



SMART GAS Monfalcone, Italia

Distribuzione GNL in Friuli-Venezia Giulia

Analisi di Rischio Quantitativa

Doc. No. P0030812-1-H31 Rev.0 - Febbraio 2023

Rev.	Descrizione	Preparato da	Controllato da	Approvato da	Data
0	Prima Emissione	M. Galmozzi / L. Gaggero	M. Pontiggia	A. Lo Nigro	Febbraio 2023

Tutti i diritti, traduzione inclusa, sono riservati. Nessuna parte di questo documento può essere divulgata a terzi, per scopi diversi da quelli originali, senza il permesso scritto di RINA Consulting S.p.A.

INDICE

	Pag.
LISTA DELLE TABELLE	2
LISTA DELLE FIGURE	2
ABBREVIAZIONI E ACRONIMI	3
1 PREMESSA	4
2 METODOLOGIA	5
2.1 IDENTIFICAZIONE DELLE IPOTESI INCIDENTALI	5
2.2 CALCOLO DELLA FREQUENZA DI ACCADIMENTO	5
2.2.1 Rotture casuali – Parts Count	5
2.2.2 Albero degli Eventi	5
2.3 CALCOLO DELLE CONSEGUENZE	6
2.3.1 Condizioni atmosferiche	6
2.4 RICOMPOSIZIONE DEL RISCHIO	8
2.4.1 Classificazione del Rischio	8
2.4.2 Classificazione del Rischio per gli Scenari di Incendio	9
2.4.3 Classificazione del Rischio per le Dispersioni di gas Infiammabili	9
2.4.4 Classificazione del Rischio per gli Scenari di Esplosioni	9
2.4.5 Tollerabilità del Rischio	9
3 RISULTATI	11
3.1 PUNTI DI RILASCIO	11
3.2 FREQUENZA DI RILASCIO	11
3.3 ANALISI DELL'ALBERO DEGLI EVENTI	12
3.4 ANALISI DELLE CONSEGUENZE	13
3.5 RICOMPOSIZIONE DEL RISCHIO	14
3.5.1 Target non stazionari	15
3.5.2 Target stazionari	16
4 CONCLUSIONI	18
REFERENZE	19

LISTA DELLE TABELLE

Tabella 2-1:	Distribuzione annuale delle frequenze percentuali di accadimento della velocità del vento vs direzione di Provenienza	7
Tabella 2-2:	Valori di Irraggiamento e Corrispondente Vulnerabilità	9
Tabella 2-3:	Valori di sovrappressione e corrispondente vulnerabilità	9
Tabella 2-4:	Criteri di Accettabilità del Rischio Individuale per la popolazione	10
Tabella 3-1:	Punti di Rilascio	11
Tabella 3-2:	Frequenze di Rilascio	11
Tabella 3-3:	Frequenze finali degli scenari	12
Tabella 3-4:	Risultati delle conseguenze	13
Tabella 3-5:	Rischio individuale IRPA sui 4 edifici considerati	17

LISTA DELLE FIGURE

Figura 2-1:	Tipico Albero degli Eventi	6
Figura 2-2:	Rosa annuale del vento	7
Figura 3-1:	Livelli di LSIR	15
Figura 3-2:	Livelli di rischio individuale	16
Figura 3-3:	Edifici intorno all'impianto	17

ABBREVIAZIONI E ACRONIMI

ALARP	As Low As Reasonably Practicable
ETA	Event Tree Analysis
IRPA	Individual Risk Per Annum
LFL	Lower Flammability Limit
LSIR	Location Specific Individual Risk

1 PREMESSA

In relazione alla sottomissione del progetto “Distribuzione GNL in Regione Friuli Venezia Giulia” da parte del proponente Smart Gas S.p.A. a procedura di Assoggettabilità a VIA Nazionale, sono pervenute richieste di integrazioni da parte del Ministero dell’Ambiente e della Sicurezza Energetica e dei relativi Enti territorialmente competenti, tramite Nota Prot. N.0009132 del 23 Novembre 2022.

Lo scopo del seguente documento è quello di fornire risposta per quanto riguarda i seguenti aspetti:

“In relazione agli aspetti di sicurezza per la popolazione e le attività produttive presenti nell’intorno, essendo la zona prospiciente la banchina Molino-Casillo dedicata alla nautica diportistica, all’attività sportiva, nonché ricettiva, produrre una migliore valutazione riferita all’interferenza che verrà a crearsi tra le attività citate e gli “shuttle tanker”, considerando soprattutto la loro frequenza di arrivo nei mesi estivi”

2 METODOLOGIA

La metodologia adottata per la presente Analisi di Rischio Quantitativa può essere sintetizzata nelle seguenti fasi operative:

1. Identificazione degli eventi incidentali credibili;
2. Calcolo della frequenza di accadimento degli eventi incidentali individuati;
3. Analisi delle conseguenze degli eventi incidentali di riferimento;
4. Valutazione del rischio.

2.1 IDENTIFICAZIONE DELLE IPOTESI INCIDENTALI

Lo scopo di questo step è l'identificazione delle potenziali sorgenti di una perdita di contenimento dalle apparecchiature di processo. Oltre a rischi esterni e deviazioni di processo, la perdita di contenimento dalle apparecchiature può essere dovuta a cause come corrosione, difetti meccanici o errori degli operatori. Tali eventi di perdita di contenimento sono quindi analizzati come rotture casuali specifiche per tipologia di apparecchiature coinvolte.

Eventi legati a deviazioni di processo non sono stati considerati in quanto non è disponibile l'HAZOP dell'impianto. Tali scenari verranno identificati nelle successive fasi di progetto e il relativo rischio verrà adeguatamente minimizzato tramite l'applicazione di opportune soluzioni impiantistiche.

Per questa analisi l'impianto è stato diviso in punti di rilascio in base alle condizioni operative. Un punto di rilascio è definito come una porzione dell'impianto caratterizzato da condizioni operative omogenee.

I rilasci incidentali dovuti a rotture casuali dalle apparecchiature e dalle tubazioni sono stati valutati considerando i seguenti diametri di rottura in accordo agli standard internazionali applicabili per le analisi di rischio di sistemi GNL [1]:

- ✓ Piccolo: 7 mm,
- ✓ Medio: 36 mm,
- ✓ Grande: 112 mm,
- ✓ Molto grande: 150 mm.

2.2 CALCOLO DELLA FREQUENZA DI ACCADIMENTO

Per ogni evento di rilascio identificato, la relativa frequenza di accadimento è stata valutata in base al tasso di guasto associato alle dimensioni del diametro di rottura.

2.2.1 Rotture casuali – Parts Count

La frequenza con cui si verificano le perdite di contenimento di GNL per ogni punto di rilascio è stata calcolata mediante il conteggio di tutti gli elementi e la stima della lunghezza delle tubazioni presenti all'interno di ogni punto di rilascio e la loro moltiplicazione con la frequenza di rottura di ogni elemento fornita nel database IOGP ([1], [2]) ottenendo così la frequenza di rilascio totale.

2.2.2 Albero degli Eventi

Partendo dalla frequenza di rilascio, la frequenza con cui si verifica ogni scenario specifico (Jet/pool fire, flash fire, esplosioni) è stata calcolata per ogni punto di rilascio identificato mediante l'analisi dell'albero degli eventi adottando le probabilità di innesco riportate in letteratura ([3], [5]).

Un albero degli eventi è una rappresentazione di tutti gli eventi che possono verificarsi in un sistema durante una sequenza di incidenti. Il punto di partenza (evento iniziatore) è un evento incidentale indesiderato (in questo caso la perdita di contenimento). L'albero mostra la sequenza degli eventi ed ogni possibile scenario è quantificato su basi probabilistiche.

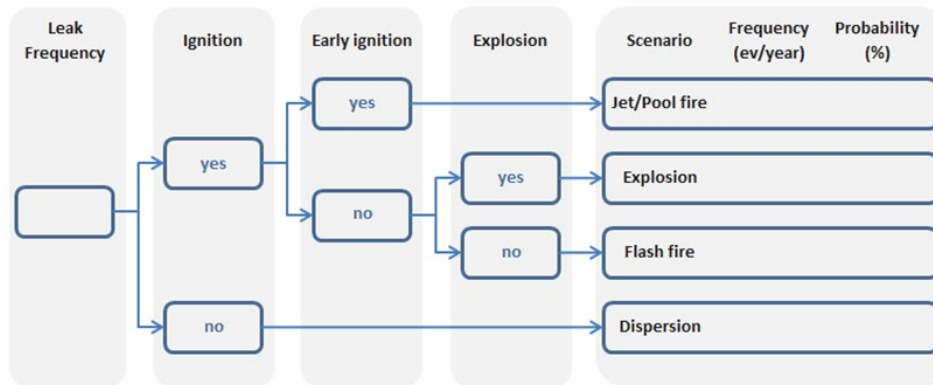


Figura 2-1: Tipico Albero degli Eventi

La probabilità di innesco è stata calcolata in accordo al report IP-UKOOA [5] sulla base della seguente equazione:

$$P_{ignition} = 10^{a \cdot \dot{M} + b}$$

dove:

- ✓ $P_{ignition}$ è la probabilità totale di innesco;
- ✓ M è la portata massica rilasciata [kg/s];
- ✓ "a" e "b" sono i coefficienti della correlazione sperimentale di Cox, Lee, Ang forniti in [5].

2.3 CALCOLO DELLE CONSEGUENZE

Il calcolo delle conseguenze ha lo scopo di stabilire le distanze di danno dei seguenti scenari incidentali:

- ✓ Flash Fire: stabilire la distanza raggiunta dalle concentrazioni di infiammabili;
- ✓ Jet/Pool fire: stabilire la distanza raggiunta dai livelli di irraggiamento pericolosi;
- ✓ Explosion: stabilire la distanza raggiunta dai livelli di sovrappressione pericolosa.

Per il calcolo delle conseguenze è stato usato il software DNV PHAST versione 8.22. Le simulazioni sono state effettuate sulla base delle condizioni operative di progetto (pressione, temperatura, composizione, ecc.).

2.3.1 Condizioni atmosferiche

Per il calcolo delle conseguenze e del rischio, la letteratura suggerisce l'utilizzo di due classi di stabilità atmosferica [6]: atmosfera stabile (classe Pasquill F) e atmosfera neutra (classe Pasquill D). Inoltre, viene suggerito l'uso delle velocità del vento pari a 2 m/s per la classe F e la velocità del vento di 5 m/s per la classe D.

Condizioni di atmosfera stabili sono associati ad una minor diluizione e una maggior concentrazione al livello del terreno. Basse velocità del vento riducono la diluizione dovuta dalla turbolenza del vento; velocità del vento medio-alte sono usate per massimizzare la velocità di dispersione dalla nube e massimizzare i potenziali impatti di jet fire.

Nello studio meteomarinario preliminare (P0030812-9-H4) è riportata la distribuzione del vento in termini di intensità e direzione in corrispondenza della banchina.

Come mostrato in Figura 2-2 e in Tabella 2-1, il 59% circa degli eventi è caratterizzato da velocità inferiori o uguali a 5 m/s, circa il 99% degli eventi totali è caratterizzato da velocità inferiori o al più uguali a 15 m/s, mentre la classe massima 27.5 m/s presenta delle frequenze di occorrenza minori di 0.01%. I venti più intensi provengono dal settore NE.

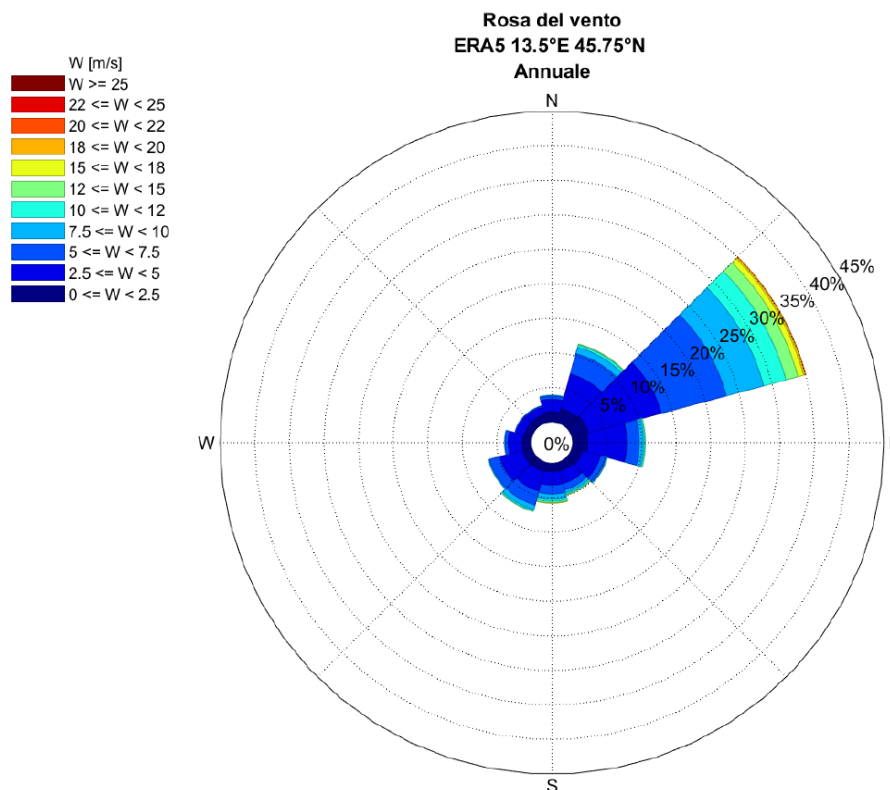


Figura 2-2: Rosa annuale del vento

Tabella 2-1: Distribuzione annuale delle frequenze percentuali di accadimento della velocità del vento vs direzione di Provenienza

Dir [N]	Velocità del vento (m/s) - Annuale ERA5 13.5°E 45.75°N												TOT.	
	2.5	5	7.5	10	12.5	15	17.5	20	22.5	25	27.5	>27.5		
0	1.46	1.80	0.46	0.12	0.03	0.01								3.87
30	2.09	5.17	3.05	0.96	0.35	0.13	0.03	*						11.78
60	2.44	10.92	9.75	5.60	3.34	1.80	0.82	0.29	0.05	0.01	*			35.02
90	2.17	5.66	1.79	0.63	0.22	0.06	0.01							10.53
120	1.55	2.72	0.82	0.18	0.04	0.01	*	*						5.31
150	1.23	1.90	0.95	0.42	0.21	0.13	0.03	*	*	*				4.88
180	1.19	1.95	1.29	0.73	0.36	0.20	0.06	0.02	*					5.80
210	1.31	2.95	2.09	0.72	0.20	0.06	0.01	*						7.34
240	1.38	3.41	1.53	0.18	0.01	*	*							6.52
270	1.27	2.04	0.51	0.03	*		*							3.85
300	1.15	1.22	0.19	0.01	*									2.57
330	1.19	1.10	0.20	0.03	0.01	*								2.53
TOT.	18.44	40.82	22.62	9.61	4.78	2.39	0.96	0.32	0.05	0.01	*			100.00

Sulla base dell'analisi dei dati meteorologici, è ragionevole considerare, oltre alle classi di stabilità atmosferica raccomandate dagli standard internazionali per l'analisi di rischio, anche una classe instabile (A), associata a

velocità del vento molto sostenute (20 m/s). Le condizioni meteorologiche considerate durante il calcolo delle conseguenze sono pertanto:

- ✓ Classe 2F (Stabilità atmosferica Pasquill F e velocità del vento 2 m/s);
- ✓ Classe 5D (Stabilità atmosferica Pasquill D e velocità del vento 5 m/s);
- ✓ Classe 20A (Stabilità atmosferica Pasquill A e velocità del vento 20 m/s);

La probabilità di avere le tre classi atmosferiche è stata calcolata basandosi sulla distribuzione annuale delle velocità del vento, in particolare:

- ✓ Classe 2F: Probabilità pari a 18% (velocità di vento considerate: 2.5 m/s)
- ✓ Classe 5D: Probabilità pari a 73% (velocità di vento considerate: 5, 7.5, 10 m/s)
- ✓ Classe 20A: Probabilità pari a 9% (velocità di vento considerate: >10 m/s)

2.4 RICOMPOSIZIONE DEL RISCHIO

2.4.1 Classificazione del Rischio

Il rischio individuale è la frequenza alla quale ci si può aspettare che un individuo subisca un livello di danno prefissato causato dai pericoli specifici.

Il livello di danno per le persone è convenzionalmente assunto come il rischio di morte e solitamente è espresso come la frequenza associata agli eventi mortali per anno.

Le frequenze e gli impatti di tutti gli scenari incidentali sono stati presi in considerazione nel calcolo del rischio complessivo aggregato.

Il rischio individuale specifico per posizione (LSIR – Location Specific Individual Risk) è un indicatore di rischio astratto che identifica il rischio calcolato in una particolare posizione ipotizzando la presenza permanente (24 ore al giorno e 365 giorni all'anno) di un ipotetico individuo.

L'LSIR prende in considerazione:

- ✓ Frequenza degli eventi di rilascio;
- ✓ Probabilità di condizioni specifiche (probabilità di innesco, condizioni meteorologiche, etc.);
- ✓ Vulnerabilità (Probabilità di morte correlata agli effetti fisici come irraggiamento e sovrappressione);
- ✓ Ubicazione delle fonti di rilascio.

L'LSIR nella posizione X è calcolato come segue:

$$LSIR(X) = \sum_l \lambda_l * \sum_s P_{scen_{s,l}} * \sum_w (P_{wind} * V(X))_{l.s.w}$$

Dove:

λ_l	Frequenza di rilascio
$P_{scen_{s,l}}$	Probabilità dello scenario
P_{wind}	Probabilità della condizione meteorologica
V	Vulnerabilità

Il rischio individuale per anno (IRPA) è definito come il rischio di morte per un individuo appartenente ad una categoria di lavoratori presente nell'impianto. L'IRPA è stato calcolato dai corrispondenti valori di LSIR includendo il fattore di probabilità di presenza.

Nella presente analisi sono stati assunti i seguenti valori (conservativi) di presenza:

- ✓ Probabilità di presenza pari al 10% (circa 2h e 30min al giorno tutti i giorni) per pubblico e terze parti in transito in prossimità dell'installazione, ossia tutta la popolazione che può essere presente nei dintorni dell'impianto senza però stare ferma in un punto fisso (transito di imbarcazioni, automobili, ecc.).
- ✓ Probabilità di presenza pari al 30% (circa 8 ore al giorno tutti i giorni della settimana per 48 settimane all'anno) per le persone stazionarie all'interno di edifici presenti nei dintorni dell'impianto

2.4.2 Classificazione del Rischio per gli Scenari di Incendio

Per la valutazione dei livelli limite di irraggiamento è stato usato il metodo probit, un metodo statistico ampiamente utilizzato per le modellazioni di regressioni a due variabili (nel caso presente le variabili correlate sono la dose di irraggiamento termico e la probabilità di morte). L'equazione probit è riportata di seguito:

$$Pr = a + b \ln(I^n \cdot t)$$

Dove:

- ✓ I: Irraggiamento;
- ✓ t: tempo;
- ✓ a: -36.38;
- ✓ b: 2.56;
- ✓ n: 1.333.

In Tabella 2-2 è riportata la vulnerabilità ottenuta associata ai livelli di irraggiamento per un tempo di esposizione pari a 20 secondi:

Tabella 2-2: Valori di Irraggiamento e Corrispondente Vulnerabilità

Irraggiamento (kW/m ²)	Vulnerabilità (%)
4	1
12.5	10
37.5	99

2.4.3 Classificazione del Rischio per le Dispersioni di gas Infiammabili

Per i flash fire è stato assunto che le persone raggiunte dalla concentrazione di LFL siano esposte a una vulnerabilità pari al 100% mentre al di sotto di questa concentrazione la vulnerabilità è stata considerata pari a 0 [6].

2.4.4 Classificazione del Rischio per gli Scenari di Esplosioni

Le vulnerabilità per le persone a causa delle sovrappressioni sono state prese dall'OGP risk assessment report 434-14 "Vulnerability of Humans" [4] e sono riportate nella seguente tabella:

Tabella 2-3: Valori di sovrappressione e corrispondente vulnerabilità

Sovrappressione (barg)	Vulnerabilità (%)
0.07	1
0.3	50
0.5	100

2.4.5 Tollerabilità del Rischio

Per valutare la tollerabilità del rischio per le persone sono state utilizzate pratiche accettate a livello internazionale. La Tabella 2-4 fornisce i livelli di rischio utilizzati nell'HSE UK per le persone esterne all'impianto (popolazione).

Tabella 2-4: Criteri di Accettabilità del Rischio Individuale per la popolazione

Livello di Rischio Individuale	Risk Criteria
Ampiamente accettabile	Rischio < 1.00E-06 eventi/anno
ALARP	$1.00E-06 \leq \text{Rischio} < 1.00E-03$ eventi/anno
Inaccettabile	Rischio $\geq 1.00E-04$ eventi/anno

Qualora il rischio ricada nella regione ALARP sarà necessaria una valutazione per confermare le attuali misure di prevenzione o di mitigazione o per identificare misure aggiuntive al fine di garantire che il rischio sia ALARP.

Nelle aree in cui il rischio è inaccettabile sarà necessario implementare misure mitigative o preventive in maniera tale da ridurre il rischio almeno ad ALARP.

3 RISULTATI

3.1 PUNTI DI RILASCIO

Seguendo la metodologia descritta al capitolo precedente, sono stati identificati diversi punti di rilascio riportati in Tabella 3-1.

Tabella 3-1: Punti di Rilascio

RP	RELEASE POINT	T [°C]	P [barg]	Portata max [m ³ /h]	NOTE
1	Bracci di carico LNG 10"	-160	7	1280	Tempo di funzionamento: 3818 h/anno (23h per trasferimento x 166 trasferimenti all'anno)
2	Bracci di carico BOG 10"	-160	1	-	Tempo di funzionamento: 3818 h/anno (23h per trasferimento x 166 trasferimenti all'anno)
3	Collettore LNG 14"	-160	7	1280 - 50	La portata massima è pari a 1280 m ³ /h in presenza della nave spola e 50 m ³ /h in assenza della nave spola
4	Collettore BOG 10"	-160	1	-	
5	20 Bracci di carico LNG collegati agli ISO Container 4"	-160	7	1280	
6	20 Bracci di carico BOG collegati agli ISO Container 4"	-160	1	-	
7	128 ISO Container	-160	1	-	128 è la massima quantità di unità piene sul piazzale
8	Pacchetto liquefazione BOG	-160	1	-	
9	Buffer tank LNG	-160	7	-	

Non sono state identificate aree congestionate dal layout di impianto e pertanto non sono state calcolate le frequenze e le conseguenze degli eventi di esplosione.

3.2 FREQUENZA DI RILASCIO

Seguendo la metodologia del parts count è stata calcolata la frequenza di rilascio per ogni punto di rilascio e per ogni diametro di rottura considerato, i risultati sono riportati in Tabella 3-2 per i diametri considerati credibili e applicabili in accordo con i database di frequenza di rilascio specifici per applicazioni GNL.

Tabella 3-2: Frequenze di Rilascio

Punti di rilascio	Frequenza [eventi/anno]			
	3-10 mm	10-50 mm	50-150 mm	>150 mm
RP1	-	2.55E-03	-	2.55E-04
RP2	-	1.27E-03	-	1.27E-04
RP3	6.30E-04	3.15E-04	7.80E-05	6.90E-05
RP4	6.30E-04	3.15E-04	7.80E-05	6.90E-05
RP5	7.80E-04	3.20E-04	6.40E-05	4.00E-05
RP6	7.80E-04	3.20E-04	6.40E-05	4.00E-05
RP7	-	-	1.28E-03	-
RP8	6.35E-03	3.24E-03	1.90E-03	-
RP9	3.68E-03	1.16E-03	2.95E-04	-

Note:

- ✓ Per i bracci di carico (punti di rilascio RP1 ed RP2) sono presenti le frequenze di rottura solamente per due range di diametri, in quanto il report OGP 434-1 [1] fornisce le frequenze di rottura solamente per la rottura totale del braccio di carico e per una rottura equivalente al 10% del diametro del braccio di carico.
- ✓ Per gli iso-container (punto di rilascio RP7) il report OGP 434-3 [2] fornisce la frequenza di rottura solamente per la rottura catastrofica e per una rottura da una connessione. Considerando che la rottura catastrofica può essere causata solamente da una caduta del serbatoio e che in questo progetto sarà presente una doppia pinza sull'organo di carico, è ragionevole assumere che una rottura catastrofica del serbatoio non sia credibile. Viene pertanto solamente considerata la possibile rottura dalla più grande connessione del serbatoio (2")
- ✓ I punti di rilascio RP8 e RP9 non hanno una frequenza di rottura per un diametro di foro maggiore di 150 mm in quanto tutte le flange e le tubazioni presenti in questi punti di rilascio hanno un diametro inferiore di 150 mm.

3.3 ANALISI DELL'ALBERO DEGLI EVENTI

Seguendo la metodologia sono state calcolate le frequenze di accadimento degli scenari finali per ogni punto di rilascio, i risultati sono forniti in Tabella 3-3.

Tabella 3-3: Frequenze finali degli scenari

Scenario	Release diameter	Flash Fire	Jet/Pool Fire
RP1	36 mm	8.4E-05	3.6E-05
	150 mm	1.8E-06	7.7E-07
RP2	36 mm	1.8E-05	7.6E-06
	150 mm	5.7E-06	2.4E-06
RP3	7 mm	9.0E-06	3.8E-06
	36 mm	5.8E-06	2.5E-06
	110 mm	5.3E-06	2.3E-06
	150 mm	3.0E-06	1.3E-06
RP4	7 mm	8.8E-06	3.8E-06
	36 mm	4.4E-06	1.9E-06
	110 mm	2.5E-06	1.1E-06
	150 mm	3.1E-06	1.3E-06
RP5	7 mm	1.1E-05	4.8E-06
	36 mm	1.1E-05	4.5E-06
	110 mm	4.3E-06	1.9E-06
	150 mm	1.6E-06	6.9E-07
RP6	7 mm	1.1E-05	4.7E-06
	36 mm	4.5E-06	1.9E-06
	110 mm	2.1E-06	8.8E-07
	150 mm	1.8E-06	7.6E-07
RP7	110 mm	6.4E-05	2.7E-05
RP8	7 mm	8.8E-05	3.8E-05
	36 mm	4.5E-05	1.9E-05
	110 mm	6.1E-05	2.6E-05
	150 mm	non credibile	non credibile

Scenario	Release diameter	Flash Fire	Jet/Pool Fire
RP9	7 mm	5.2E-05	2.2E-05
	36 mm	3.8E-05	1.6E-05
	110 mm	2.0E-05	8.5E-06
	150 mm	non credibile	non credibile

3.4 ANALISI DELLE CONSEGUENZE

L'analisi delle conseguenze è stata effettuata mediante il software DNV PHAST versione 8.22. In Tabella 3-4 sono riportati i risultati, in termini di distanze di danno, per gli scenari di Jet/Pool Fire e Flash Fire.

Tabella 3-4: Risultati delle conseguenze

Punto di rilascio	Condizione Meteo	Diametro di Rottura [mm]	Jet-Pool Fire			Flash Fire
			Distanza [m] di 4 kW/m ²	Distanza [m] di 12.5 kW/m ²	Distanza [m] di 37.5 kW/m ²	Distanza [m] LFL
RP1	2/F	36	101	80	66	102
		150	295	229	181	254
	20/A	36	85	65	51	15
		150	251	190	149	96
	5/D	36	90	69	55	61
		150	267	202	156	189
RP2	2/F	36	75	61	52	6
		150	75	61	52	37
	20/A	36	75	61	52	2
		150	75	61	52	7
	5/D	36	75	61	52	5
		150	75	61	52	27
RP3	2/F	7	24	20	17	10
		36	101	80	66	102
		110	272	213	169	268
		150	295	229	181	254
	20/A	7	24	20	16	3
		36	85	65	51	15
		110	231	174	135	92
		150	251	190	149	96
	5/D	7	24	20	16	7
		36	90	69	55	61
		110	245	185	143	202
		150	267	202	156	189
RP4	2/F	7	24	20	16	1
		36	24	20	16	6
		110	45	37	32	23
		150	60	49	41	37
	20/A	7	24	20	16	1
		36	24	20	16	2
		110	39	30	24	5
		150	51	39	31	7
	5/D	7	24	20	16	1
		36	24	20	16	5
		110	40	32	27	16
		150	53	42	35	27
RP5	2/F	7	75	61	52	10
		36	101	80	66	102

Punto di rilascio	Condizione Meteo	Diametro di Rottura [mm]	Jet-Pool Fire			Flash Fire		
			Distanza [m] di 4 kW/m ²	Distanza [m] di 12.5 kW/m ²	Distanza [m] di 37.5 kW/m ²	Distanza [m] LFL		
	20/A	110	272	213	169	268		
		150	295	229	181	254		
		7	75	61	52	3		
		36	85	65	52	15		
		110	231	174	135	92		
		150	251	190	149	96		
	5/D	7	75	61	52	7		
		36	90	69	55	61		
		110	245	185	143	202		
		150	267	202	156	189		
		RP6	2/F	7	75	61	52	1
				36	75	61	52	6
110	75			61	52	23		
150	75			61	52	37		
20/A	7		75	61	52	1		
	36		75	61	52	2		
	110	75	61	52	5			
5/D	150	75	61	52	7			
	7	75	61	52	1			
	36	75	61	52	5			
	110	75	61	52	16			
RP7	150	75	61	52	27			
	2/F	110	169	131	108	170		
	20/A	110	154	118	94	47		
RP8	2/F	5/D	110	165	126	98	105	
		7	75	61	52	1		
		36	75	61	52	6		
	20/A	110	75	61	52	23		
		7	75	61	52	1		
		36	75	61	52	2		
	5/D	110	75	61	52	5		
		7	75	61	52	1		
		36	75	61	52	5		
		110	75	61	52	16		
		RP9	2/F	7	75	61	52	10
				36	101	80	66	102
110	272			213	169	268		
20/A	7		75	61	52	3		
	36		85	65	52	15		
	110		231	174	135	92		
5/D	7	75	61	52	7			
	36	90	69	55	61			
	110	245	185	143	202			

3.5 RICOMPOSIZIONE DEL RISCHIO

La mappa di LSIR (rischio calcolato in una particolare posizione ipotizzando la presenza permanente di un ipotetico individuo) è stata elaborata secondo quanto riportato in metodologia ed è riportata in Figura 3-1 considerando i seguenti colori:

- ✓ Verde: rischio di fatalità pari a 1E-6 eventi/anno
- ✓ Giallo: rischio di fatalità pari a 1E-5 eventi/anno

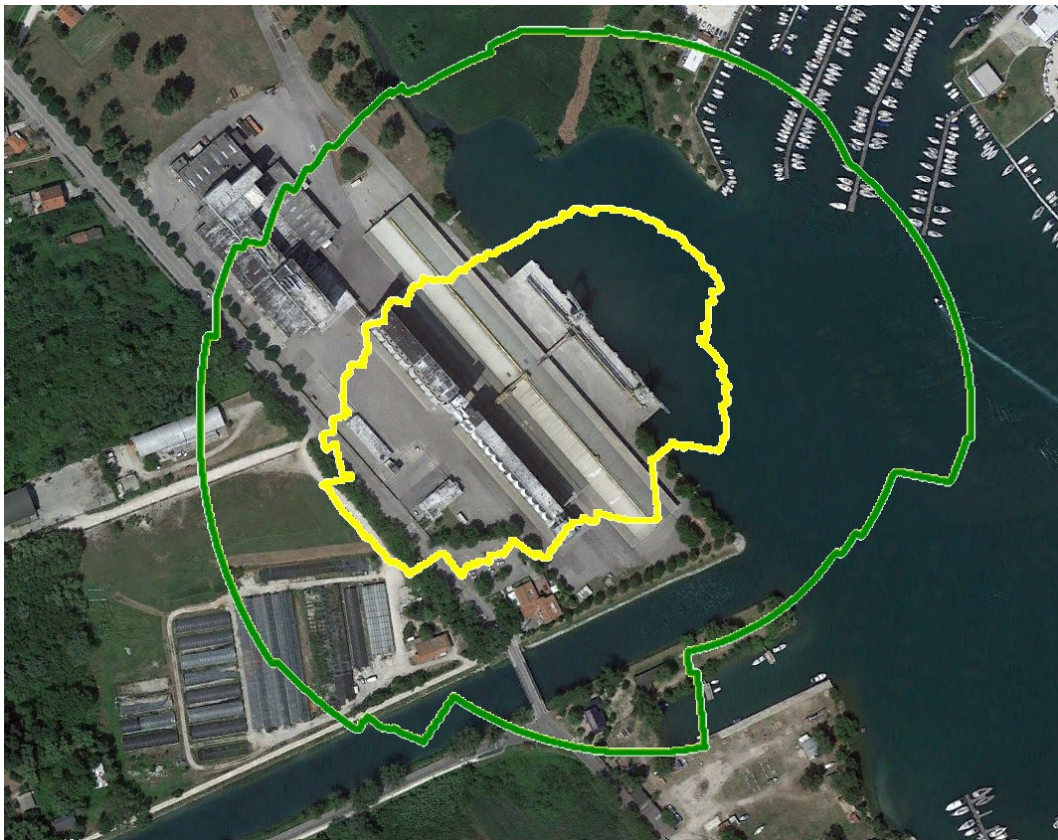


Figura 3-1: Livelli di LSIR

Come si può osservare in Figura 3-1, il valore di LSIR pari a $1E-5$ eventi/anno è circoscritto nell'area di impianto, nello specchio di mare antistante la banchina e nella strada a Sud-Ovest dell'impianto, mentre il valore di LSIR pari a $1E-6$ eventi/anno interessa parte del porto antistante la banchina, il canale del Brancolo ed alcuni edifici ad Ovest dell'impianto.

3.5.1 Target non stazionari

Per quanto riguarda tutti i target non stazionari, ossia, tutta la popolazione che può essere presente nei dintorni dell'impianto senza però stare ferma in un punto fisso (imbarcazioni, automobili, ecc.) viene considerato un fattore di presenza delle persone pari al 10% (circa 2h30min al giorno per tutti i giorni dell'anno) per il calcolo del rischio individuale (IRPA).

In Figura 3-2 è riportato il rischio individuale (IRPA) considerando i seguenti colori:

- ✓ Blu: rischio di fatalità pari a $1E-7$ eventi/anno
- ✓ Verde: rischio di fatalità pari a $1E-6$ eventi/anno

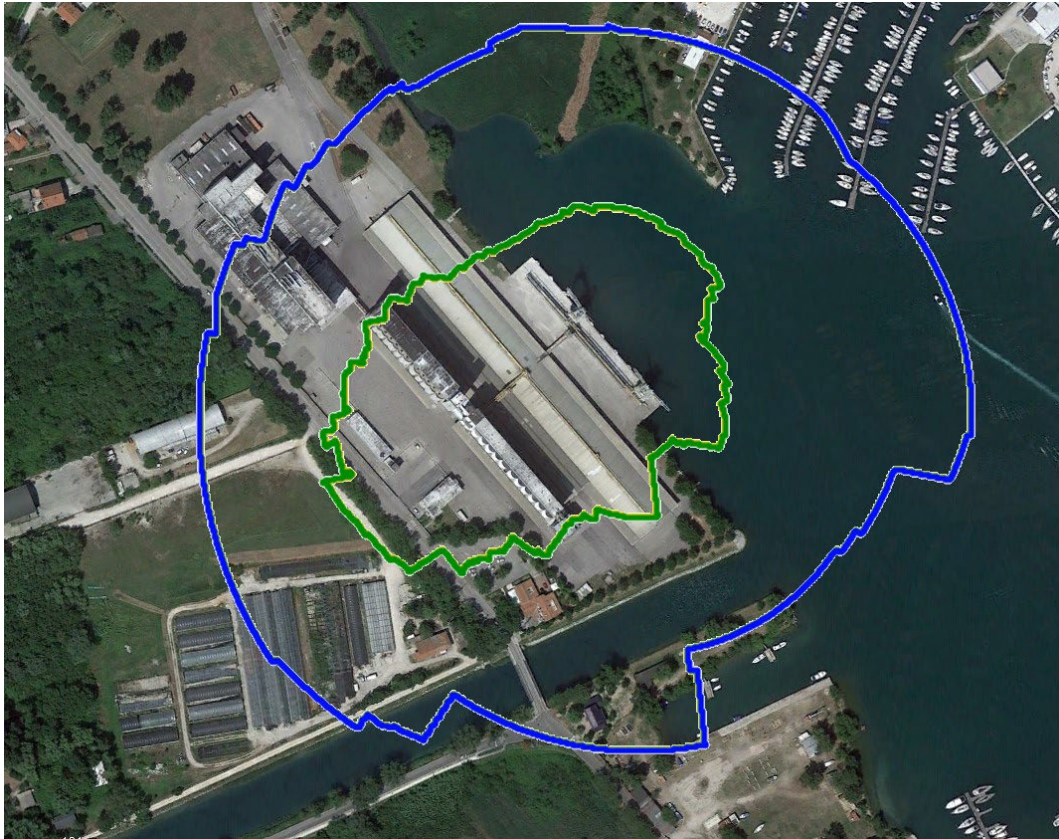


Figura 3-2: Livelli di rischio individuale

Considerando i criteri di tollerabilità riportati al capitolo 2.4.5 il rischio individuale è accettabile all'esterno della linea verde in Figura 3-2 (IRPA inferiore di $1E-06$ eventi/anno) mentre è ALARP al suo interno. Si può notare che il rischio ALARP è circoscritto nelle immediate vicinanze dell'impianto includendo la strada a Sud-Ovest dell'impianto e si estende inoltre nello specchio di mare antistante la banchina per non più di 80 m.

Non sono stati riscontrati valori di rischio intollerabili.

Si evidenzia che a Sud-Ovest della banchina sono presenti dei silos (mostrati in blu in Figura 3-3) che sono in grado di schermare completamente gli eventi di Jet-Pool Fire e riducono in maniera significativa la propagazione della nube infiammabile (Flash Fire). Il software utilizzato non è in grado di tenere conto di questi fattori di schermatura (totale o parziale) selettiva su alcuni eventi o solo in alcune direzioni e pertanto i valori di rischio individuale ottenuti nella zona Sud-Ovest dell'impianto sono molto conservativi. È ragionevole ipotizzare che nella realtà la strada a Sud-Ovest dell'impianto non venga impattata da un livello di rischio ALARP.

3.5.2 Target stazionari

Sono stati identificati 4 edifici nell'intorno dell'impianto (mostrati in Figura 3-3). Per questi edifici è stato ipotizzato un fattore di presenza delle persone pari al 30% (8 ore al giorno tutti i giorni della settimana per 48 settimane all'anno).



Figura 3-3: Edifici intorno all'impianto

Si evidenzia che i 4 edifici identificati non sono direttamente esposti all'impianto in quanto sono presenti dei silos (mostrati in blu in Figura 3-3) tra di loro e la zona di impianto. Questi silos sono in grado di bloccare completamente tutti gli scenari di incendi, pertanto, per il calcolo dell'IRPA nei 4 edifici non è stato tenuto conto del contributo di Jet Fire e Pool Fire ma solamente del contributo del flash fire.

In Tabella 3-5 sono mostrati i valori di IRPA calcolati per ogni edificio:

Tabella 3-5: Rischio individuale IRPA sui 4 edifici considerati

Target	Rischio individuale [eventi/anno]
Edificio 1	1.53E-06
Edificio 2	1.91E-06
Edificio 3	3.30E-06
Edificio 4	2.95E-06

Come si può notare Tabella 3-5 il livello di IRPA in corrispondenza dei 4 edifici risulta basso e molto vicino al valore di accettabilità, seppure rimanga all'interno della regione ALARP.

Si precisa che, nonostante i silos presenti tra l'impianto e gli edifici non sono in grado di schermare completamente gli effetti di una nube di gas infiammabile (Flash Fire) ne riducono in maniera molto significativa la propagazione. Il software utilizzato per effettuare l'analisi non è in grado di tenere conto di questi fattori di riduzione della propagazione della nube e pertanto i risultati di rischio individuale IRPA ottenuti sui quattro edifici sono molto conservativi. Non si ritiene quindi ci sia necessità di mettere in pratica alcuna misura di riduzione del rischio per i 4 edifici considerati.

4 CONCLUSIONI

La presente analisi riporta l'approccio metodologico, i dati e le assunzioni considerate per sviluppare l'analisi di rischio quantitativa riferita al progetto di "Distribuzione GNL in Friuli-Venezia Giulia".

La metodologia adottata per la presente Analisi di Rischio Quantitativa può essere sintetizzata nelle seguenti fasi operative:

1. Identificazione degli eventi incidentali credibili;
2. Calcolo della frequenza di accadimento degli eventi incidentali individuati;
3. Analisi delle conseguenze degli eventi incidentali di riferimento;
4. Valutazione del rischio.

Sono stati identificati 9 punti di rilascio come possibili sorgenti di una perdita di contenimento.

Per ogni punto di rilascio è stata calcolata la frequenza di rottura associata ad ogni diametro di foro rappresentativo (7 mm, 36mm, 110 mm, 150 mm) e successivamente, attraverso l'analisi dell'albero degli eventi, è stata calcolata la frequenza che si verifichi ogni scenario incidentale (Jet-Pool Fire, Flash Fire).

Sono state successivamente calcolate le conseguenze della perdita di contenimento per ogni punto di rilascio in termini di distanze di danno raggiunte dai significativi valori soglia (4 kW/m², 12.5 kW/m², 37.5 kW/m² per Jet-Pool Fire e LFL per Flash Fire).

Non sono state identificate aree congestionate, pertanto non sono state calcolate le conseguenze dovute ad una possibile esplosione.

Seguendo l'approccio descritto in metodologia è stato calcolato il rischio specifico per località (LSIR) applicando i criteri di vulnerabilità alle diverse soglie di irraggiamento e al valore di LFL

A partire da rischio specifico per località è stato calcolato il rischio individuale (IRPA) considerando 2 tipologie di target: stazionari e non stazionari:

- ✓ **Popolazione non stazionaria:** è stato considerato un fattore di presenza pari al 10%. Il rischio individuale ALARP è circoscritto nelle immediate vicinanze dell'impianto includendo la strada a Sud-Ovest dell'impianto e si estende inoltre nello specchio di mare antistante la banchina per non più di 80 m. Le restanti zone al di fuori dell'impianto presentano un rischio accettabile. Si ricorda che i valori di rischio individuale ottenuti nella zona Sud-Ovest dell'impianto sono molto conservativi per via di limitazioni del software di calcolo ed è pertanto ragionevole ipotizzare che la strada a Sud-Ovest dell'impianto non venga impattata da un livello di rischio individuale ALARP.
- ✓ **Popolazione stazionaria in edifici:** è stato considerato un fattore di presenza pari al 30%. Il rischio individuale ottenuto rientra nella regione ALARP per tutti gli edifici considerati. Si precisa che il software utilizzato per effettuare l'analisi non è in grado di tenere conto di fattori di riduzione della propagazione della nube infiammabile (flash fire) e pertanto i risultati di IRPA ottenuti sui quattro edifici sono molto conservativi.

In vista dei valori di rischio individuale ottenuti è comunque consigliabile la valutazione del rapporto costi-benefici relativo all'applicazioni di misure di riduzione del rischio secondo l'approccio "ALARP" (ridurre il rischio ad un valore tanto basso quanto ragionevolmente praticabile).

Si raccomanda infine la valutazione di una zona di interdizione intorno alla banchina durante le operazioni di scarico della nave spola per evitare il passaggio di altre imbarcazioni all'interno della zona in cui il rischio individuale è ALARP (massimo 80m dalla banchina).

REFERENZE

- [1] IOGP Risk Assessment Data Directory, Report No. 434-01 / 2019, "Process Release Frequencies"
- [2] IOGP Risk Assessment Data Directory, Report No. 434-03 / 2019 "Storage Incidents Frequencies"
- [3] IOGP Risk Assessment Data Directory, Report No. 434-06 / 2019, "Ignition Probabilities"
- [4] IOGP Risk Assessment Data Directory, Report No. 434-14 / 2019, "Vulnerability of Humans"
- [5] IP, HSE, UKOOA, "Ignition Probability Review, Model Development and Lookup Correlations", IP Research Report, 2006
- [6] TNO "Purple Book" – Guidelines for Quantitative Risk Assessment



RINA Consulting S.p.A. | Società soggetta a direzione e coordinamento amministrativo e finanziario del socio unico RINA S.p.A.
Via Cecchi, 6 - 16129 GENOVA | P. +39 010 31961 | rinaconsulting@rina.org | www.rina.org
C.F./P. IVA/R.I. Genova N. 03476550102 | Cap. Soc. € 20.000.000,00 i.v.