottura dei Bracci di Carico - Albero degli Eventi – Foro da 50 mm**

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta          DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO          PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>



**Figura 3.6: Rottura dei Bracci di Carico - Albero degli Eventi - Rottura a Ghigliottina**

Dall'analisi dei risultati degli alberi degli eventi risulta che tutti gli scenari sono credibili.

La quantità totale di idrocarburo rilasciata risulta essere:

**Tabella 3.15: Rottura Bracci di Carico - Quantificazione del Rilascio in Mare**

FORO	RILASCIO IN MARE (kg)	
	Caso 1	Caso 2
50 mm	2562	2772
ghigliottina	93000	35400

Di seguito sono riportate le tabelle con le distanze dei valori di soglia per i vari scenari attesi, conservativamente riferiti ai valori di rilascio dello studio del 2002, che su risultano nel caso più gravoso (caso 1 - rottura a ghigliottina) superiori del 25% a quelli attuali.

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta          DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO          PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

Per la rottura con foro da 50 mm si ottiene:

**Tabella 3.16: Rottura dei Bracci di Carico - Poolfire - Distanze delle Curve di Irraggiamento - Foro da 50 mm**

Caso	Condizione Atmosferica	Diametro Pozza (m)	Distanze (m)		
			37.5 kW/m <sup>2</sup>	12.5 kW/m <sup>2</sup>	7 kW/m <sup>2</sup>
1	2F	5.2	33	38	40
	5D	3.8	39	42	43
2	2F	6.3	33	40	45
	5D	5.8	37	46	51

**Tabella 3.17: Rottura Bracci di Carico - Flash Fire - Distanze Soglia di Letalità - Foro da 50 mm**

Caso	Condizione Atmosferica	Distanze (m)	
		½ LFL	LFL
1	2F	319	241
	5D	219	161
2	2F	271	193
	5D	191	138

**Tabella 3.18: Rottura dei Bracci di Carico - Esplosione- Distanze delle Curve di Sovrapressione- Foro da 50 mm**

Caso	Condizione Atmosferica	Massa Infiammabile (kg)	Distanze (m)		
			0.3 bar	0.14	0.07
1	2F	196	28	67	147
	5D	607	41	82	143
2	2F	110	23	46	110
	5D	343	34	66	116

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta          DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO          PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
Settembre 2011	B-REL-003	Rev.0

Sulla base della categorizzazione proposta l'evento risulta:

**Tabella 3.19: Rottura dei Bracci di Carico - Categorizzazione degli Eventi - Foro da 50mm**

Categorizzazione	Incendio	Flash Fire	Esplosione	Dispersione
Frequenza Attesa:	3	3	1	4
Danni a Persone	1	2	2	---
Danni all'Ambiente	---	---	---	1

Per la rottura a ghigliottina risultano:

**Tabella 3.20: Rottura dei Bracci di Carico - Poolfire - Distanze delle Curve di Irraggiamento - Rottura a Ghigliottina**

Caso	Condizione Atmosferica	Diametro Pozza (m)	Distanze (m)		
			37.5 kW/m <sup>2</sup>	12.5 kW/m <sup>2</sup>	7 kW/m <sup>2</sup>
1	2F	23.9	---	16	27
	5D	23.9	---	20	32
2	2F	15.3	---	23	29
	5D	15.3	---	13	16

**Tabella 3.21: Rottura dei Bracci di Carico - Flash Fire - Distanze Soglia di Letalità- Rottura a Ghigliottina**

Caso	Condizione Atmosferica	Distanze (m)	
		½ LFL	LFL
1	2F	810	412
	5D	214	140
2	2F	205	94
	5D	99	62

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta          DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO          PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
Settembre 2011	B-REL-003	Rev.0

**Tabella 3.22: Rottura dei Bracci di Carico - Esplosione - Distanze delle Curve di Sovrapressione- Rottura a Ghigliottina**

Caso	Condizione Atmosferica	Massa Infiammabile (kg)	Distanze (m)		
			0.3 bar	0.14	0.07
1	2F	13661	125	233	448
	5D	263	31	62	318
2	2F	562	39	87	193
	5D	1577	56	111	193

Sulla base della categorizzazione proposta gli scenari possibili presentano la seguente classificazione:

**Tabella 3.23: Rottura dei Bracci di Carico - Categorizzazione degli Eventi - Rottura a Ghigliottina**

Categorizzazione	Incendio	Flash Fire	Esplosione	Dispersione
Frequenza Attesa:	1	1	---	2
Danni a Persone	1	2	--	---
Danni all'Ambiente	---	---	---	1

### **3.3.3 Rottura Tubazioni e apparecchiature**

La rottura delle tubazioni o di apparecchiature può comportare sversamenti di diversa entità in funzione della gravità del danno.

Si è assunto che la fuoriuscita possa avere una durata di 3 minuti prima che intervenga la chiusura delle valvole di sezionamento (in parte assunte ad azionamento manuale) e che nel tempo possa prodursi il completo svuotamento del tratto di linea compreso tra due sezionamenti (valore che tiene conto della peggiore ipotesi di rottura, nel punto più basso della linea) .

Si assume inoltre che solamente il 20% del prodotto fuoriuscito possa disperdersi nell'ambiente (in acqua) o propagarsi a formare pozze di entità sufficiente all'innesco, grazie alla funzione di raccolta e smaltimento esercitata dai sistemi di contenimento e raccolta spanti.

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO PROGETTO PRELIMINARE</b>		
Analisi di rischio		
Settembre 2011	B-REL-003	Rev.0

Il calcolo è basato sulle seguenti assunzioni:

- le linee interne e le singole apparecchiature hanno un diametro nominale ridotto rispetto a quello della pipeline (sezione pari al 50%)
- ogni linea e apparecchiatura è interessata da una portata pari al 50% di quella massima nominale del terminale
- sono presenti valvole di intercettazione disposte a distanze non superiori a 200 m per il greggio e a 400 m per benzine e gasoli (volumi massimi dei vari tratti di linea compresi rispettivamente tra 79 m<sup>3</sup> per il greggio e 56 m<sup>3</sup> per benzine e gasoli)

**Tabella 3.24: Rottura apparecchiature - Dati Generali**

PARAMETRO	CASO 1	CASO 2
Temperatura	25 °C	25 °C
Pressione	10 barg	10 barg
Portata Operativa	750 kg/s	280 kg/s
Fluido	Grezzo	Benzina

Le due categorie di danno (foro fino a 50 mm e foro di 150 mm) determinano le seguenti portate massime di efflusso e i relativi quantitativi sversati e dispersi in ambiente (la portata di efflusso è limitata nel caso 2 con foro da 150 mm alla portata nominale della linea)

**Tabella 3.25: Rottura apparecchiature – Portate di efflusso**

FORO	PORTATA DI EFFLUSSO (kg/s)	
	Caso 1	Caso 2
50 mm	42.7	46.2
150 mm	465	280

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta</b> <b>DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO</b> <b>PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
Settembre 2011	B-REL-003	Rev.0

**Tabella 3.26: Rottura apparecchiature – Portate disperse**

evento		PORTATA DISPERSA IN AMBIENTE (kg)	
		Caso 1	Caso 2
foro 50 mm	fuoriuscita diretta	7800	8300
	svuotamento linea	73000	48000
	totale	80800	56300
	quota dispersa (20%)	16160	11250
foro 150 mm	fuoriuscita diretta	83700	50400
	svuotamento linea	73000	48000
	totale	156700	98400
	quota dispersa (20%)	31350	19700

Le portate di efflusso e le quantità disperse in mare sono dello stesso ordine di grandezza o inferiori a quelle registrate per i bracci di carico.

Per tale motivo si assumono validi gli stessi risultati (distanze curve di irraggiamento, distanze soglie di letalità) determinati per le perdite dai bracci di carico.

In particolare si adotta la stessa ripartizione percentuale delle frequenze incidentali considerata per le due ipotesi di rottura dei bracci di carico e i valori delle conseguenze determinate per la rottura a ghigliottina dei bracci di carico (la condizione più prossima a quella del presente scenario, seppure largamente conservativa)

E' anche da tener conto, che dopo la chiusura delle valvole di intercettazione, lo svuotamento della linea avverrà con tempi molto lunghi, a causa della repentina diminuzione di pressione, e in molti

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
Settembre 2011	B-REL-003	Rev.0

casi in modo solo parziale (in funzione della posizione della perdita e della configurazione di linea), rendendo ulteriormente cautelativi i risultati ottenuti.

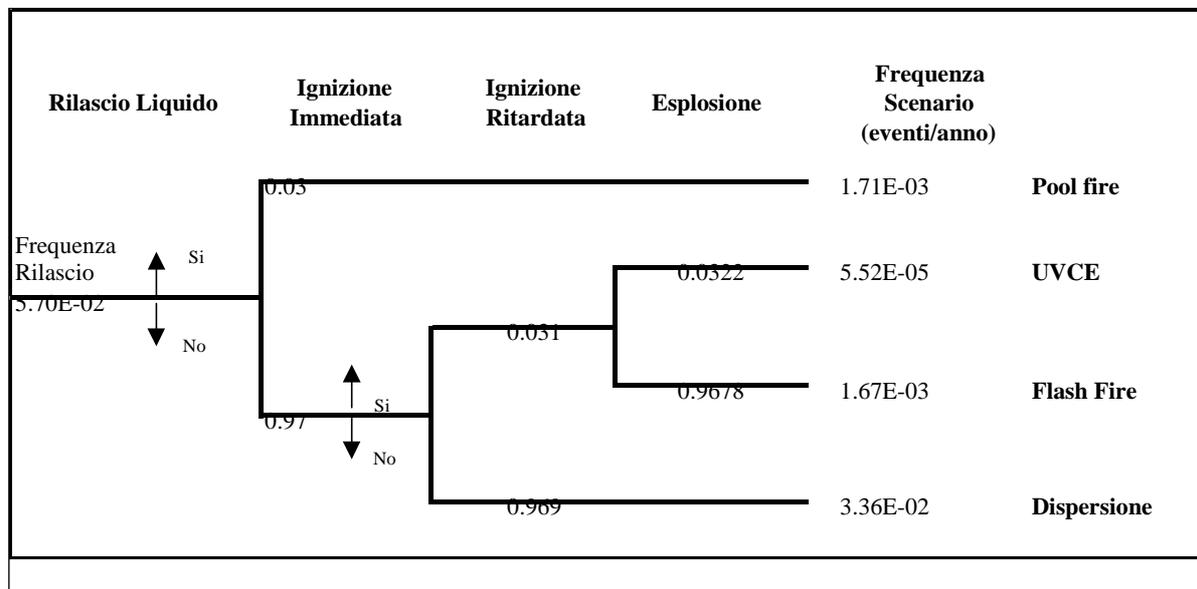


Figura 3.7: Rottura delle apparecchiature - Albero degli Eventi – Foro da 50 mm

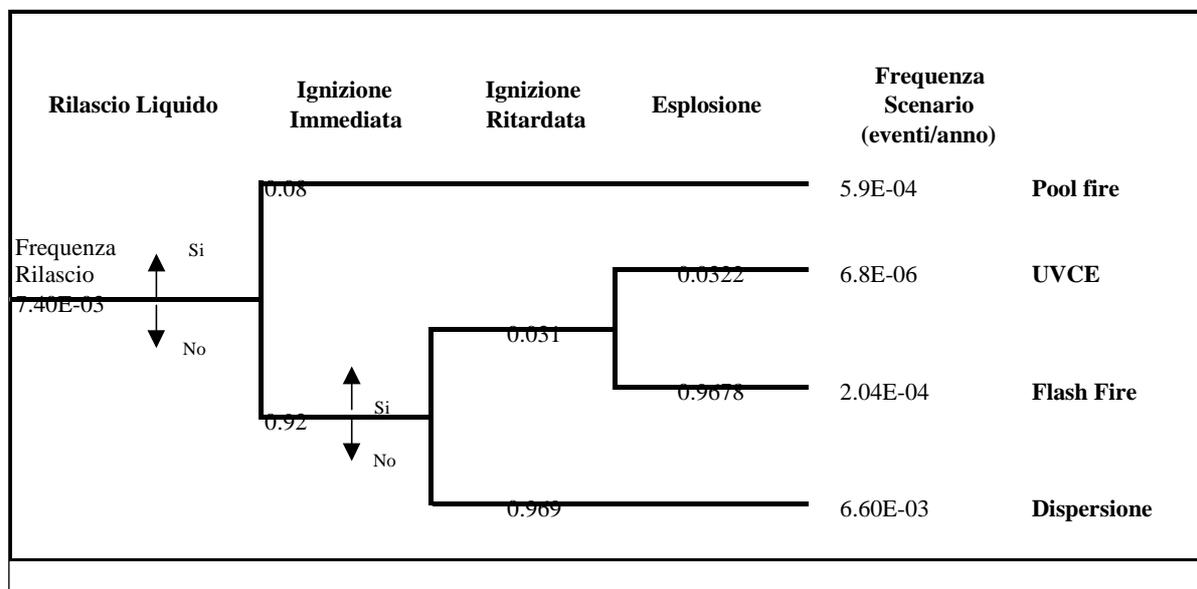


Figura 3.8: Rottura delle apparecchiature - Albero degli Eventi – Foro da 150 mm

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta          DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO          PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

La categorizzazione dei due eventi è riportata nelle seguenti tabelle

**Tabella 3.27: Rottura delle apparecchiature - Categorizzazione degli Eventi - Foro da 50 mm**

Categorizzazione	Pool fire	UVCE	Flash fire	Dispersione
Frequenza Attesa:	3	1	3	4
Danni a Persone	1	2	2	---
Danni all'Ambiente	---	---	---	1

**Tabella 3.28: Rottura delle apparecchiature - Categorizzazione degli Eventi - foro da 150 mm**

Categorizzazione	Pool fire	UVCE	Flash fire	Dispersione
Frequenza Attesa:	2	--	2	3
Danni a Persone	1	--	2	---
Danni all'Ambiente	---	---	---	1

## **4 SCENARI INCIDENTALI PER LE CONDOTTE A MARE**

### **4.1 CONSIDERAZIONI GENERALI**

Le tubazioni sottomarine offshore corrono parallele ed affiancate dal Terminale a mare all'isola di Malamocco, sita a circa 17 km dal terminale.

Il progetto prevede 3 tubazioni per prodotti petroliferi, completamente interrate a -3 dal fondomare e per la prima parte coperte con strutture di protezione in calcestruzzo.

L'interasse massimo tra le tubazioni più lontane è pari a 13.

Si assumono ancora validi i criteri metodologici e i dati di letteratura per il calcolo delle rottura da impatti con oggetti esterni già utilizzati nello studio del 2002, aggiornando invece con informazioni più recenti la statistica delle rotture per cause interne alla tubazione.

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta  DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO  PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
Settembre 2011	B-REL-003	Rev.0

#### 4.1.1 *Impatto con Ancora*

L'impatto con un'ancora è sostanzialmente legato alla frequenza di passaggi di navi sopra la tubazione. I modi in cui un'ancora può danneggiare la tubazione sono sostanzialmente due: per urto diretto o per aggancio nella fase di trascinamento (*hooking*). Le frequenze di guasto serio del motore per classe di nave sono state ricavate dall'analisi dei dati statistici contenuti nel database ATOMOS II (D'Appolonia, 1996).

Dal momento che il tratto in considerazione è composto da una serie di tubazioni, nel calcolo della frequenza di interazione si è considerato come diametro di tubazione la massima distanza fra le tubazioni di idrocarburi (13 m) non considerando altre tubazioni (servizi, acqua, ecc.) e si è considerata una velocità media delle navi di 10 nodi.

Nella seguente Tabella 4.1 sono riportati i valori utilizzati nel calcolo assieme alle caratteristiche delle ancore prese in considerazione.

**Tabella 4.1: Tubazione Sottomarina - Dati Utilizzati nella Valutazione degli Impatti da Ancora**

Tipologia Nave (DWT)	Frazione sul Traffico <sup>(1)</sup>	Ancoraggi di Emergenza (ev/anno nave)	Lunghezza d'Interazione (diretta)	Lunghezza d'Interazione (trascinamento)
<3000	0.30	$2.3 \times 10^{-4}$	14.2	64
3000 - 15000	0.41	$1.4 \times 10^{-4}$	21.7	52
> 15000	0.29	$8.9 \times 10^{-5}$	15.4	54

Nota:

(1) da dati del progetti 2002

Sulla base delle lunghezze d'interazione diretta e di trascinamento e assumendo un numero di navi pari a 5000 per anno (valore molto simile a quello considerato nello studio del 2002), le frequenze attese d'impatto risultano pari a  $2.0 \times 10^{-7}$  eventi/anno per l'impatto diretto con l'ancora e  $5.0 \times 10^{-7}$

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta  DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO  PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

eventi/anno per l'aggancio da parte dell'ancora, che rientrano nei limiti di eventi non credibili (con probabilità inferiore a  $1.0 \times 10^{-6}$ ) e non saranno pertanto oggetto di ulteriori analisi.

Il calcolo è comunque conservativo in quanto non tiene conto della protezione offerta dalla struttura di copertura in calcestruzzo.

#### ***4.1.2 Impatto con Oggetto in Affondamento***

##### ***4.1.2.1 Nave in affondamento***

L'analisi della carta nautica relativa al Porto di Venezia ha permesso di identificare 4 percorsi principali (corridoi) di passaggio per le navi dirette al porto; si è considerato il traffico uniformemente distribuito sui 4 percorsi pertanto si è considerato che solo un quarto del traffico marittimo passi nel corridoio sopra le tubazioni.

Considerando inalterata rispetto allo studio del 2002 la tipologia delle navi che interessano il porto di Venezia e le modalità di accadimento di questo genere di incidente, si può assumere una frequenza di interazione nave/tubazioni di circa  **$1.4 \times 10^{-5}$  eventi/anno**, che tuttavia non tiene conto del benefico effetto derivante dallo spostamento del tracciato delle linee di transito verso Nord che lo allontana dall'allineamento di ingresso del canale di Malamocco.

##### ***4.1.2.2 Container in affondamento***

Per l'analisi della frequenza di affondamento container si sono utilizzati i dati di traffico già considerati nello studio del 2002, che fanno riferimento a una movimentazione di 211966 TEU. Considerando le frequenze relative alla perdita di containers in mare riportate dal "World Shipping Council", si ottiene una frequenza attesa di 1.2 container in acqua all'anno (supponendo che tutte le navi trasportino containers da 20 piedi = 1 TEU).

Considerando che solo  $\frac{1}{4}$  del traffico si suppone passare sopra la tubazione (vedi punto 4.2.2.1) e che circa il 50% dei containers galleggino (Lloyds Register, 1987), si ottiene una frequenza d'impatto annua di circa  **$2.2 \times 10^{-4}$  eventi/anno**.

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta          DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO          PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
Settembre 2011	B-REL-003	Rev.0

### **4.1.3 Rottura Random delle Tubazioni**

Considerato che il tratto a mare risulta lungo 17 km, la frequenza associata di rottura per cause interne alla linea è pari per i tubi benzina e gasolio a  $8.7 \times 10^{-4}$  eventi/anno tubazione e per il greggio a  $2.4 \times 10^{-4}$  eventi/anno tubazione.

La frequenza globale di rottura riferita alle tre tubazioni è pari a  **$2 \times 10^{-3}$  eventi/anno.**

E' da notare che tale valore è da considerarsi molto cautelativo, dato che il progetto allo stato attuale prevede un passaggio frequente di 'pig' per la valutazione delle condizioni della linea e la rilevazione tempestiva di eventuali danneggiamenti della condotta.

## **4.2 ANALISI DELLE CONSEGUENZE**

### **4.2.1 Impatto con Ancora**

L'evento non è ritenuto credibile (frequenza attesa minore di  $1.0 \times 10^{-6}$ , vedi capitolo 2.4.2.1) e non è quindi stato analizzato in termini di conseguenze.

### **4.2.2 Impatto con Oggetto in Affondamento**

#### **4.2.2.1 Nave in affondamento**

Dall'esperienza maturata nel Mare del Nord, l'affondamento di una nave non porta necessariamente alla rottura delle tubazioni data la bassa velocità d'affondamento e la grande superficie di contatto. Si considererà comunque conservativamente, che tutti i casi di urto con nave in affondamento possano portare ad una deformazione tale da causare rilascio di prodotto.

#### **4.2.2.2 Container in affondamento**

Nell'analisi degli effetti dell'affondamento di un container caduto da una nave e le tubazioni si è fatto riferimento conservativamente ad un container da 40 piedi con massa a pieno carico attorno alle 30.4 tonnellate. Al fine di calcolare l'energia d'impatto si deve tenere considerare la velocità

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta          DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO          PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

dell'oggetto nei pressi della tubazione e connessa (velocità terminale) al bilanciamento tra spinta di galleggiamento e peso.

Poiché il valore della velocità terminale è fortemente influenzato da vari fattori quali la frazione di riempimento del container ed il tipo di carico contenuto, si è adottato un valore medio di velocità terminale dato in letteratura, pari a 6 m/s.

Considerando un peso in acqua pari a 12 tonnellate, l'energia associata risulta:

$$E = \frac{1}{2}mv_T^2 \quad (7)$$

pari ad una energia d'impatto di **216 kJ**.

Questo valore va confrontato con la energia dissipata nella penetrazione della copertura della tubazione, che è di circa 300 kJ se la copertura è composta da ghiaia e di 270 kJ se invece si tratta di sabbia. In entrambi i casi, l'intera energia di impatto del container può essere dissipata dalla copertura senza produrre la rottura della tubazione.

Ancor più cautelativo risulta il caso in cui la tubazione sia ricoperta da una copertura in calcestruzzo.

Considerando queste valutazioni ed il fatto che i container di nuova produzione sono in grado di galleggiare così da permetterne il recupero, si ritiene che l'evento di rottura della tubazione per impatto con un container non sia credibile.

La validità delle conclusioni di questo paragrafo sono fortemente legate all'effettivo spessore dello strato protettivo. Nelle successive fasi del progetto si raccomanda di valutare lo spessore della copertura nelle zone interessate dal traffico marittimo, al fine di garantire una efficace protezione della linea.

#### **4.2.3 Rottura Random delle Tubazioni**

L'analisi è stata effettuata considerando i seguenti dati:

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta          DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO          PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
Settembre 2011	B-REL-003	Rev.0

**Tabella 4.2: Tubazione Sottomarina - Dati Generali di Ingresso**

PARAMETRO	CASO 1	CASO 2
Temperatura	25 °C	25 °C
Pressione <sup>(1)</sup>	7 barg	7 barg
Diametro Tubazione	42"	24"
Fluido	Grezzo	Benzina

Nota:

- (1) Tale pressione è la differenza fra la pressione media della condotta e il battente d'acqua quando le pompe sono in funzione.

Sulla base dei dati aggiornati (paragrafo) si è ipotizzata una rottura di diametro pari a 20 mm per l'80% degli eventi e al 10% del diametro nominale della tubazione per il restante numero di eventi.

Le portate di efflusso risultano come riportato nella seguente tabella

**Tabella 4.3: Tubazione Sottomarina - Portate di Efflusso**

foro	PORTATA DI EFFLUSSO (kg/s)	
	Caso 1	Caso 2
20 mm	7	5
10% diametro linea	163	57.5

Il rilascio formerà una pozza sottile sulla superficie del mare; in tale situazione l'innesco della pozza non è ritenuto credibile, pertanto l'unica conseguenza che sarà considerata è relativa al danno ambientale.

Si è considerato un tempo di intervento di circa 1 ora per la rilevazione del rilascio e per la fermata delle pompe. Tuttavia l'installazione di misuratori di portata e pressione alla stazione di partenza e di arrivo e di sistemi di allerta a bordo nave consentiranno di ridurre i tempi di spegnimento delle pompe, riducendo i quantitativi eventualmente sversati. Dopo la fermata delle pompe, il flusso dal foro risulterà drasticamente ridotto in quanto il battente d'acqua tende a contrastare l'efflusso

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO PROGETTO PRELIMINARE</b>		
Analisi di rischio		
Settembre 2011	B-REL-003	Rev.0

dell'idrocarburo nell'acqua, che avverrà lentamente. Si supporrà, in via preliminare, che  $\frac{1}{4}$  della quantità totale di idrocarburo contenuto nel tratto di tubazione tra il terminale e l'attraversamento di Malamocco (in cui sono previste valvola di intercettazione) fuoriesca prima che l'olio sia completamente spiazzato.

Per la tubazione da 42" (grezzo) la quantità totale contenuta nella linea risulta circa 12500 tonnellate, per quella da 24" (benzina e o gasoli) risulta 4000 tonnellate.

Applicando le ipotesi sopra descritte si ottengono i seguenti rilasci complessivi:

**Tabella 4.4: Tubazione Sottomarina - Idrocarburo Rilasciato**

foro	Idrocarburo rilasciato (t)	
	Caso 1	Caso 2
20 mm	3150	1018
10% diametro linea	3700	1207

Sulla base della categorizzazione proposta l'evento risulta:

**Tabella 4.5: Tubazione Sottomarina - Categorizzazione degli Eventi**

Categorizzazione	Incendio	Flash Fire	Esplosione	Dispersione
Frequenza Attesa:	---	---	---	3
Danni a Persone	---	---	---	---
Danni all'Ambiente	---	---	---	2

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta          DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO          PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
Settembre 2011	B-REL-003	Rev.0

## 5 SCENARI INCIDENTALI PER LE CONDOTTE IN LAGUNA

### 5.1 CONSIDERAZIONI GENERALI

Le condotte in laguna hanno uno sviluppo inferiore a quello delle condotte offshore, ma corrono ad una profondità di circa 30 m, ad esclusione dei tratti di raccordo tra le varie sezioni teleguidati, dove le linee risalgono a qualche metro dal fondo.

Le linee attraversano zone lagunari di basso fondale, non interessate da canali di navigazione principale.

Inoltre le condotte sono dotate di valvole di segregazione a comando remoto poste all'inizio e alla fine del tratto lagunare e a metà dello stesso, così da ridurre il volume di linea potenzialmente esposto al rischio di uno svuotamento incontrollato.

Le modalità di realizzazione delle tubazioni e le caratteristiche delle aree attraversate fanno sì che l'unico rischio sia rappresentato dalla rottura delle linee per cause interne.

#### 5.1.1 Rottura Random delle Tubazioni

Considerato che il tratto in laguna risulta lungo 11 km, la frequenza associata alla rottura per cause interne alla linea è pari per i tubi di benzina e gasolio a  $5.6 \times 10^{-4}$  eventi/anno tubazione e per il greggio a  $1.55 \times 10^{-4}$  eventi/anno tubazione.

Considerate le 3 tubazioni che trasportano prodotti pericolosi (Grezzo, Gasolio e Benzina) la frequenza complessiva di rottura per tali cause risulta pari a  **$1.3 \times 10^{-3}$  eventi/anno.**

E' da notare che tale valore è da considerarsi molto cautelativo, dato che il progetto allo stato attuale prevede un passaggio frequente di 'pig' per la valutazione delle condizioni della linea e la rilevazione tempestiva di eventuali danneggiamenti della condotta.

L'analisi delle conseguenze è stata effettuata considerando i seguenti dati, molto simili a quelli già considerati per le rotture delle tubazioni in mare:

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta          DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO          PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
Settembre 2011	B-REL-003	Rev.0

**Tabella 5.1: Tubazione in laguna - Dati Generali**

PARAMETRO	CASO 1	CASO 2
Temperatura	25 °C	25 °C
Pressione <sup>(1)</sup>	6 barg	6 barg
Diametro Tubazione	42"	24"
Fluido	Grezzo	Benzina

Nota:

- (1) Tale pressione è la differenza fra la pressione media della condotta e il battente d'acqua quando le pompe sono in funzione.

In analogia al caso delle condotte a mare, si è ipotizzata una rottura di diametro pari a 20 mm per l'80% degli eventi e al 10% del diametro nominale della tubazione per i restanti eventi.

Le portate di efflusso risultano come riportato nella seguente tabella

**Tabella 5.2: Tubazione in laguna - Portate di Efflusso**

foro	PORTATA DI EFFLUSSO (kg/s)	
	Caso 1	Caso 2
20 mm	6	4
10% diametro linea	150.8	53.2

Il rilascio formerà una pozza sottile sulla superficie del mare; in tale situazione l'innesco della pozza non è ritenuto credibile, pertanto l'unica conseguenza che sarà considerata è relativa al danno ambientale.

Anche in questo caso si considera un tempo di intervento di circa 1 ora per la rilevazione del rilascio e per la fermata delle pompe. Tuttavia l'installazione di misuratori di portata e pressione alla stazione di partenza e di arrivo consentiranno di ridurre i tempi di spegnimento delle pompe, riducendo i quantitativi eventualmente sversati. Dopo la fermata delle pompe, il flusso dal foro risulterà drasticamente ridotto in quanto il battente d'acqua tende a contrastare l'efflusso

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO PROGETTO PRELIMINARE</b>		
Analisi di rischio		
Settembre 2011	B-REL-003	Rev.0

dell'idrocarburo nell'acqua, che avverrà lentamente. Si supporrà, in via preliminare, che solo  $\frac{1}{4}$  della quantità totale di idrocarburo contenuto nel tratto di tubazione compreso tra due valvole di intercettazione ( di lunghezza indicativa 5500 m) fuoriesca prima che l'olio sia completamente spazzato.

Per la tubazione da 42" (grezzo) la quantità totale contenuta risulta circa 4000 tonnellate, per quella da 24" (benzina e o gasoli) risulta 1300 tonnellate.

Applicando le ipotesi sopra descritte si ottengono i seguenti rilasci complessivi:

**Tabella 5.3: Tubazione in laguna - Idrocarburo Rilasciato**

foro	Idrocarburo rilasciato (t)	
	Caso 1	Caso 2
20 mm	1020	340
10% diametro linea	1550	510

Sulla base della categorizzazione proposta l'evento risulta:

**Tabella 5.4: Tubazione in laguna - Categorizzazione degli Eventi**

Categorizzazione	Incendio	Flash Fire	Esplosione	Dispersione
Frequenza Attesa:	---	---	---	3
Danni a Persone	---	---	---	---
Danni all'Ambiente	---	---	---	2

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta          DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO          PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
Settembre 2011	B-REL-003	Rev.0

### 5.1.2 Perdite da valvole

Si assume che le modalità e le conseguenze di perdite da flange e valvole siano simili a quelle definite per le perdite dagli impianti al terminale offshore.

La frequenza incidentale di sversamenti dalle stazioni di intercettazione, calcolata sulla base dei dati riportati nel rapporto RADD 434-1 e tenendo conto di tre stazioni di intercettazione è stimata complessivamente in  $7.7 \times 10^{-4}$  eventi/anno, inferiore quindi a quella riferita alle tubazioni.

Ne consegue la seguente categorizzazione degli eventi:

**Tabella 5.5: Tubazione in laguna – perdite da valvole - Categorizzazione degli Eventi**

Categorizzazione	Incendio	Flash Fire	Esplosione	Dispersione
Frequenza Attesa:	---	---	---	2
Danni a Persone	---	---	---	---
Danni all'Ambiente	---	---	---	2

## 6 SCENARI INCIDENTALI PER LA STAZIONE DI MARGHERA PRESSO ISOLA DEI PETROLI

### 6.1 CONSIDERAZIONI GENERALI

La Stazione di Marghera, presso l'isola dei petroli, rappresenta il punto di consegna del prodotto scaricato dalle navi.

Da qui i vari prodotti, eccettuato il greggio che è diretto ai serbatoi della raffineria localizzati nella stessa isola, vengono smistati alle varie utenze, attraverso condotte posizionate entro cunicoli posti lungo i marginamenti dei canali industriali o all'interno di aree industriali, già interessate dalla presenza di tubazioni di prodotti petroliferi e chimici. L'attraversamento dei canali industriali è effettuato con la tecnica del microtunnelling e le condotte sono poste ad adeguata profondità.

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta  DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO  PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

Tutte le tubazioni saranno dotate di valvole di intercettazione, sistemi di segnalazione, rilevazione fughe e protezione dei tubi (ricoprimenti, protezione catodica) atti a minimizzare il rischio di rottura e le conseguenze di un danno accidentale.

Il progetto si limita alla definizione delle apparecchiature e impianti di ricezione e smistamento situate nell'isola. Ai fini dell'analisi di rischio si prende in esame, seppure a livello qualitativo, anche la rete di distribuzione finale.

La stazione di arrivo sarà caratterizzata dalla presenza di sistemi di ricezione pig, da manifolds di smistamento prodotti con relative valvole e da stazioni di misura (solamente per benzine e gasoli).

Sarà inoltre realizzato un serbatoio per gasolio.

Trattandosi di un'area interamente confinata all'interno di una zona industriale già attrezzata per la movimentazione e stoccaggio di idrocarburi, l'unico evento incidentale ipotizzabile è il rilascio da rottura delle linee o delle apparecchiature, per cause interne o da errori di esercizio, con modalità del tutto analoghe a quelle ipotizzate per impianti e apparecchiature del terminale offshore.

Per quanto riguarda l'estensione delle tubazioni, limitatamente alla parte relativa alla stazione di arrivo e distribuzione, si assume che lo sviluppo interno alla stazione sia significativamente inferiore a quella del terminale offshore (indicativamente 100 m dalla risalita in superficie alla zona impianti e 100 m di raccordi internamente alla stazione stessa).

Si assume inoltre che il numero delle apparecchiature e componenti speciali (flange, valvole, ecc) sia pari al 50% di quelle presenti al terminale offshore.

La determinazione dei livelli di rischio è eseguita con la stessa metodologia già seguita per i corrispondenti rischi al terminal offshore.

## **6.1.1 Rottura Tubazioni**

### **6.1.1.1 Tubazioni interne alla stazione**

Il rischio totale, riferito a 3 tubazioni, è pari a  $1.50 \times 10^{-4}$  eventi/anno totali ripartite in  $5 \times 10^{-5}$  eventi/anno per ciascuna delle tre linee.

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO PROGETTO PRELIMINARE</b>		
Analisi di rischio		
Settembre 2011	B-REL-003	Rev.0

Si prende in considerazione solo un rilascio di piccola entità dato che rilasci di grandi dimensioni sono generalmente associati a urti, che nel caso in esame sono da escludere perché le condotte nella Stazione Marghera non passano in aree soggette ad attività di scavo non controllate (lavori agricoli o civili).

Considerato che la Stazione di Marghera rappresenta il punto di arrivo delle condotte, sono stati considerati i seguenti valori per le perdite all'interno della stazione:

**Tabella 6.1: Stazione Marghera - Dati Generali**

PARAMETRO	CASO 1	CASO 2
Temperatura	25 °C	25 °C
Pressione	2 barg	2 barg
Portata Operativa	1044 kg/s	283 kg/s
Diametro Tubazione	42"	24"
Fluido	Grezzo	Benzina
Fori al 10%	106.7 mm	61 mm
Quantità Contenute	80 t	22 t

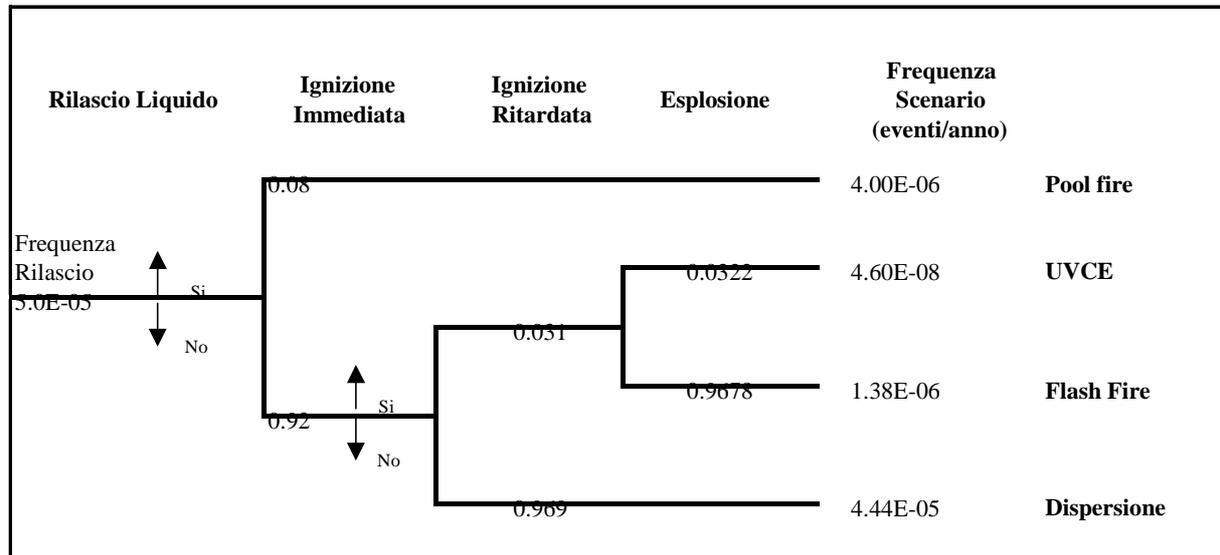
Dal calcolo della portata di efflusso per i due casi si ottiene:

**Tabella 6.2: Stazione Marghera - Portata di Efflusso**

FORO	PORTATA DI EFFLUSSO (kg/s)	
	Caso 1	Caso 2
10 % del Diametro	87.1	30.7

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta</b> <b>DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO</b> <b>PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

Sulla base delle portate calcolate sopra, si è valutata la frequenza dei singoli eventi incidentali ottenendo i seguenti alberi degli eventi, valido per ciascuna tubazione:



**Figura 6.1: Stazione Marghera - Albero degli Eventi - Rottura 10%**

Dall'analisi degli alberi degli eventi e pur considerando l'insieme delle tre linee, risultano credibili solo lo scenario di dispersione e di pool fire

Di seguito sono riportate le tabelle con le distanze dei valori di soglia per lo scenario più gravoso atteso (caso 1) .

**Tabella 6.3: Stazione Marghera - Poolfire - Distanze delle Curve di Irraggiamento - Foro 10%**

Caso	Condizione Atmosferica	Diametro Pozza (m)	Distanze (m)		
			37.5 kW/m <sup>2</sup>	12.5 kW/m <sup>2</sup>	7 kW/m <sup>2</sup>
1	2F	4.9	11	16	19
	5D	4.8	11	18	21

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta          DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO          PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
Settembre 2011	B-REL-003	Rev.0

**Tabella 6.4: Stazione Marghera - Idrocarburo Rilasciato**

IDROCARBURO RILASCIATO (t)	
Caso 1	Caso 2
86	23

Sulla base della categorizzazione proposta l'evento risulta:

**Tabella 6.5: Stazione Marghera - Categorizzazione degli Eventi**

	Incendio	Flash Fire	Esplosione	Dispersione
Frequenza Attesa:	1	---	---	2
Danni a Persone	1	---	---	---
Danni all'Ambiente	---	---	---	1

Il risultato è da considerare largamente prudenziale, in ragione degli interventi di mitigazione e prevenzione già previsti dal progetto.

#### **6.1.1.2 Rete di distribuzione**

Per quanto concerne la rete di distribuzione dei vari prodotti, occorre ricordare che il flusso prevalente di greggio si ferma all'isola dei Petroli.

Considerando quindi la benzina quale sostanza rappresentativa nella distribuzione degli idrocarburi leggeri, si è proceduto ad una valutazione delle frequenze degli eventi incidentali e ad un'analisi delle conseguenze per tali condizioni.

Sulla base di uno sviluppo complessivo delle tubazioni di distribuzione assunto conservativamente pari a 50 km, la frequenza globale di rottura per cause interne alla linea risulta pari a  $5.8 \times 10^{-3}$

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta          DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO          PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
Settembre 2011	B-REL-003	Rev.0

**eventi/anno**, che ripartita sulle linee più critiche (benzina) porta a valori di frequenza **dell'ordine di  $3 \times 10^{-3}$** .

Le conseguenze di pool fire, flash fire o UVCE potranno essere determinate solamente in fase di progettazione di dettaglio, alla luce degli effettivi tracciati e delle modalità di posa, protezione e controllo. L'interramento delle condotte o la loro posa entro tombinati e in microtunnelling rende comunque poco credibili le ipotesi di formazione di incendi o di esplosioni. Le soluzioni tecniche di protezione e confinamento saranno comunque tali da non determinare un rischio superiore a quello cui sono attualmente soggette le tubazioni esistenti nell'area o a quello della stazione di Marghera.

In base alle assunzioni circa le modalità di rottura (Rottura di diametro equivalente al 10% del diametro nominale della tubazione) e tenendo conto della lunghezza delle tubazioni, la massima quantità di prodotto sversabile risulta inferiore alle 1000 t.

Ne deriva, seppure a livello preliminare, la seguente tabella di categorizzazione degli eventi.

**Tabella 6.6: Rete di distribuzione - Categorizzazione degli Eventi**

	Incendio	Flash Fire	Esplosione	Dispersione
Frequenza Attesa:	1	---	---	2
Danni a Persone	1	---	---	---
Danni all'Ambiente	---	---	---	1

### **6.1.2 Rottura apparecchiature e impianti**

Per quanto riguarda la rottura di apparecchiature e tratti di linea interni alla stazione, si considerano un numero di apparecchiature pari al 50% di quelle considerate al terminale offshore per benzina e gasoli e al 30% per il greggio.

Si considera anche che le lunghezze di tubazione interne eventualmente soggette a svuotamento non siano superiori a 100 m.

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta</b> <b>DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO</b> <b>PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
Settembre 2011	B-REL-003	Rev.0

Si assume infine che le pressioni di consegna siano significativamente più basse di quelle registrate al terminale offshore (3 bar max) e che sia disponibile alla stazione un sistema di confinamento e raccolta spanti simile a quello previsto al terminale offshore.

La tabella riporta le varie frequenze incidentali su base annua, che sono state ottenute sommando i contributi dei diversi apparecchi che compongono l'impianto di ricezione al terminale (tubazioni, flange, valvole, pompe, trappole pig) e tenendo conto delle assunzioni di cui sopra.

**Tabella 6.7: Stazione di Marghera - frequenza di Rottura Apparecchiature**

Diametro foro	Totale	Greggio	Benzina	Gasolio
	eventi/anno			
fino a 50 mm	$2.67 \times 10^{-2}$	$2.70 \times 10^{-3}$	$1.2 \times 10^{-2}$	$1.2 \times 10^{-2}$
150 mm	$3.42 \times 10^{-3}$	$4.2 \times 10^{-4}$	$1.5 \times 10^{-3}$	$1.5 \times 10^{-3}$

E' da considerare che la statistica è di validità generale e non tiene conto quindi né delle specifiche attività di manutenzione della stazione (ispezioni visive, misure periodiche di spessore, ecc), né del tempo in cui le tubazioni rimarranno inattive, a pressione ridotta o nulla o riempite con acqua; tutti elementi che contribuiscono a ridurre in modo significativo i rischi di rotture e di sversamento.

Sulla base delle stesse assunzioni già adottate per il terminale offshore si ottengono i seguenti risultati:

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta          DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO          PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

**Tabella 6.8: Stazione di Marghera - dati generali**

PARAMETRO	Progetto 2002	
	CASO 1	CASO 2
Temperatura	25 °C	25 °C
Pressione	3 barg	3 barg
Portata Operativa	750 kg/s	280 kg/s
Fluido	Grezzo	Benzina

Le due categorie di danno (foro fino a 50 mm e foro di 150 mm) determinano le seguenti portate massime di efflusso e i relativi quantitativi sversati e dispersi in ambiente (la portata di efflusso è limitata nel caso 2 e foro da 150 mm alla portata nominale di linea)

**Tabella 6.9: Stazione di Marghera - apparecchiature – dati di efflusso**

FORO	PORTATA DI EFFLUSSO (kg/s)	
	Caso 1	Caso 2
50 mm	23.5	25.5
150 mm	255	260

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta</b> <b>DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO</b> <b>PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

**Tabella 6.10: Stazione di Marghera - apparecchiature – portate disperse**

evento		PORTATA DISPERSA IN AMBIENTE (kg)	
		Caso 1	Caso 2
foro 50 mm	fuoriuscita diretta	4200	4600
	svuotamento linee	39000	14000
	totale	43200	18600
	quota dispersa (20%)	8650	3720
foro 150 mm	fuoriuscita diretta	45900	46800
	svuotamento linee	39000	14000
	totale	84900	60800
	quota dispersa (20%)	16980	12160

Le portate di efflusso e le quantità disperse in mare sono significativamente inferiori a quelle registrate per il terminale offshore. Applicando conservativamente gli stessi risultati in termini di conseguenze attese sull'uomo e sull'ambiente, si ottengono i seguenti valori:

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta</b> <b>DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO</b> <b>PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

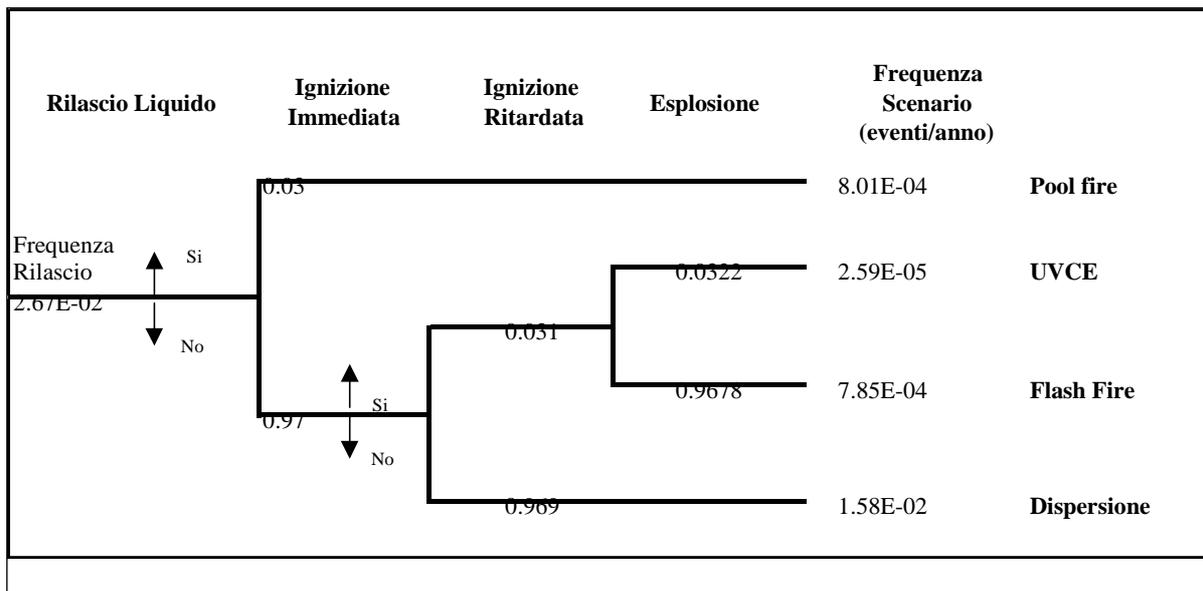


Figura 6.2: Stazione di Marghera - Albero degli Eventi - rottura delle apparecchiature - - Foro da 50 mm

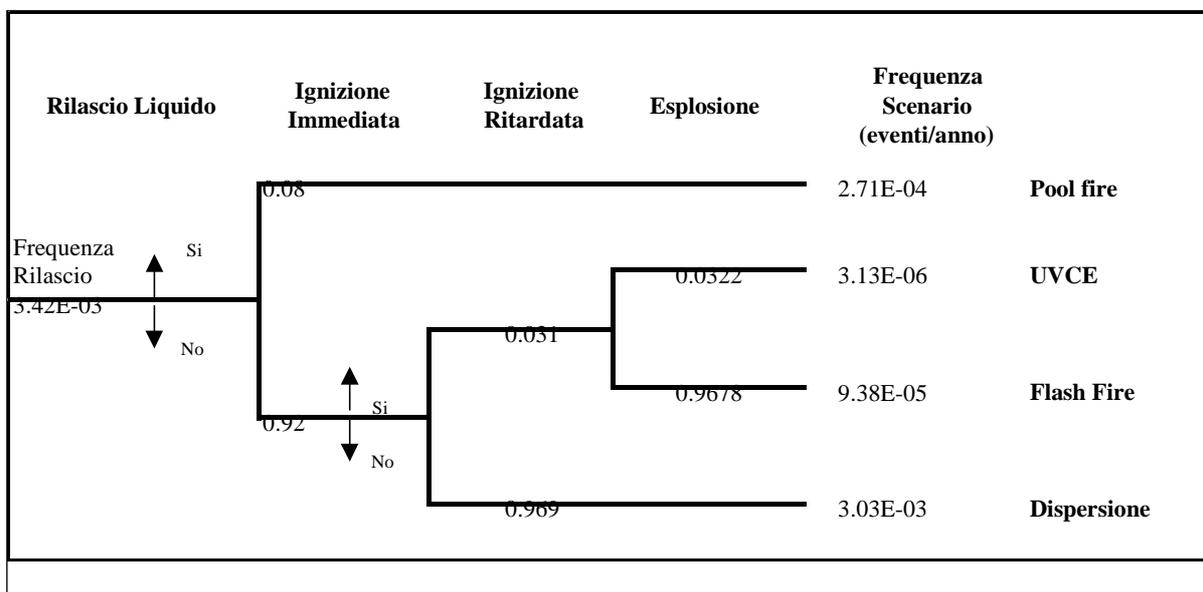


Figura 6.3: Stazione di Marghera - Albero degli Eventi - Rottura delle apparecchiature - - Foro da 150 mm

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta          DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO          PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
Settembre 2011	B-REL-003	Rev.0

La categorizzazione dei due eventi è riportata nelle seguenti tabelle

**Tabella 6.11 Stazione di Marghera – Rottura apparecchiature - Categorizzazione degli Eventi - Foro da 50mm**

Categorizzazione	Pool fire	UVCE	Flash fire	Dispersione
Frequenza Attesa:	2	1	2	4
Danni a Persone	1	2	2	---
Danni all’Ambiente	---	---	---	1

**Tabella 6.12: Stazione di Marghera - rottura delle apparecchiature - Categorizzazione degli Eventi - foro da 150 mm**

Categorizzazione	Pool fire	UVCE	Flash fire	Dispersione
Frequenza Attesa:	2	--	1	3
Danni a Persone	1	---	2	---
Danni all’Ambiente	---	---	---	1

## **7 VALUTAZIONE DEL RISCHIO**

Sulla base delle analisi effettuate, della categorizzazione delle frequenze e delle conseguenze degli eventi incidentali, i rischi associati ai diversi scenari sono stati rappresentati nelle matrici riportate ai paragrafi seguenti. Di seguito si riportano le tabelle di categorizzazione delle frequenze e delle conseguenze utilizzate per la compilazione delle matrici (si veda anche Paragrafo 2.4.2).

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta          DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO          PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
Settembre 2011	B-REL-003	Rev.0

**Tabella 7.1: Categorizzazione delle Frequenze di Accadimento**

CAT.	DESCRIZIONE	FREQUENZA ANNUALE
1	Evento atteso raramente	$1.0 \times 10^{-4} \div 1.0 \times 10^{-5}$
2	Evento che potrebbe accadere	$1.0 \times 10^{-3} \div 1.0 \times 10^{-4}$
3	Evento che potrebbe accadere durante la vita dell'impianto	$1.0 \times 10^{-2} \div 1.0 \times 10^{-3}$
4	Evento atteso più di una volta durante la vita dell'impianto	$> 1.0 \times 10^{-2}$

**Tabella 7.2: Categorizzazione del Danno Ambientale**

CAT.	DESCRIZIONE	QUANTITÀ
1	Evento Minore	< 1,000 t
2	Evento Moderato	<10,000 t
3	Evento Grave Sversamento di entità elevata che può essere rimosso o sarà decomposto naturalmente dopo un certo tempo	< 100,000 t
4	Evento Molto Grave Sversamento notevole che non può essere rimosso e necessiterà di un lungo tempo per decomporsi naturalmente	>100,000 t

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta          DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO          PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
Settembre 2011	B-REL-003	Rev.0

**Tabella 7.3: Categorizzazione del Rischio per le Persone**

CAT.	DESCRIZIONE
1	Evento Minore Nessun rischio per le zone limitrofe all'impianto Possibili danni per gli operatori dell'impianto vicini all'evento
2	Evento Moderato Nessun rischio per le zone limitrofe all'impianto Possibili danni per gli operatori dell'impianto anche lontani dall'evento Possibili effetti domino
3	Evento Grave Possibili rischio per le zone limitrofe all'impianto Conseguenze fatali per gli operatori dell'impianto anche lontani dall'evento
4	Evento Molto Grave Possibile coinvolgimento di zone abitate Conseguenze fatali per gli operatori dell'impianto anche lontani dall'evento

## **7.1 TERMINALE**

Nel presente paragrafo si riportano le matrici di rischio, per persone ed ambiente, relative agli scenari identificati sul terminale off-shore.

Sono stati considerati scenari derivanti da:

- impatto con nave;
- rottura dei bracci di carico
- rottura da apparecchiature e impianti.

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta          DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO          PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

L'impatto di un elicottero in fase di atterraggio è stato considerato nella analisi delle frequenze, ma non si ritiene che possa portare a rilasci significativi e non è quindi stato approfondito.

### **7.1.1 Impatto con Nave**

Per quanto riguarda l'impatto di una nave con il terminale si sono considerate:

- navi in transito;
- navi alla deriva;
- navi in fase di attracco
- collisione di natanti di servizio con navi all'ormeggio

Quest'ultimo evento non è stato approfondito in quanto non si ritiene possa portare a sversamenti, in relazione alla bassa energia di impatto.

L'analisi ha portato ad ottenere le seguenti frequenze di accadimento di collisioni:

**Tabella 7.4: Terminale – Tabella Riassuntiva Frequenza Impatti Nave**

TIPOLOGIA	FREQUENZA (eventi/anno)
Nave in Transito	$6.6 \times 10^{-3}$
Nave alla Deriva	$4.9 \times 10^{-3}$
Nave in Fase di Attracco	$5.5 \times 10^{-6}$

Sulla base della letteratura e di considerazioni sull'entità degli spillamenti, gli eventi che comportano un rilascio sono stati raggruppati in due categorie:

- rilascio contenuto;
- rilascio notevole.

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta  DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO  PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
Settembre 2011	B-REL-003	Rev.0

Le frequenze associate sono risultate:

**Tabella 7.5: Terminale – Tabella Riassuntiva Frequenza Rilasci in Mare**

TIPOLOGIA	FREQUENZA (eventi/anno)
Rilascio Contenuto	$4.1 \times 10^{-3}$
Rilascio Notevole	$4.6 \times 10^{-4}$

Attraverso l'applicazione della metodologia ad Albero degli Eventi (ETA) sono stati identificati una serie di scenari incidentali credibili mentre altri sono stati esclusi.

La metodologia ad Albero degli Eventi consente di determinare la frequenza di occorrenza dei possibili scenari incidentali a seguito di un rilascio di idrocarburi in funzione delle portate di efflusso e delle masse esplosive che si possono formare a seguito della dispersione dei vapori in atmosfera. Se un rilascio di idrocarburo liquido si innesca immediatamente si sviluppa un incendio (detto *poolfire*). Se al contrario la pozza di idrocarburo evapora, si disperde in atmosfera e forma una massa infiammabile che si innesca successivamente, lo scenario risultante può essere la combustione della nube infiammabile formatasi (detta *flash fire*) o un'esplosione (detta *UVCE*).

La probabilità di innesco immediato o meno è legata alla portata di efflusso dal foro. Il fatto, invece, che un innesco ritardato della pozza generi un *flash fire* o un *UVCE* è legato alla quantità di massa infiammabile formatasi a seguito di dispersione dei vapori dalla pozza di idrocarburi formatasi. Può anche avvenire che la pozza non si inneschi affatto. In tale caso non vi sono rischi per le persone ma si ha un inquinamento dell'ambiente.

Per quanto riguarda il caso in esame si sono ottenuti i seguenti valori:

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO PROGETTO PRELIMINARE</b>		
Analisi di rischio		
Settembre 2011	B-REL-003	Rev.0

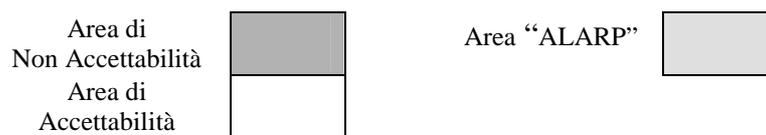
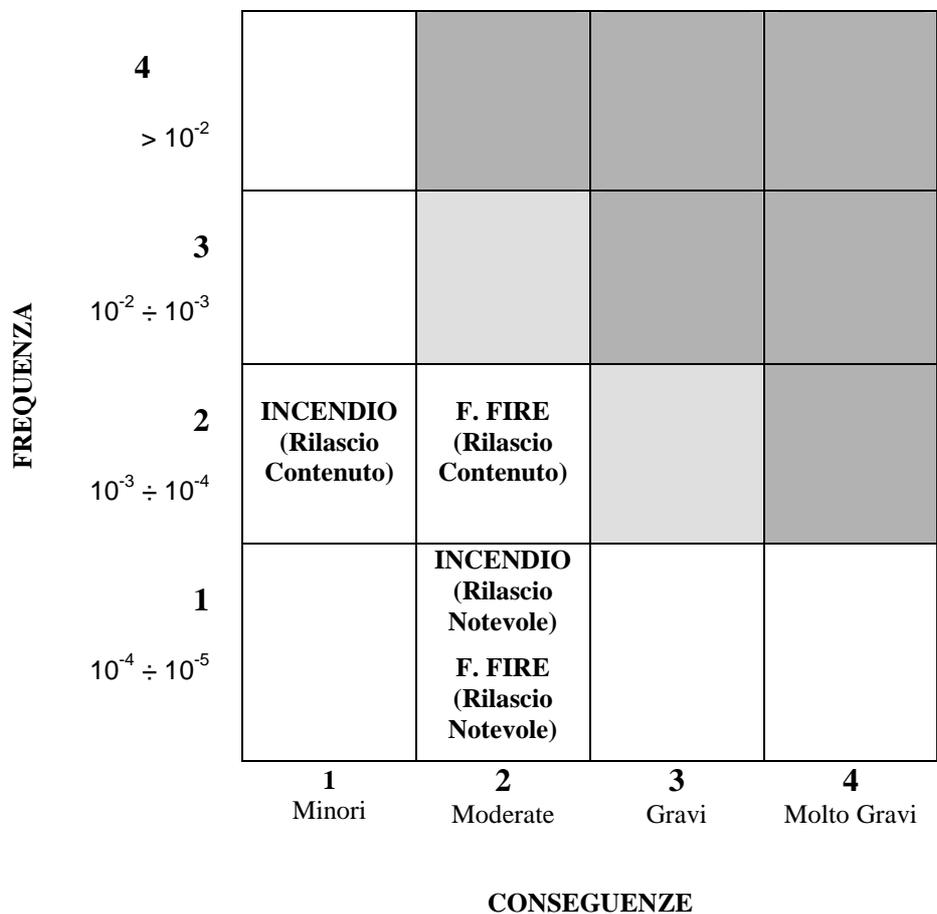
**Tabella 7.6: Terminale – Tabella Riassuntiva Albero degli Eventi**

EVENTO	SCENARIO	FREQUENZA (eventi/anno)
Rilascio Contenuto	Incendio	$1.2 \times 10^{-4}$
	UVCE	$3.9 \times 10^{-6}$
	Flash Fire	$1.2 \times 10^{-4}$
	Dispersione	$3.8 \times 10^{-3}$
Rilascio Notevole	Incendio	$1.4 \times 10^{-5}$
	UVCE	$4.5 \times 10^{-7}$
	Flash Fire	$1.3 \times 10^{-5}$
	Dispersione	$4.3 \times 10^{-4}$

Da tale studio risultano “credibili” (probabilità inferiori a  $1 \times 10^{-5}$ ), seppure poco probabili, tutti gli eventi ad esclusione dell’esplosione (UVCE).

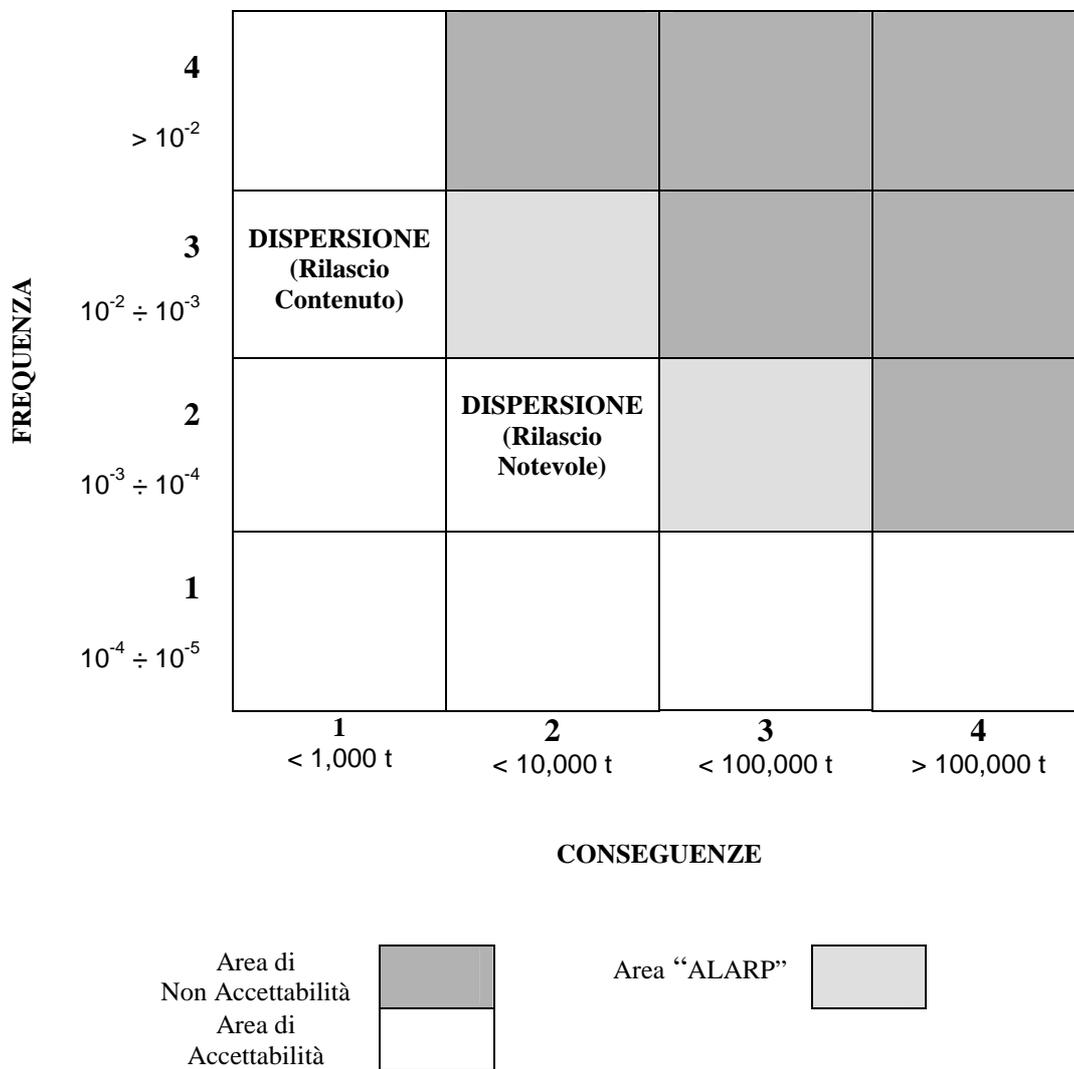
Limitatamente agli scenari risultati “credibili” si è proceduto allo studio delle conseguenze. Lo studio ha definito le soglie di letalità (danni per le persone) e di pericolosità per l’ambiente, definite in dettaglio nel precedente studio del 2002, sulla base delle quali si sono prodotte le matrici di accettabilità riportate nella successive figure per quanto riguarda rispettivamente la sicurezza delle persone e dell’ambiente.

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta</b> <b>DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO</b> <b>PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>



**Figura 7.1: Matrice di Rischio - Terminale – Collisione nave - Rischio per le Persone**

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta</b> <b>DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO</b> <b>PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>



**Figura 7.2: Matrice di Rischio - Terminale – Collisione nave - Rischio per l’Ambiente**

Tutti gli scenari identificati si collocano nella zona di accettabilità in quanto sono caratterizzati da frequenze medio-basse e conseguenze locali.

Per quanto riguarda il rischio per l’ambiente esso sarà ulteriormente ridotto per la presenza di panne galleggianti atte a confinare immediatamente eventuali sversamenti: si raccomanda comunque di selezionare accuratamente la tipologia delle panne e i sistemi di svolgimento al fine di ottimizzarne l'efficacia.

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta  DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO  PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

### 7.1.2 Rottura dei Bracci di Carico

Per quanto riguarda la rottura dei bracci di carico sono stati considerati due scenari:

- foro da 50 mm di diametro equivalente;
- rottura a ghigliottina (100%).

Sulla base della letteratura e del numero di carichi/scarichi stimato, si sono ottenute le seguenti frequenze di rottura:

**Tabella 7.7: Bracci di Carico – Tabella Riassuntiva Frequenza**

TIPOLOGIA	FREQUENZA (eventi/anno)
Foro da 50 mm	$3.7 \times 10^{-2}$
Rottura a ghigliottina (100%)	$3.7 \times 10^{-4}$

Applicando la metodologia ad Alberi degli Eventi descritta precedentemente si ottengono le seguenti frequenze per i vari scenari:

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO PROGETTO PRELIMINARE</b>		
Analisi di rischio		
Settembre 2011	B-REL-003	Rev.0

**Tabella 7.8: Bracci di carico – Tabella Riassuntiva Albero degli Eventi**

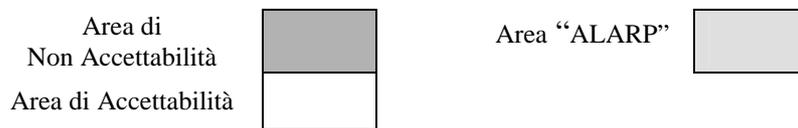
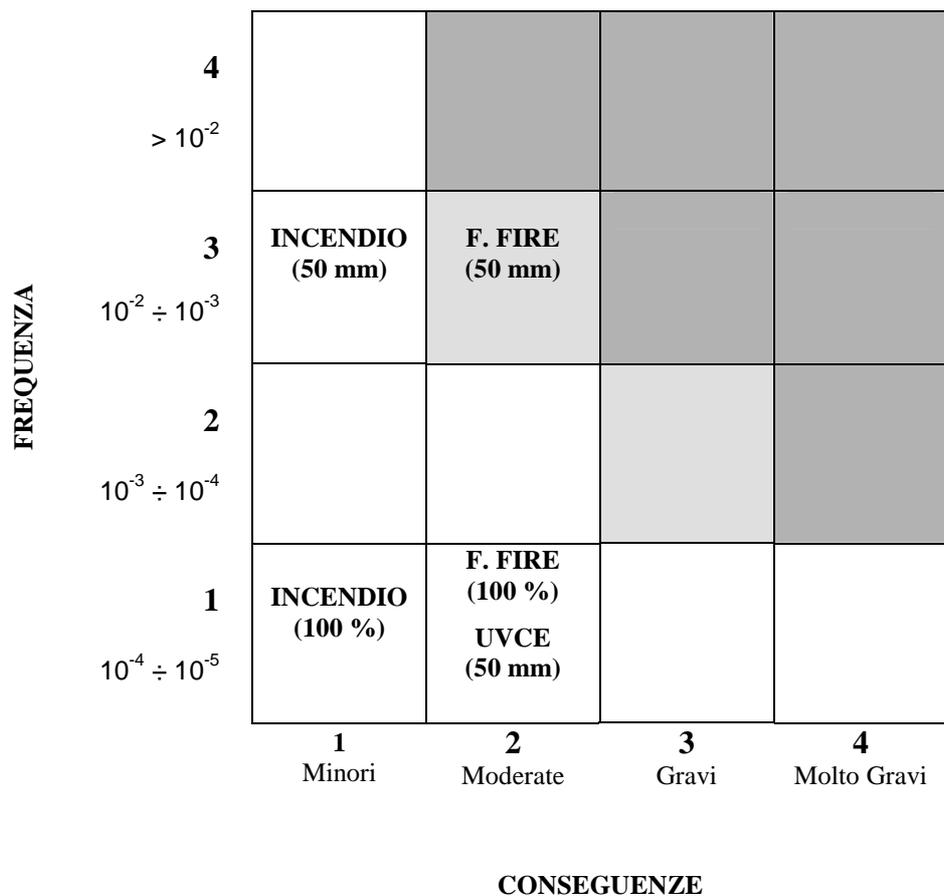
EVENTO	SCENARIO	FREQUENZA (eventi/anno)
Foro da 50 mm	Incendio	$1.1 \times 10^{-3}$
	UVCE	$3.6 \times 10^{-5}$
	Flash Fire	$1.1 \times 10^{-3}$
	Dispersione	$3.5 \times 10^{-2}$
Rottura a ghigliottina (100%)	Incendio	$3.0 \times 10^{-5}$
	UVCE	$3.4 \times 10^{-7}$
	Flash Fire	$1.0 \times 10^{-5}$
	Dispersione	$3.3 \times 10^{-4}$

Da tale studio risultano statisticamente “credibili” tutti gli eventi identificati ad eccezione dell’esplosione in seguito a rottura a ghigliottina dei bracci di carico.

Limitatamente agli scenari “credibili” si è proceduto allo studio delle conseguenze. (danni per le persone) e di pericolosità per l’ambiente, sulla base delle quali si sono prodotte le matrici di accettabilità riportate nella successive figure per quanto riguarda rispettivamente la sicurezza delle persone e dell’ambiente.

E’ importante sottolineare che, considerata la localizzazione del Terminale, nessuno scenario interessa aree abitate.

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta</b> <b>DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO</b> <b>PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>



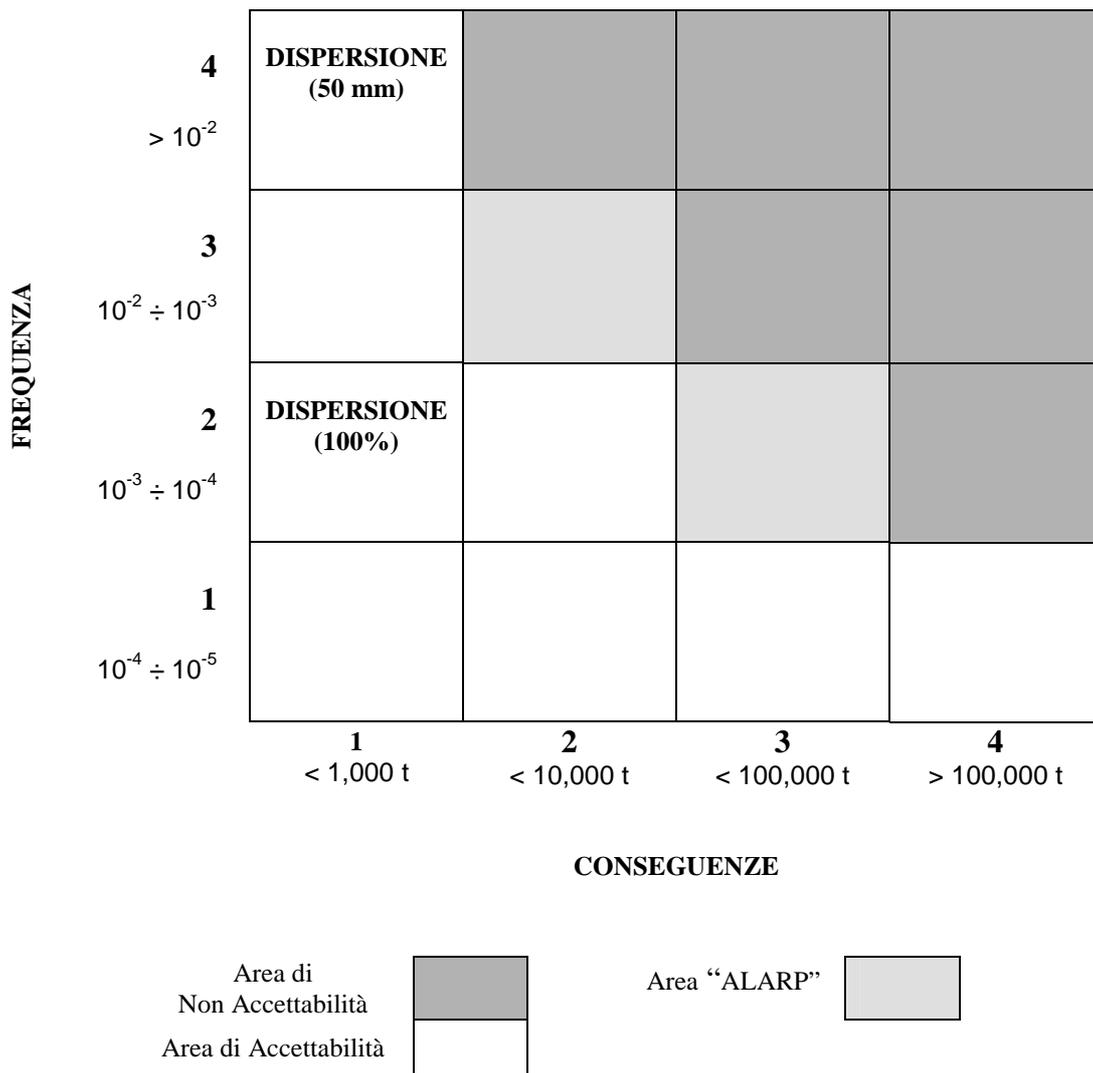
**Figura 7.3: Matrice di Rischio – Terminale - Rottura Bracci di Carico - Rischio per le Persone**

La Figura 7.3 rappresenta la matrice di rischio per le persone per quanto riguarda gli scenari di rottura dei bracci di carico posti sul Terminale. Tutti gli scenari conseguenti ad una rottura a ghigliottina delle tubazioni (Incendio 100%, F. Fire 100%) cadono in zona di accettabilità in quanto le frequenze attese di accadimento sono basse.

Gli scenari conseguenti una rottura da 50 mm risultano avere una frequenza più elevata rispetto ai precedenti. Lo scenario di esplosione conseguente una rottura da 50 mm (UVCE 50mm) ricade in zona di accettabilità in quanto, pur avendo conseguenze piuttosto estese, presenta una frequenza bassa. Lo scenario di incendio conseguente una rottura da 50 mm (Incendio 50mm) risulta

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO PROGETTO PRELIMINARE</b>		
Analisi di rischio		
Settembre 2011	B-REL-003	Rev.0

anch'esso accettabile perché, pur avendo una frequenza attesa piuttosto elevata, ha conseguenze solo locali. Unico scenario a cadere in zona ALARP è il flash fire dovuto ad un foro da 50 mm (F. Fire 50mm). In tale caso ad una frequenza attesa piuttosto elevata si sommano conseguenze estese che possono andare ad interessare ampie porzioni del terminale anche lontane dal punto di rilascio. Tale evento sarà più dettagliatamente analizzato nelle fasi successive del progetto per individuare eventuali ulteriori misure di prevenzione e mitigazione.



**Figura 7.4: Matrice di Rischio – Terminale - Rottura dei Bracci di Carico - Rischio per l'Ambiente**

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta  DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO  PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

La Figura 7.4 rappresenta la matrice di rischio per l'ambiente per quanto riguarda gli scenari di rottura dei bracci di carico posti sul terminale. Per quanto riguarda il danno ambientale sono stati considerati solo gli scenari di dispersione dell'idrocarburo non innescato. Entrambi gli scenari considerati ricadono in zona di accettabilità in quanto, pur avendo frequenze elevate, hanno conseguenze limitate al solo terminale. Anche in questo caso la presenza di panne galleggianti, che dovranno essere oggetto di attenta scelta nelle fasi successive del progetto, contribuirà a ridurre i rischi residui per l'ambiente.

### **7.1.3 Rottura di apparecchiature e impianti**

Per quanto riguarda la rottura di apparecchiature e impianti di servizio al terminale (stazioni di pompaggio, di misura, di lancio pig e relative interconnessioni) sono stati considerati due scenari:

- foro da 50 mm di diametro equivalente;
- foro da 150 mm di diametro equivalente.

Sulla base della letteratura e del numero di carichi/scarichi stimato, si sono ottenute le seguenti frequenze di rottura:

**Tabella 7.9: Terminale – apparecchiature e impianti – Tabella Riassuntiva Frequenza**

TIPOLOGIA	FREQUENZA (eventi/anno)
Foro da 50 mm	$5.7 \times 10^{-2}$
Foro da 150 mm	$7.4 \times 10^{-3}$

Applicando la metodologia ad Alberi degli Eventi descritta precedentemente si ottengono le seguenti frequenze per i vari scenari:

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta</b> <b>DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO</b> <b>PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

**Tabella 7.10: Terminale – apparecchiature e impianti – Tabella Riassuntiva Albero degli Eventi**

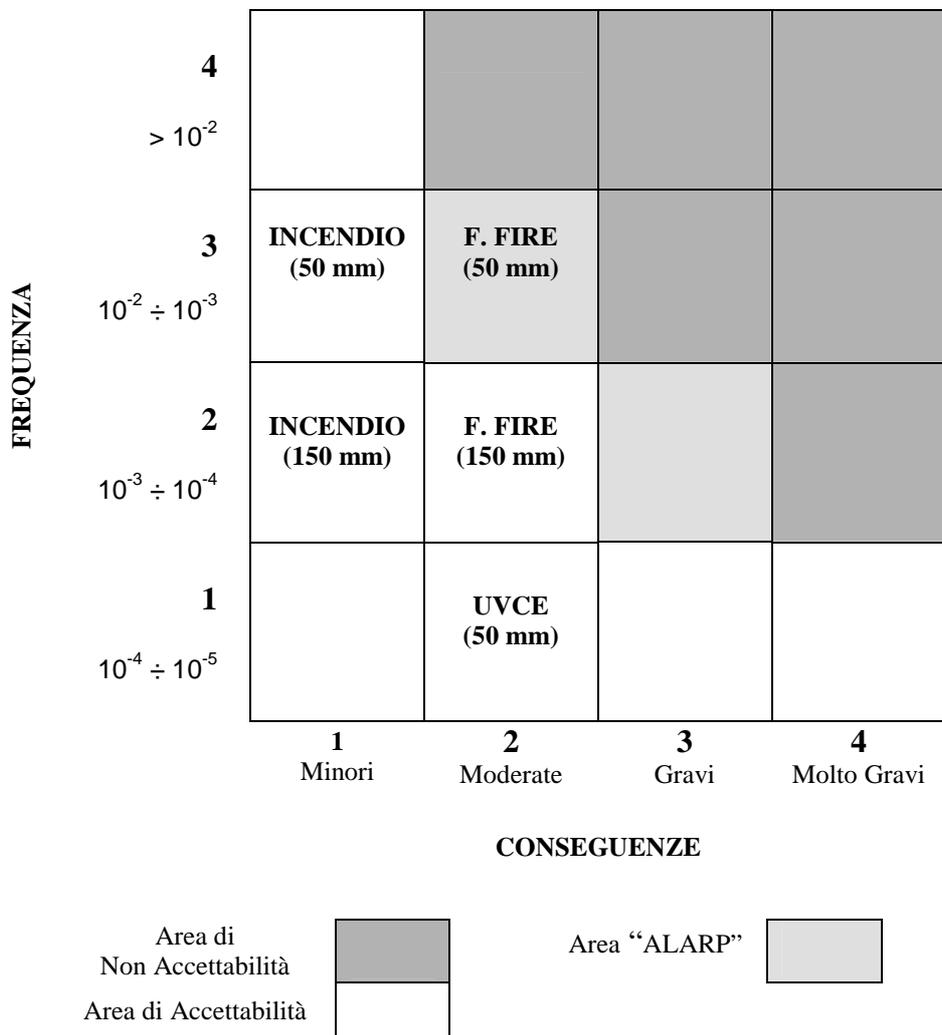
EVENTO	SCENARIO	FREQUENZA (eventi/anno)
Foro da 50 mm	Incendio	$1.7 \times 10^{-3}$
	UVCE	$5.5 \times 10^{-5}$
	Flash Fire	$1.7 \times 10^{-3}$
	Dispersione	$3.4 \times 10^{-2}$
foro da 150 mm	Incendio	$5.9 \times 10^{-4}$
	UVCE	$6.8 \times 10^{-6}$
	Flash Fire	$2.0 \times 10^{-4}$
	Dispersione	$6.6 \times 10^{-3}$

Da tale studio risultano statisticamente “credibili” tutti gli eventi identificati ad eccezione dell’esplosione conseguente a rottura con foro da 150 mm.

Limitatamente agli scenari “credibili” si è proceduto allo studio delle conseguenze (danni per le persone) e di pericolosità per l’ambiente.

Valgono anche per questo scenario le stesse considerazioni in merito al coinvolgimento di aree abitate, già espresse al precedente paragrafo.

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
Settembre 2011	B-REL-003	Rev.0



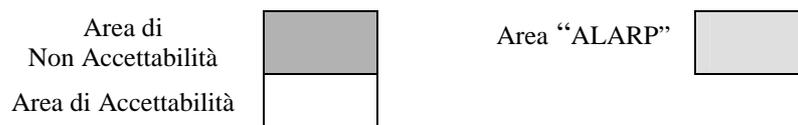
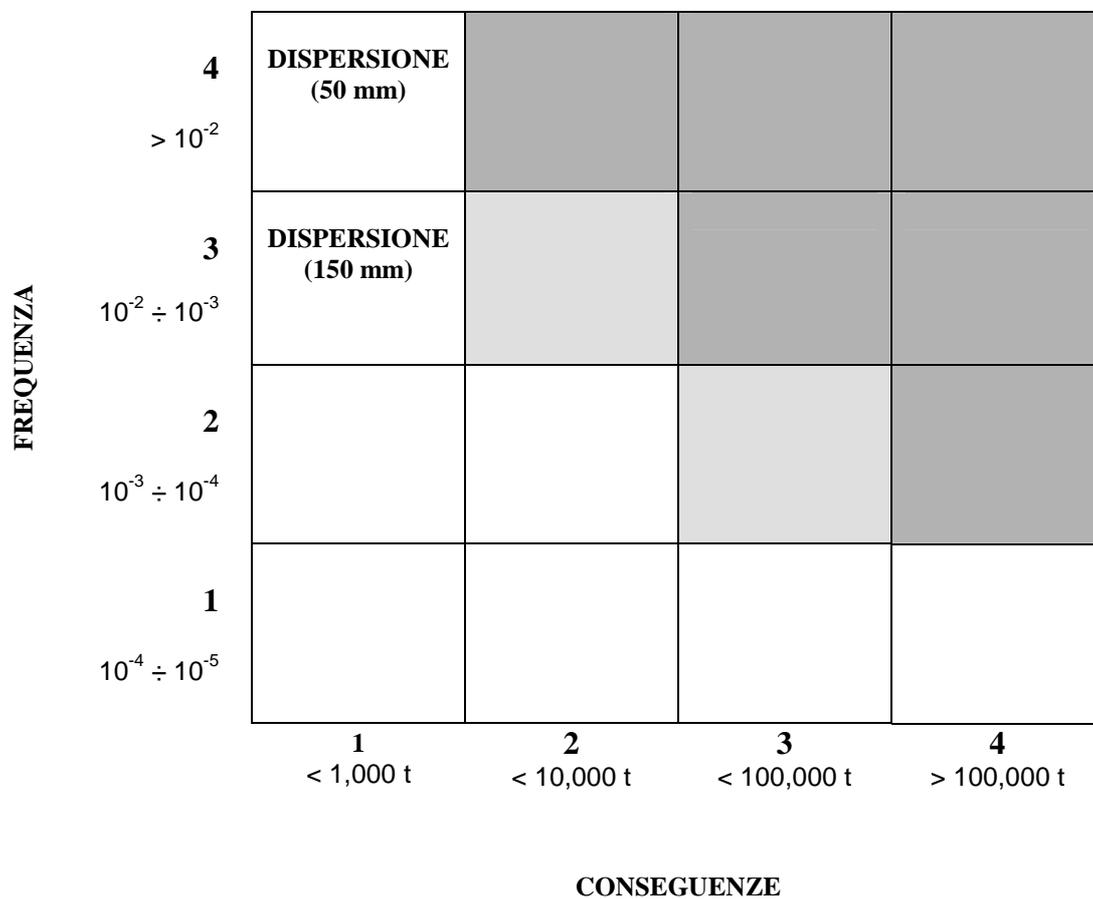
**Figura 7.5: Matrice di Rischio – Terminale - Rottura apparecchi e impianti - Rischio per le Persone**

La Figura 7.5 rappresenta la matrice di rischio per le persone per quanto riguarda gli scenari di rottura di apparecchiature e impianti posti sul Terminale. Tutti gli scenari conseguenti cadono in zona di accettabilità in quanto le frequenze attese di accadimento sono basse, con l'unica eccezione dello scenario di flash fire dovuto ad un foro da 50 mm (F. Fire 50mm) che ricade in zona ALARP.

In tale caso ad una frequenza attesa piuttosto elevata si sommano conseguenze estese che possono andare ad interessare ampie porzioni del terminale anche lontane dal punto di rilascio. Tale evento

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
Settembre 2011	B-REL-003	Rev.0

sarà più dettagliatamente analizzato nelle fasi successive del progetto per individuare eventuali ulteriori misure di prevenzione e mitigazione.



**Figura 7.6: Matrice di Rischio – Terminale - Rottura apparecchi e impianti - Rischio per l'Ambiente**

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta</b> <b>DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO</b> <b>PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
Settembre 2011	B-REL-003	Rev.0

La Figura 7.6 rappresenta la matrice di rischio per l'ambiente per quanto riguarda gli scenari di rottura delle apparecchiature e impianti.

Per quanto riguarda il danno ambientale sono stati considerati solo gli scenari di dispersione dell'idrocarburo non innescato. Entrambi gli scenari considerati ricadono in zona di accettabilità in quanto, pur avendo frequenze relativamente elevate, hanno conseguenze limitate al solo terminale. L'adozione di misure locali di monitoraggio e contenimento spanti (ad esempio valvole di intercettazione, ghiotte) nonché di stringenti procedure di manutenzione ed ispezione, da definire in dettaglio nelle fasi successive del progetto, potranno contribuire a ridurre frequenze e conseguenze degli eventi accidentali.

## 7.2 CONDOTTE A MARE

Nel presente paragrafo si riporta la matrice di rischio, limitata alle conseguenze per l'ambiente, relativa allo scenario di sversamento in mare dalla condotta che collega il terminale off-shore con la Stazione di Marghera, nel tratto sottomarino compreso tra il terminale e l'attraversamento dell'isola di Malamocco.

Nella valutazione delle frequenze di rottura sono state considerate cause esterne e cause interne. In particolare sono state considerate come cause esterne:

- impatto con ancora (diretto o trascinata);
- impatto con oggetto in affondamento (nave o container).

Come cause interne si è considerata solo la rottura random dovuta a corrosione o difetti nel materiale.

Per quanto riguarda l'impatto con ancora si sono considerati due scenari:

- impatto diretto di un'ancora con le tubazioni;
- impatto di un'ancora trascinata con le tubazioni con conseguente aggancio (*hooking*).

Perché si abbia uno scenario di impatto ancora-tubazione deve avvenire un ancoraggio di emergenza cioè una situazione in cui sia necessario procedere all'ancoraggio senza avere il tempo di verificare prima sulle mappe l'idoneità del luogo. Dalla letteratura in merito si è identificato che

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta  DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO  PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

la causa principale di una tali situazioni è un'avaria grave dei motori. Da precedenti esperienze si è ricavato, inoltre, che gli ancoraggi di emergenza avvengono solo in circa il 10% dei casi di guasto grave dei motori. A queste considerazioni va aggiunto che, perché possa effettivamente avvenire l'urto dell'ancora con le tubazioni, il guasto deve avvenire quando la nave si trova a passare sopra le condotte. Risultano pertanto determinanti il numero di attraversamenti corridoio di traffico-tubazioni e la consistenza del traffico marittimo.

Il calcolo della frequenza risulta comunque conservativo in quanto non tiene conto della protezione offerta dalla ricopertura in calcestruzzo nel primo tratto di linea

Per quanto concerne l'urto con oggetti in affondamento si sono considerati:

- navi in affondamento;
- containers in affondamento.

La frequenza dell'urto con navi in affondamento è stata valutata sulla base di dati statistici di affondamenti e tenendo conto del traffico marittimo oltre che alle interazioni corridoi di traffico-tubazione.

La frequenza di affondamento dei container è stata stimata in base alla consistenza del traffico sopra gli oleodotti e alla probabilità di perdita di un container dalla nave.

La rottura delle tubazioni per cause "interne" è stata stimata sulla base della più recente letteratura, che tuttavia si riferisce a tubazioni generiche offshore e non tengono quindi conto delle peculiari condizioni di sicurezza del terminale oggetto di questo progetto.

Riassumendo si sono ottenute le seguenti frequenze:

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta          DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO          PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

**Tabella 7.11: Tubazione Sottomarina – Tabella Riassuntiva Frequenza di Rottura**

TIPOLOGIA	FREQUENZA (eventi/anno)
Ancora – Urto Diretto	$2.0 \times 10^{-7}$
Ancora - <i>Hooking</i>	$5.0 \times 10^{-7}$
Nave in Affondamento	$1.4 \times 10^{-5}$
Container in Affondamento	$2.2 \times 10^{-4}$
Cause “Interne”	$2.0 \times 10^{-3}$

Sulla base dei criteri stabiliti al Capitolo 2 gli scenari di impatto da ancora non sono considerati credibili e non sono stati ulteriormente analizzati.

L’esperienza maturata nel Mare del Nord ha mostrato come l’affondamento della nave difficilmente porta ad una rottura delle tubazioni in quanto tale situazione è caratterizzata da una velocità di affondamento generalmente bassa oltre che da una superficie di contatto (scafo) molto estesa. In sintesi, qualora anche una nave affondasse sulla tubazione, la più grave conseguenza attesa è lo schiacciamento della stessa senza fuoriuscite.

L’analisi delle conseguenze dell’impatto di un container con le tubazioni ha evidenziato come, grazie all’interramento delle condotte, queste non vengano danneggiate in maniera critica.

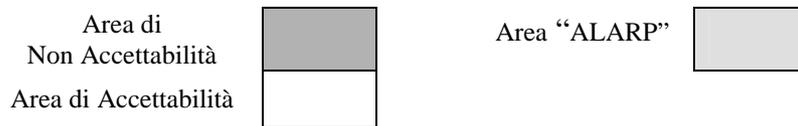
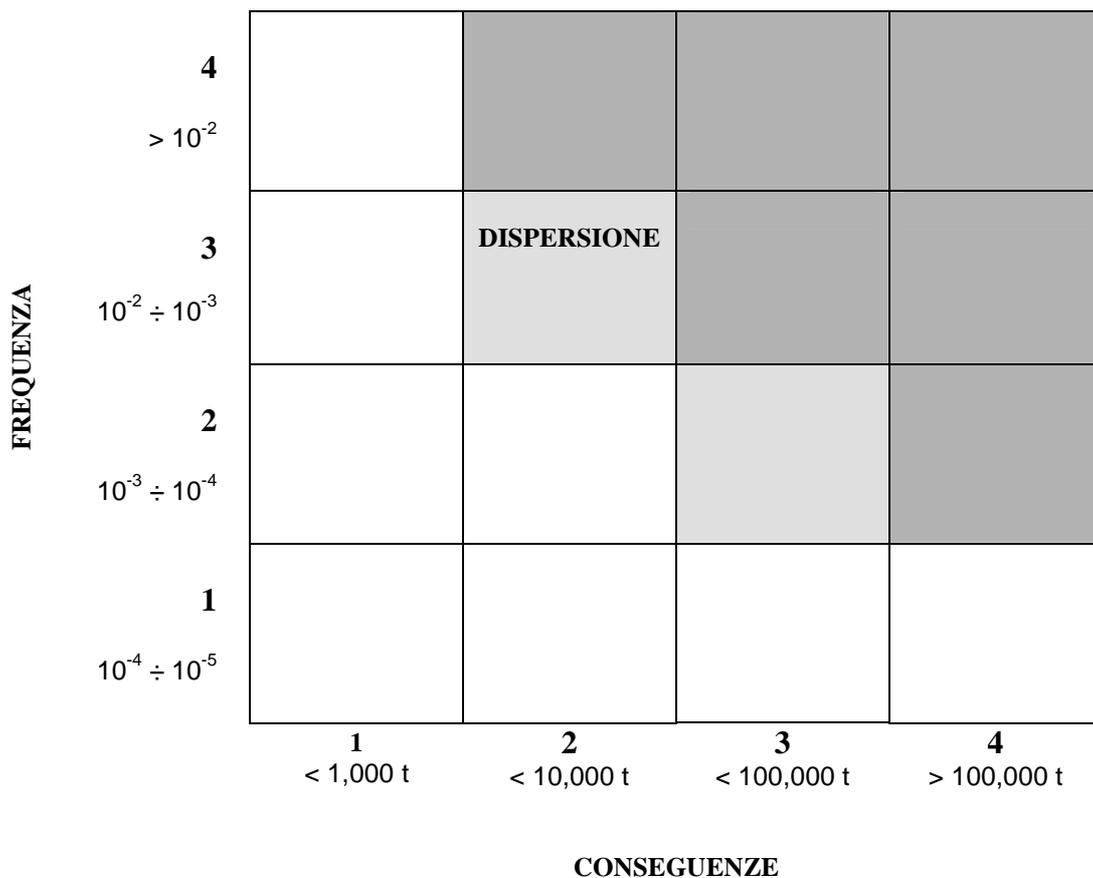
In sintesi nessuno degli agenti esterni considerati risulta poter essere causa di un rilascio dalle tubazioni.

Lo scenario di rottura per cause interne è stato analizzato in termini di rilascio di idrocarburo.

Trattandosi di rilasci in mare aperto l’unico evento considerato è la dispersione in mare del prodotto rilasciato in quanto non sono presenti fonti di innesco. L’accettabilità di tale scenario è stata stimata in termini di danno all’ambiente. La quantità stimata di idrocarburo rilasciato varia fra 1000 e 3700 t.

La Figura 7.7 rappresenta la matrice di rischio per l’ambiente.

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>



**Figura 7.7: Matrice di Rischio - Condotta a Mare - Rischio per l'Ambiente**

L'evento ricade in zona ALARP in quanto la frequenza attesa dell'evento è abbastanza elevata e le conseguenze risultano moderate. La frequenza di accadimento è legata esclusivamente a fenomeni di tipo "interno". E' da notare che il valore della frequenza di accadimento è cautelativo dato che il progetto, allo stato attuale, prevede un passaggio frequente di 'pig' per la valutazione delle condizioni della linea e la rilevazione tempestiva di eventuali danneggiamenti della condotta.

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta  DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO  PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

### 7.3 CONDOTTE IN LAGUNA

Le condotte, nell'attraversamento dell'isola di Malamocco e nel percorso all'interno della laguna, sono realizzate con tecnica di microtunnelling che comporta una elevata profondità di interro (dell'ordine di 30 m). Questo fa sì che le tubazioni non siano soggette ad eventi generati da cause esterne e che l'unico rischio di rottura sia pertanto quello legato a cause interne (difetti dei materiali o corrosione). Si aggiunge a questo un rischio legato a rotture e fuoriuscite dalle valvole di intercettazione poste lungo la linea (il progetto prevede una intercettazione all'inizio e alla fine del tratto lagunare ed una a metà percorso), peraltro racchiuse entro pozzetti confinati e ispezionabili.

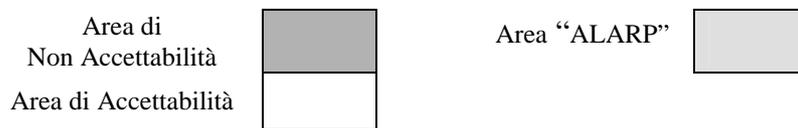
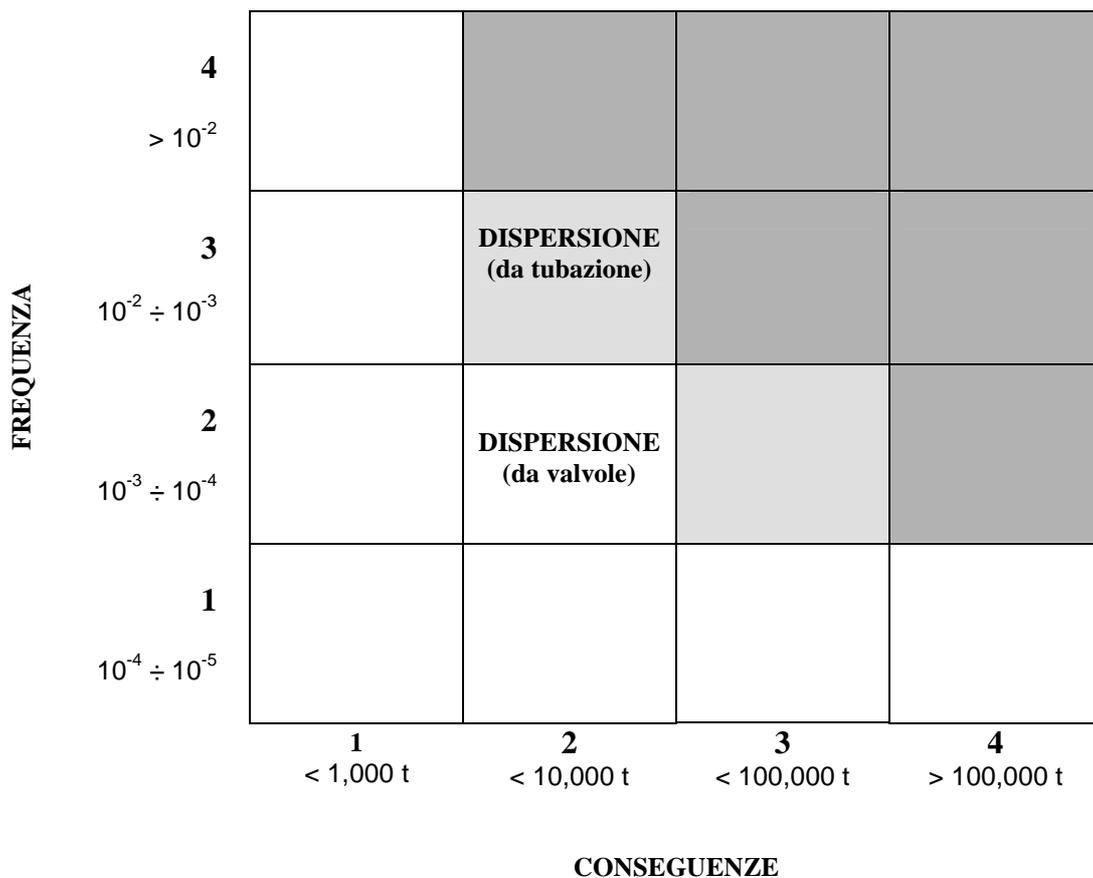
Lo scenario di rottura per cause interne è stato analizzato in termini di frequenza e di rilascio di idrocarburo.

La frequenza di rotture e sversamenti è stimata complessivamente per le tre tubazioni in  $1.3 \times 10^{-3}$  eventi/anno e per le valvole e elementi di giunzione (flange) in  $7.7 \times 10^{-4}$  eventi/anno.

Trattandosi di rilasci in mare aperto l'unico evento considerato è la dispersione in mare del prodotto rilasciato in quanto non sono presenti fonti di innesco. L'accettabilità di tale scenario è stata stimata in termini di danno all'ambiente. La quantità stimata di idrocarburo rilasciato, in entrambi gli scenari incidentali, varia fra 350 e 1550 t.

La Figura 7.8 rappresenta la matrice di rischio per l'ambiente.

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>



**Figura 7.8: Matrice di Rischio - Condotta in laguna - Rischio per l'Ambiente**

Solamente l'evento di rottura della tubazione ricade in zona ALARP in quanto la frequenza attesa dell'evento è abbastanza elevata e le conseguenze risultano moderate. E' da notare che il valore della frequenza di accadimento è cautelativo dato che il progetto, allo stato attuale, prevede un passaggio frequente di 'pig' per la valutazione delle condizioni della linea e la rilevazione tempestiva di eventuali danneggiamenti della condotta.

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta</b> <b>DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO</b> <b>PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
Settembre 2011	B-REL-003	Rev.0

## 7.4 STAZIONE MARGHERA E DISTRIBUZIONE FINALE

Gli eventi ipotizzabili per la stazione di consegna e distribuzione di Marghera è la rottura random (per cause interne) di una tubazione di arrivo o la rottura di apparecchiature / impianti

### 7.4.1 Rottura tubazioni

La frequenza di rottura per le tubazioni di arrivo alla stazione risulta essere circa **1.50 x 10<sup>-4</sup> eventi/anno**.

Come nel caso del terminale offshore si sono analizzati due scenari tipici, riferiti rispettivamente al greggio e a benzina o gasolio.

L'analisi con la metodologia degli Alberi degli Eventi ha portato ai seguenti risultati, validi per ciascuna singola tubazione:

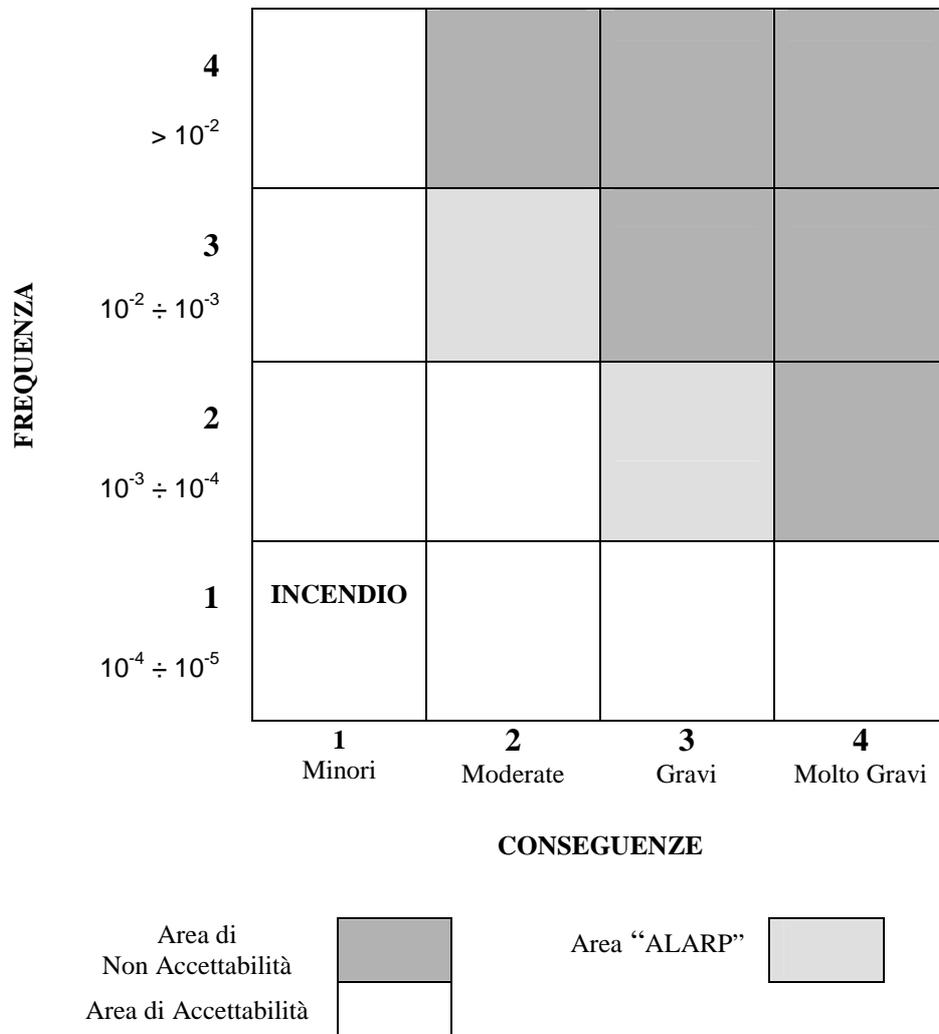
**Tabella 7.12: Stazione Marghera – rottura tubazioni - Tabella Riassuntiva Albero degli Eventi**

EVENTO	SCENARIO	FREQUENZA (eventi/anno)
Rottura singola Tubazione Foro 10%	Incendio	$4.0 \times 10^{-6}$
	UVCE	$4.6 \times 10^{-8}$
	Flash Fire	$1.4 \times 10^{-6}$
	Dispersione	$4.4 \times 10^{-5}$
Evento complessivo	Incendio	$1.2 \times 10^{-5}$
	UVCE	$1.4 \times 10^{-7}$
	Flash Fire	$4.2 \times 10^{-6}$
	Dispersione	$1.3 \times 10^{-4}$

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta</b> <b>DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO</b> <b>PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

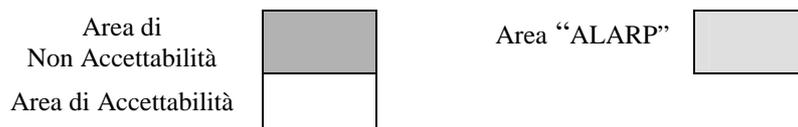
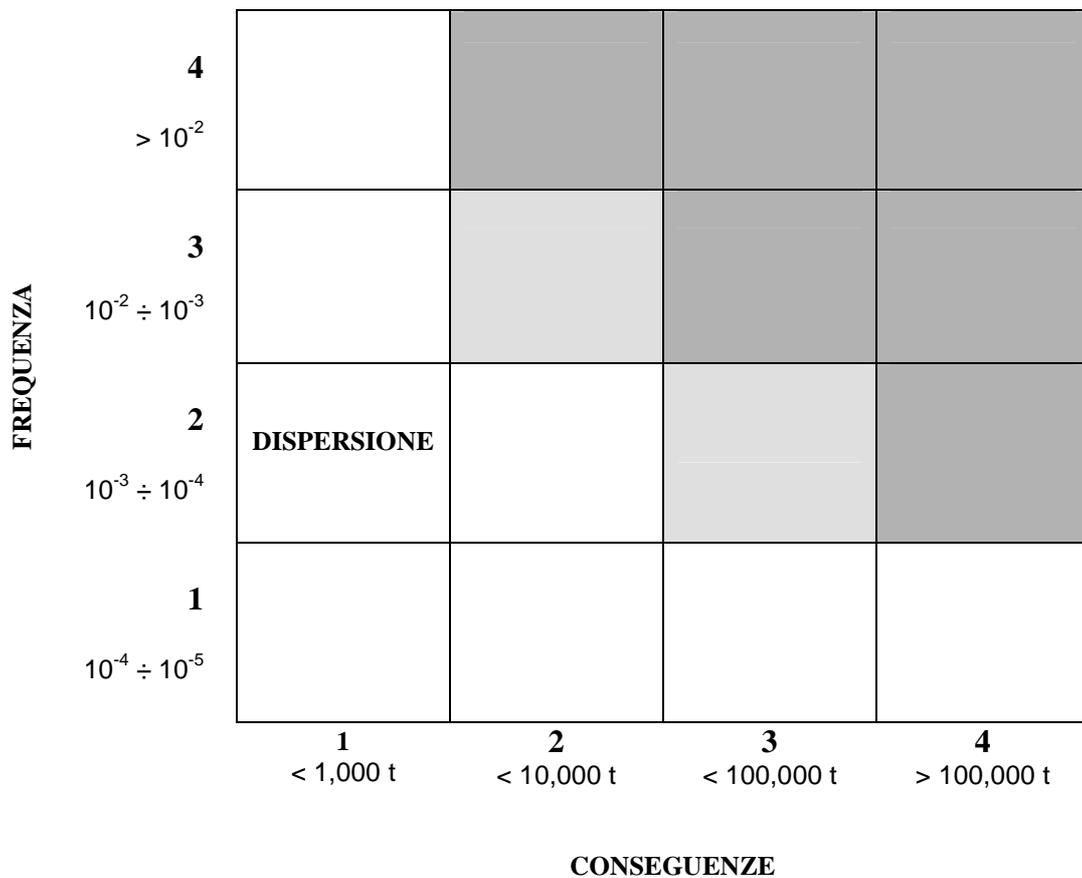
L'unico scenario credibile, valutato complessivamente per tutte le tubazioni, risulta pertanto quello di dispersione, con effetti limitati all'ambiente e di incendio con potenziali danni per le persone.

Le seguenti figure riportano le due matrici di accettabilità per l'evento in questione.



**Figura 7.9: Matrice di Rischio – Stazione Marghera – rottura tubazioni - Rischio per le Persone**

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta</b> <b>DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO</b> <b>PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

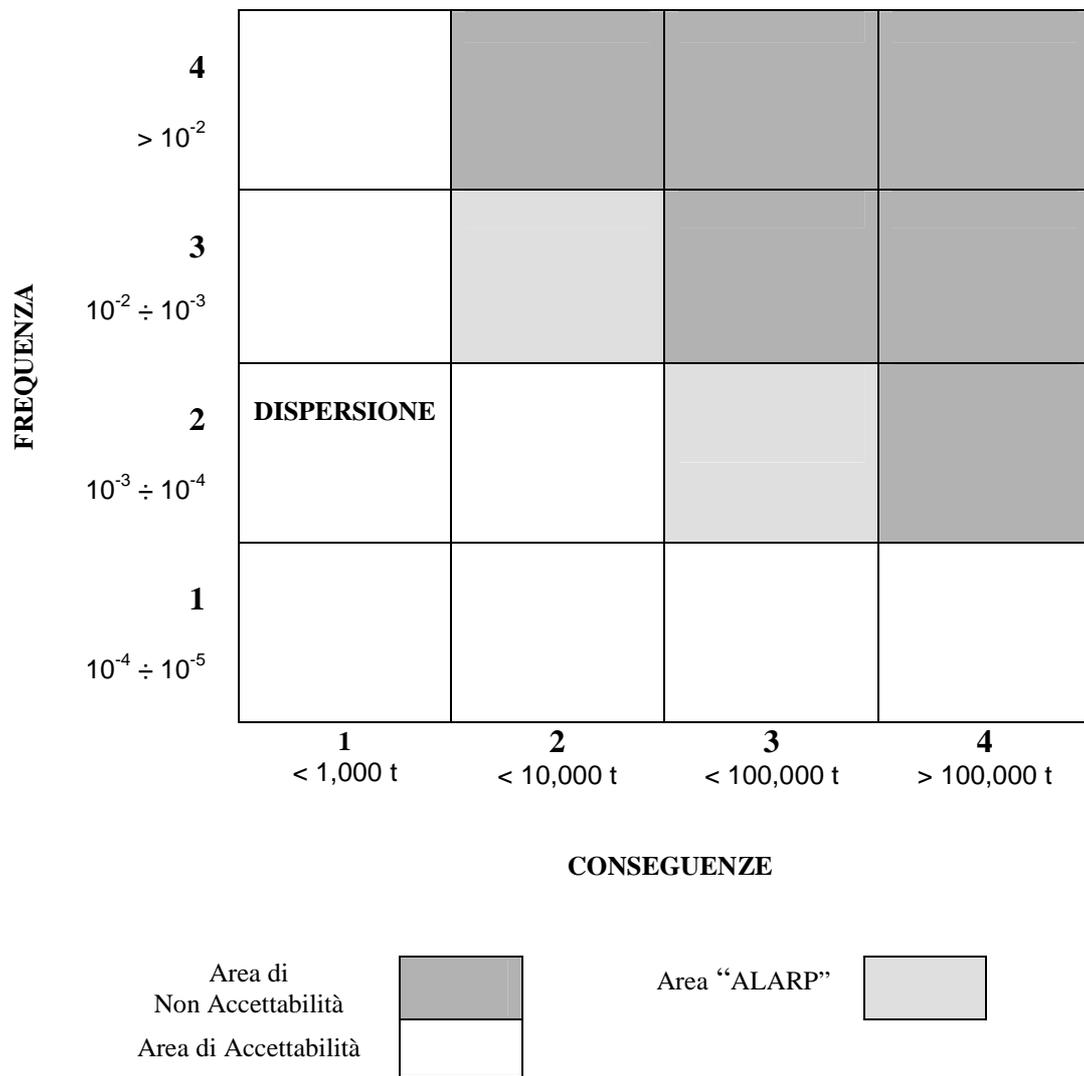


**Figura 7.10: Matrice di Rischio – Stazione Marghera – Rottura tubazioni - Rischio per l’Ambiente**

Tutti gli scenari ricadono nel campo di accettabilità.

In aggiunta è riportata una matrice di rischio preliminare relativa alla rete distributiva di condotte, relativamente al rischio di danni all'ambiente.

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta</b> <b>DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO</b> <b>PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>



**Figura 7.11: Matrice di Rischio – Rete di distribuzione Marghera - Rischio per l’Ambiente**

#### **7.4.2 Rottura di apparecchiature e impianti**

Per quanto riguarda la rottura di apparecchiature e impianti di servizio alla stazione di Marghera (stazioni di misura, di ricezione pig e relative interconnessioni) sono stati considerati due scenari:

- foro da 50 mm di diametro equivalente;
- foro da 150 mm di diametro equivalente.

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta          DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO          PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
Settembre 2011	B-REL-003	Rev.0

Sulla base della letteratura e del numero di carichi/scarichi stimato, si sono ottenute le seguenti frequenze di rottura complessive:

**Tabella 7.13: Stazione di Marghera – apparecchiature e impianti – Tabella Riassuntiva Frequenza**

TIPOLOGIA	FREQUENZA (eventi/anno)
Foro da 50 mm	$2.7 \times 10^{-2}$
Foro da 150 mm	$3.4 \times 10^{-3}$

Applicando la metodologia ad Alberi degli Eventi, in analogia a quanto fatto per il terminale offshore, si ottengono le seguenti frequenze per i vari scenari:

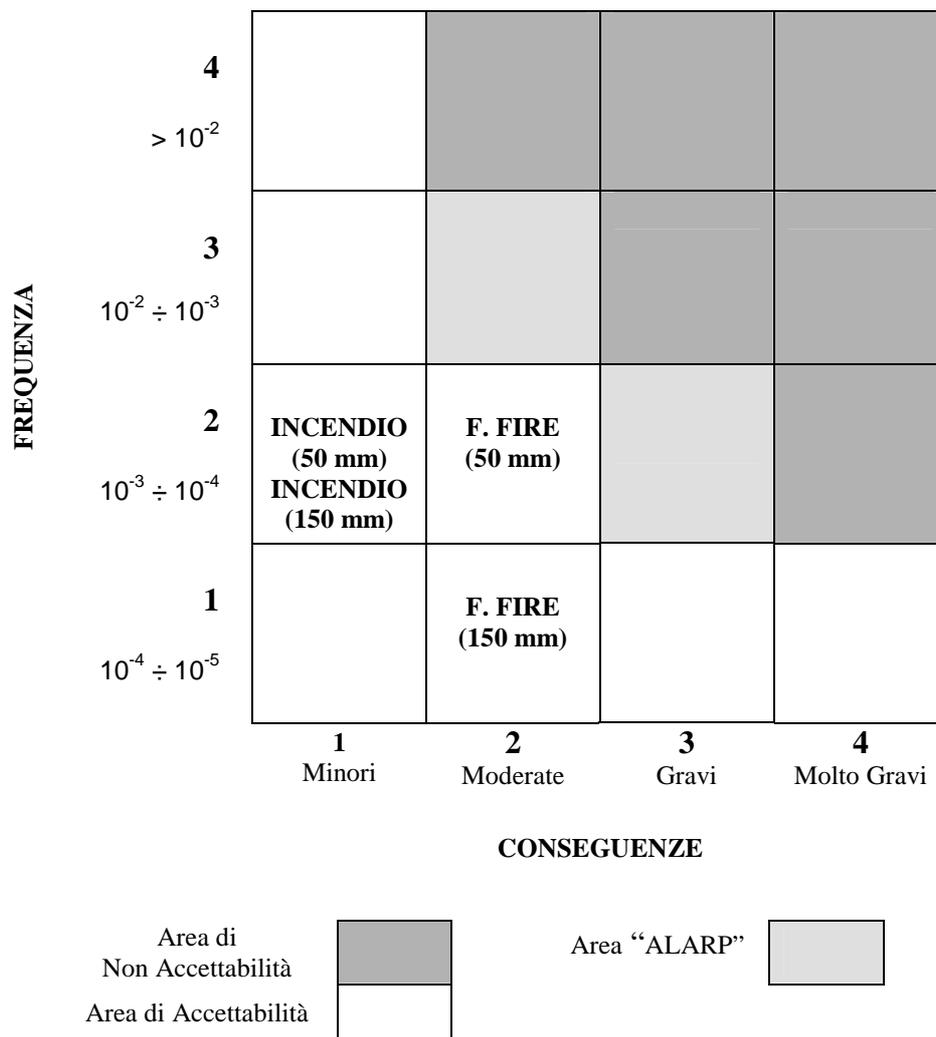
**Tabella 7.14: Stazione di Marghera – apparecchiature e impianti – Tabella Riassuntiva Albero degli Eventi**

EVENTO	SCENARIO	FREQUENZA (eventi/anno)
Foro da 50 mm	Incendio	$8.0 \times 10^{-4}$
	UVCE	$2.6 \times 10^{-5}$
	Flash Fire	$7.8 \times 10^{-4}$
	Dispersione	$1.6 \times 10^{-2}$
foro da 150 mm	Incendio	$2.7 \times 10^{-4}$
	UVCE	$3.1 \times 10^{-6}$
	Flash Fire	$9.4 \times 10^{-5}$
	Dispersione	$3.0 \times 10^{-3}$

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta</b> <b>DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO</b> <b>PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

Da tale studio risultano statisticamente “credibili” tutti gli eventi identificati ad eccezione dell’esplosione in seguito a rottura con foro da 150 mm.

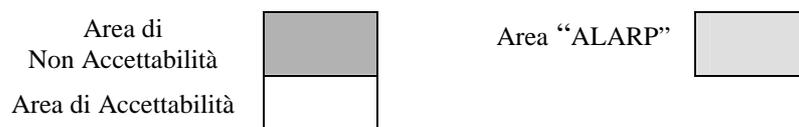
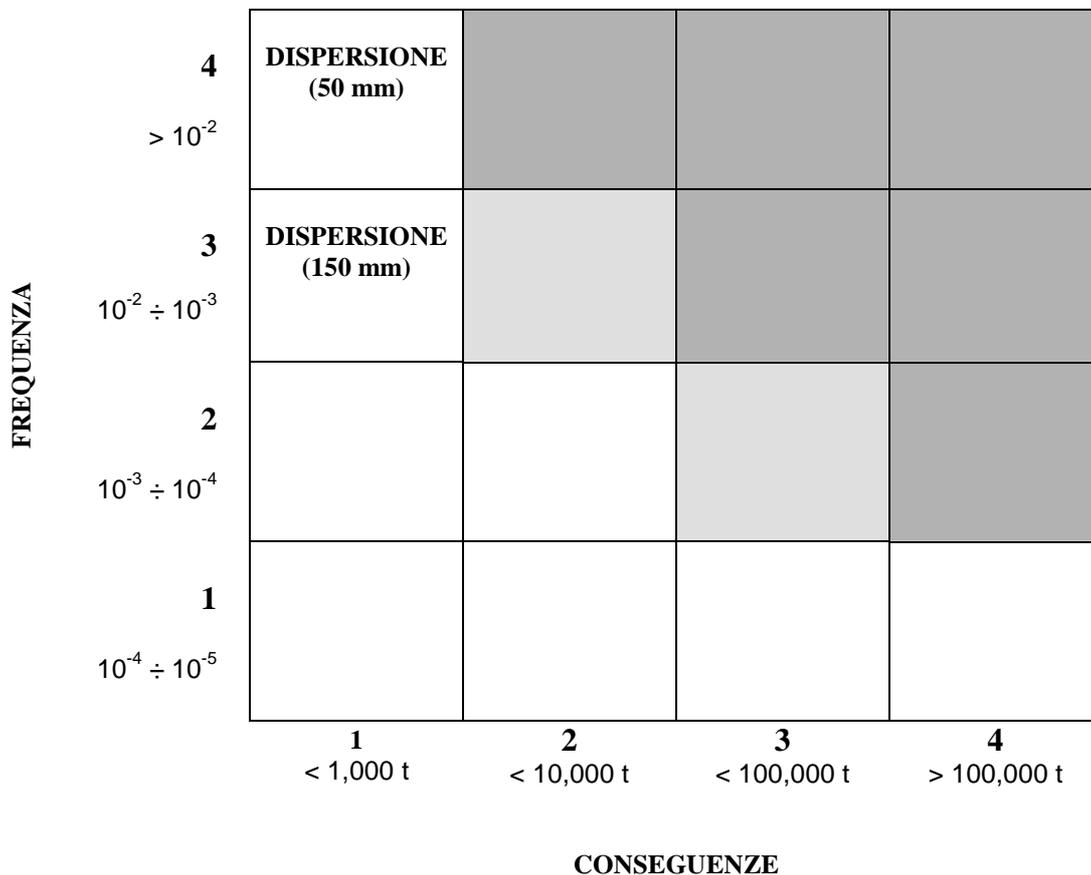
Limitatamente agli scenari “credibili” si è proceduto allo studio delle conseguenze. (danni per le persone) e di pericolosità per l’ambiente, sulla base delle quali si sono prodotte le matrici di accettabilità riportate nella successive figure per quanto riguarda rispettivamente la sicurezza delle persone e dell’ambiente.



**Figura 7.12: Matrice di Rischio – Stazione di Marghera - Rottura apparecchi e impianti - Rischio per le Persone**

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
Settembre 2011	B-REL-003	Rev.0

La Figura 7.12 rappresenta la matrice di rischio per le persone per quanto riguarda gli scenari di rottura dei bracci di carico posti sul Terminale. Tutti gli scenari conseguenti cadono in zona di accettabilità in quanto le frequenze attese di accadimento sono basse.



**Figura 7.13: Matrice di Rischio – Stazione di Marghera - Rottura apparecchi e impianti - Rischio per l’Ambiente**

La Figura 7.13 rappresenta la matrice di rischio per l’ambiente per quanto riguarda gli scenari di rottura di apparecchiature e impianti alla stazione di Marghera.

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

Tutti gli scenari conseguenti cadono in zona di accettabilità in quanto le conseguenze sono basse, anche in relazione al fatto che gli impianti si trovano all'interno di un'area industriale già adibita alla movimentazione e stoccaggio di idrocarburi.

<b>TERMINAL PLURIMODALE OFF-SHORE al largo della Costa Veneta  DIGA FORANEA E TERMINAL PETROLIFERO  PROGETTO PRELIMINARE</b>		
<b>Analisi di rischio</b>		
<b>Settembre 2011</b>	<b>B-REL-003</b>	<b>Rev.0</b>

## RIFERIMENTI

- Consorzio Venezia Nuova, 2002, "Opere necessarie ad Evitare il Trasporto nella Laguna di Petroli e Derivati, Terminale Petrolifero al Largo dei Lidi Veneziani", Progetto Preliminare, Relazione Tecnica (Elaborato A2), Novembre 2002.
- CORILA - Consorzio per la Gestione del Centro di Coordinamento delle Attività di Ricerca Inerenti il Sistema Lagunare di Venezia, 2003, preparato per Magistrato alle Acque, "Traffico Petrolifero in Laguna: Analisi Economica di una sua Estromissione dalla Laguna di Venezia".
- Cremer and Warner LTD, 1981, Rapporto Finale "Assessment of Industrial Risks in the Rijnmond Area", Londra.
- D'Appolonia, 1996, Rapporto, "Selection of Relevant Applications Atomos II", Doc. No. 95-703-H2, Rev. 0 - December.
- DM 09/05/2001, "Requisiti minimi di sicurezza in materia di pianificazione urbanistica e territoriale per le zone interessate da stabilimenti a rischio di incidente rilevante", Pubblicato su G.U. 16 giugno 2001, No. 138, suppl. ord.
- DNV – Det Norske Veritas, 2001, Recommended Practice No. DNV-RP-F107 "Risk Assessment of Pipeline Protection", 2001.
- DNV – Det Norske Veritas, 2002, "PHAST DNV Risk Management Software", Versione 6.21.
- Idrotec, 2001, preparato per Magistrato alle Acque – Consorzio Venezia Nuova, "Analisi delle Misure atte a Contenere Sversamenti Accidentali di Prodotti Petroliferi in Laguna di Venezia, Rapporto No. 1, Indagini Propedeutiche, Analisi del Quadro di Riferimento", Giugno.
- RABL – Risk Assessment of Buoyancy Loss, 1987, Rapporto, "Ship-Modu Collision Frequency".
- T. Degrè et al., 1985, COST 301 – European Co-operation in the Field of Scientific and Technical Research, Rapporto, "Marine Traffic Casualties in the COST 301 Area, 1978-1982".
- RADD – Risk Assessment Data Directory (OGP), 2010, Rapporto n. 434-4 "Risers & pipeline release frequency"
- RADD – Risk Assessment Data Directoory (OGP), 2010, Rapporto n. 434-4 "Risers & pipeline release frequency"
- World Shipping Council - 2011 – "Containers lost at sea"
- T. Degrè et al, 1986, COST 301 – European Co-operation in the Field of Scientific and Technical Research, Rapporto Finale, "Collection of Port Traffic Data", Agosto 1986
- TNO-Committee for the Prevention of Disasters, 1991, "Offshore Reliability Data Manual".
- TNO-Committee for the Prevention of Disasters, 1999, Guidelines for Quantitative Risk Assessment - CPR 18E - Purple Book, The Netherlands, Luglio.