

# L'UTILIZZO DEL GNL: ASPETTI AMBIENTALI, ECONOMICI E SOCIALI

---

APPROFONDIMENTO (Attività T2.3 Progetto SIGNAL)

Regione Liguria Settore VIA e Sviluppo sostenibile

## Sommario

|  |    |
|--|----|
| ACRONIMI.....  | 2  |
| 1 Integrare gli aspetti ambientali tra i criteri progettuali e localizzativi degli elementi di una rete di GNL Small Scale.....              | 4  |
| 1.1 Caratteristiche del GNL e benefici ambientali.....   | 4  |
| 1.2 Caratteristiche di una rete di GNL Small Scale e criteri per la minimizzazione degli impatti ambientali significativi.....               | 7  |
| 1.2.1 Mitigazione dei rilasci di metano.....   | 7  |
| 1.2.2 Altri impatti ambientali .....   | 23 |
| 1.3 Valutazione di scenari emissivi di utilizzo del GNL nel trasporto marittimo e stradale .....   | 29 |
| 2 Integrare gli aspetti ambientali nel lavoro partecipativo e di valutazione dell'accettabilità degli elementi di una rete di GNL.....       | 33 |
| 2.1 Elementi ambientali e di sicurezza di una rete di GNL Small Scale che incidono sull'accettabilità .....                                  | 33 |
| 2.1.1 Concetti di sicurezza del GNL .....  | 34 |
| 2.1.2 Pianificazione territoriale e metodologie per l'analisi dei rischi .....   | 38 |
| 2.1.3 La metodologia QRA .....   | 39 |
| 2.1.4 Scenari di incidenti .....   | 43 |
| 2.1.5 Scenari di eventi incidentali.....   | 46 |
| 2.1.6 Buone pratiche per la valutazione del rischio legate agli impianti di GNL nei porti .....  | 48 |
| 2.2 Valutazione economica del livello di rischio.....  | 50 |
| 2.2.1 Accettabilità sociale e impatto ambientale .....   | 50 |
| 2.2.2 Accettabilità complessiva e accettabilità per sottogruppi di popolazione.....  | 51 |
| 2.2.3 <i>Tail events</i> e valutazione dell'accettabilità sociale.....   | 51 |
| 2.2.4 Analisi della non accettabilità.....   | 52 |
| Bibliografia.....  | 56 |
| ALLEGATO .....   | 58 |
| Valutazione economica degli effetti ambientali delle decisioni di localizzazione e realizzazione di nuove infrastrutture.....                | 58 |
| Il problema in breve .....   | 58 |
| La valutazione degli effetti ambientali attraverso <i>Scelta Sperimentale</i> .....  | 58 |
| Progettazione di un esperimento sulla valutazione dei beni ambientali impattati da nuove infrastrutture o installazioni di una rete GNL..... | 60 |
| Implementazione dell'esperimento .....   | 73 |
| Analisi .....  | 76 |
| Bibliografia ragionata sulla scelta sperimentale.....  | 80 |

## ACRONIMI

|              |   |
|--------------|---|
| <b>ALARP</b> | As Low As Reasonably Possible – Più basso ragionevolmente possibile   |
| <b>BFO</b>   | Bunker Facility Organisation - Organizzazione di bunker facility  |
| <b>BLEVE</b> | Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion – vapore esplosivo dovuto all'espansione del liquido in ebollizione   |
| <b>BOG</b>   | Boil off gas – gas di evaporazione  |
| <b>EEDI</b>  | Energy Efficiency Design Index – Indice di progettazione di efficienza energetica   |
| <b>EEOI</b>  | Energy Efficiency Operational Indicator – Indicatore operativo di efficienza energetica   |
| <b>EMSA</b>  | European Maritime Safety Agency – Agenzia europea per la sicurezza marittima  |
| <b>ESD</b>   | Emergency Shut-Down - Elemento del sistema di trasferimento di GNL progettato per arrestare il flusso di GNL e/o prevenire danni al sistema di cessione in caso di emergenza. |
| <b>FSRU</b>  | Floating Storage and Regasification Unit – unità galleggiante di stoccaggio e rigassificazione  |
| <b>GCU</b>   | Gas combustion unit - Unità di combustione del gas  |
| <b>GNL</b>   | Gas Naturale Liquido  |
| <b>HAZID</b> | Hazard Identification – Identificazione di pericolosità   |
| <b>HAZOP</b> | HAZard and OPerability analysis – Analisi di pericolosità e di operabilità  |
| <b>HFO</b>   | Heavy Fuel Oil – Olio combustibile denso/pesante  |
| <b>IMO</b>   | International Maritime Organisation – Organizzazione Internazionale Marittima   |
| <b>LCA</b>   | Life Cycle Analysis – Metodo utilizzato per valutare l'impatto ambientale di un prodotto lungo tutto il suo ciclo di vita   |
| <b>LFL</b>   | Upper Flammability Level - Limite Superiore di Infiammabilità   |
| <b>LSFO</b>  | Low-Sulphur Fuel Oil - Olio combustibile a basso contenuto di zolfo   |
| <b>LSIR</b>  | Rischio Individuale Specifico di Localizzazione   |
| <b>LUP</b>   | Pianificazione dell'uso del suolo   |
| <b>MARVS</b> | Maximum Allowable Relief Valve Setting – Limite massimo della valvola di scarico  |
| <b>MDO</b>   | Marine Diesel Oil – Combustibile diesel marittimo   |

|               |   |
|---------------|---|
| <b>PDCA</b>   | Plan-Do-Check-Act – Pianifica-fai-controlla-agisci  |
| <b>PIMS</b>   | Pipeline Integrity Management System - Sistema di gestione dell'integrità della condotta  |
| <b>PM</b>     | Particulate Matter – Materia Particolata  |
| <b>PRV</b>    | Pressure Relief Valves - Valvole di sovrappressione   |
| <b>PTS</b>    | Port-to-Ship - Porto a Nave   |
| <b>PTT</b>    | Peso Totale a Terra (di un mezzo pesante)   |
| <b>QCDC</b>   | Quick Connect/Disconnect Coupling - Rapido collegamento di attacco/sgancio  |
| <b>QRA</b>    | Quantitative Risk Assessment – Analisi quantitativa di rischio  |
| <b>QualRA</b> | Qualitative Risk Assessment – Analisi qualitativa di rischio (ISO/TS 18683)   |
| <b>RPT</b>    | Rapid Phase Transition - Transizione Rapida di Fase   |
| <b>RSO</b>    | Receiving Ship Operator - Società responsabile del funzionamento della nave ricevente, in particolare durante le operazioni di bunkeraggio. |
| <b>SGA</b>    | Sistemi di gestione ambientale  |
| <b>SIGTTO</b> | Society of International Gas Tanker and Terminal Operators - Società degli operatori internazionali di gasiere e terminalisti               |
| <b>SIMOPS</b> | Simultaneous Operations – Operazioni simultanee   |
| <b>STS</b>    | Ship-to-Ship  |
| <b>TTS</b>    | Truck-to-Ship   |
| <b>UFL</b>    | Lower Flammability Level - Limite Inferiore di Infiammabilità   |
| <b>WtW</b>    | Well-to-Wake – Analisi basata su un approccio LCA specifica per i combustibili marittimi  |

## 1 Integrare gli aspetti ambientali tra i criteri progettuali e localizzativi degli elementi di una rete di GNL Small Scale

### 1.1 Caratteristiche del GNL e benefici ambientali

Il GNL è una miscela di idrocarburi costituita prevalentemente da **metano** (variabile tra l'85% e il 96% in volume) e in misura minore da altri componenti quali l'**etano**, il **propano** e il **butano**, che deriva dal gas naturale una volta sottoposto a trattamenti di purificazione e liquefazione. Essendo una miscela complessa di idrocarburi, il gas naturale viene inizialmente purificato dai gas acidi (CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>S) e dagli idrocarburi pesanti, nonché da una buona parte di etano, propano e butani così come da acqua (H<sub>2</sub>O), mercurio (Hg) e zolfo (S). Tale trattamento viene effettuato per ragioni tecniche, al fine di evitare fenomeni di corrosione, solidificazione durante il raffreddamento, ecc. Il gas naturale purificato viene quindi liquefatto a pressione atmosferica mediante raffreddamento fino a circa -160°C. Il GNL prodotto, occupando un volume di circa 600 volte inferiore rispetto allo stato gassoso di partenza, può essere così agevolmente stoccato e trasportato. Il gas naturale derivante dalla successiva ri-gassificazione del GNL presenta pertanto un minore grado di impurità rispetto al gas di partenza.

A livello mondiale, la domanda e il consumo di GNL è in crescita, anche come soluzione per migliorare l'impatto ambientale del trasporto marittimo e su gomma. Il GNL è infatti caratterizzato da minori emissioni inquinanti e di CO<sub>2</sub> rispetto ai combustibili fossili tradizionalmente utilizzati. Un discorso a parte è da fare per le emissioni di metano, che, in termini potenziali, possono essere maggiori.

La seguente **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** riporta le potenziali riduzioni di emissioni inquinanti e climalteranti dell'utilizzo del GNL come carburante marittimo in alternativa al HFO (olio combustibile denso) individuate dalle Linee guida EMSA sul bunkeraggio di GNL per Autorità Portuali e Pubbliche Amministrazioni.

| Emissione       | Abbattimento potenziale con l'uso di GNL come combustibile | Note  |
|-----------------|--|---|
| SO <sub>x</sub> | Tra il 95 e il 100%  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Conforme alla normativa sullo zolfo</li> <li>- Parte delle emissioni di ossido di zolfo dovute all'uso di combustibili pilot-oil nel funzionamento a doppio combustibile.</li> <li>- La combustione magra di gas (in eccesso d'aria) provoca un'emissione quasi nulla di ossidi di zolfo</li> </ul>  |
| NO <sub>x</sub> | Tra il 40% e l' 80%  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dipende dalla tecnologia del motore</li> <li>- Ciclo Otto a combustione magra (iniezione a bassa pressione) - conforme al livello III dell'IMO (riduzione dell'80-85% delle emissioni di NO<sub>x</sub>).</li> <li>- Ciclo diesel a doppio carburante (iniezione ad alta pressione) per la conformità alla normativa Tier III richiede in genere un dispositivo aggiuntivo di</li> </ul> |

| abbattimento degli NOx.   |            |  |
|---------------------------|------------|--|
| <b>PM</b>                 | 90% - 100% | - Parte delle emissioni di PM dovute all'uso di combustibili Pilot-oil nel funzionamento a doppio combustibile.<br>- La combustione magra di gas (in eccesso d'aria) provoca un'emissione quasi nulla di ossidi di zolfo |
| <b>CO<sub>2</sub></b>     | 25% - 30%  | - Vantaggi per gli indici EEDI e EEOI.   |
| <b>GHG (Well-to-Wake)</b> | 0% – 25%   | - Da una prospettiva "well-to-wake" i benefici per la riduzione dei gas serra derivanti dall'uso del GNL come combustibile sono positivi solo se le emissioni di metano in atmosfera sono controllate e minimizzate      |

**Tabella 1 -Benefici ambientali derivanti dall'utilizzo del GNL come combustibile marittimo. Fonte: Guidance on LNG Bunkering to Port Authorities and Administrations – EMSA (European Maritime Safety Agency)**

Come emerge dalla tabella precedente, i benefici derivanti dall'uso del GNL sono molto significativi, con un abbattimento quasi totale delle emissioni di ossidi di zolfo e PM, e con una significativa riduzione delle emissioni di NO<sub>x</sub>.

Anche la riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> derivanti dalla combustione diretta (fino al 30%) è rilevante ma di minore impatto.

Tuttavia per valutare i benefici ottenibili attraverso l'utilizzo del GNL come combustibile per uso marittimo è necessario prendere in considerazione i seguenti aspetti:

- il tipo di tecnologia del motore (dual-fuel, lean burn spark-ignited e Diesel-gas), con particolare attenzione alle percentuali di pilot fuel potenzialmente utilizzate e i loro effetti sul complesso
- la qualità e la composizione del GNL
- Life Cycle Analysis del GNL, considerando la sorgente del Gas Naturale, la produzione, liquefazione, catena di trasporto/distribuzione e efficienza propulsiva della nave

Anche se il GNL è indiscutibilmente un'alternativa più pulita rispetto ai combustibili derivanti dal petrolio, vale la pena evidenziare che è sempre un combustibile fossile. Nella valutazione dell'effettivo impatto ambientali del GNL occorre tenere in considerazione: l'esplorazione, la lavorazione e tutto il ciclo di vita del gas naturale, tra cui i possibili processi di trattamento dei combustibili, i processi industriali e logistici e, infine, i consumi.

Uno svantaggio del GNL è il potenziale aumento delle emissioni di metano, ciò può rappresentare un serio problema, essendo tale gas caratterizzato da un elevato potenziale climalterante (20-25 volte maggiore della CO<sub>2</sub>). Le perdite di GNL incidono seriamente sulla potenziale riduzione dei gas serra, d'altro canto l'uso del GNL rappresenta un netto miglioramento in termini di qualità dell'aria a livello locale.

Il GNL può essere analizzato con una prospettiva LCA, considerando non solamente gli effetti dovuti alla produzione del GNL e al suo trasporto, ma anche il potenziale impatto che le emissioni di metano possono avere sull'utilizzo del GNL. Questo approccio è noto come analisi "Well-to-Wake" (WtW). I principali elementi dell'approccio WtW sono:

- le emissioni di CO<sub>2</sub> legate al consumo di energia risultanti dalle attività relative alle estrazioni, trasformazioni, liquefazione, trasporto e distribuzione di GNL

- le emissioni di CH<sub>4</sub> risultanti sia dal rilascio durante l'intero ciclo di vita del GNL sia dalla sua catena logistica.

L'impatto delle emissioni di CO<sub>2</sub> sul totale dei gas serra dipenderà dalle origini del GNL, dalla tipologia e dall'età dell'impianto di liquefazione, dalla distanza coperta dalle imbarcazioni che trasportano GNL e dalla distribuzione su piccola scala.

Il GNL ricavato da produzione locale di gas naturale avrà un impatto sulla produzione di carbonio inferiore rispetto a una fonte presente dall'altra parte del globo terrestre.

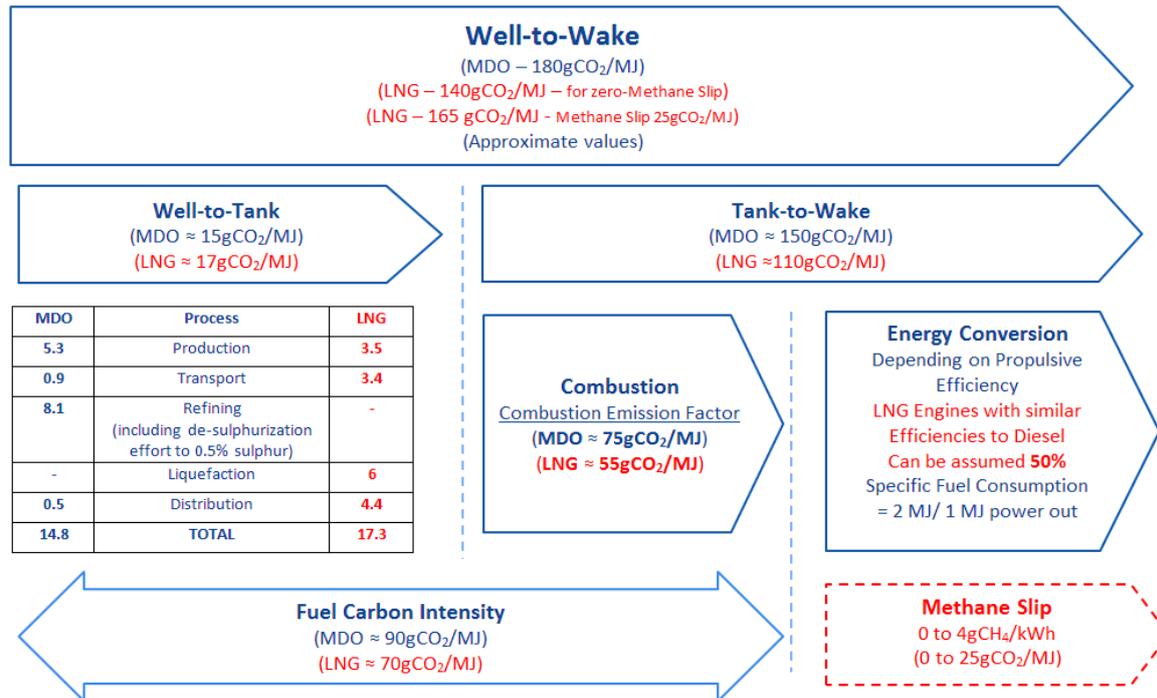
Per quanto riguarda il metano risulta determinante minimizzare i rilasci che possono avvenire in tutte le fasi del ciclo di vita. L'emissione di metano incombusto dal motore è detta "*methane slip*". Negli anni la tecnologia del motore a quattro tempi a doppio carburante è stata ottimizzata per ridurre al minimo il methane slip. Nei moderni motori a due tempi questo problema è stato praticamente eliminato.

La Tabella 2 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** riporta il confronto tra i risultati dell'analisi WtW applicata al GNL con quelli del MDO (marine diesel oil). Le principali ipotesi su cui si basa il confronto sono: i fattori di emissione riportati in Tabella 2, un'efficienza del motore pari al 50%, il valore del *methane slip* riferito ai più recenti sviluppi nei motori.

Dai risultati emerge una riduzione delle emissioni prodotte dal GNL rispetto al MDO del 20%, non considerando il methane slip. Il beneficio scende al 10% se il methane slip viene considerato.

| Fuel   | Combustion Emission Factor<br>gCO <sub>2</sub> /MJ LHV | Percentage reduction<br>% |
|--------|--|---------------------------|
| Diesel | 75   | 0                         |
| LNG    | 56.1   | -25                       |

Tabella 2 Fattori di emissione di Diesel e GNL - Fonte: [Guidance on LNG Bunkering to Port Authorities and Administrations – EMSA \(European Maritime Safety Agency\)](#)



Adapted from: M. Kofod & S.Hartman, T. Mundt “Review of Recent Well-to-Wake Greenhouse Gas Studies evaluating the use of LNG as a marine Fuel”, submitted to IMO at MEPC67 as MEPC67/INF.15 by Germany

Figura 1 - Analisi WtW di confronto tra MDO e GNL - Fonte: Guidance on LNG Bunkering to Port Authorities and Administrations – EMSA (European Maritime Safety Agency)

## 1.2 Caratteristiche di una rete di GNL Small Scale e criteri per la minimizzazione degli impatti ambientali significativi

Lo “Small Scale LNG” si definisce come la modalità attraverso la quale il GNL viene gestito in piccole/medie quantità direttamente in forma liquida. In tale ambito i servizi relativi allo Small Scale includono diversi segmenti di una filiera che coinvolge vari soggetti/operatori. I servizi di tipo Small Scale possono essere forniti mediante le seguenti infrastrutture (o installazioni):

1. Terminali di ri-gassificazione, che offrono prevalentemente i seguenti servizi:
  - Re-loading ovvero trasferimento di GNL dai serbatoi del terminale a navi metaniere;
  - Ship to ship transfer ovvero trasferimento diretto di GNL da una nave ad un'altra;
  - Caricamento di GNL su navi bunker (bettoline/shuttle);
  - Caricamento di GNL su autobotti (o ISO-container);
  - Caricamento di GNL su vagoni-cisterna ferroviari.
2. Navi bunker (bettoline/shuttle), che a loro volta riforniscono navi alimentate a GNL (bunkeraggio) o stoccaggi locali costieri.
3. Mini impianti di liquefazione per la trasformazione in GNL del gas naturale proveniente dalla rete, utilizzati per rifornire autobotti (o ISO container) e/o bettoline/navi shuttle per impianti locali.
4. Autobotti (o ISO-container), che a loro volta riforniscono navi alimentate a GNL (bunkeraggio) o stoccaggi locali.
5. Stoccaggi locali, riforniti da autobotti (o ISO container) e/o bettoline/shuttle /se stoccaggi costieri) e utilizzati per:

- caricamento di autobotti (o ISO container) e/o di bettoline;
- impianti di rifornimento costieri per navi alimentate a GNL (bunkeraggio);
- impianti di rifornimento di autoveicoli alimentati a GNL o a CGN;
- depositi satelliti di stoccaggio per usi industriali o civili.

### 1.2.1 Mitigazione dei rilasci di metano

Visto il forte impatto climalterante delle emissioni di metano (cfr. paragrafo 1.1), è importante mitigare lungo tutta la filiera i rilasci accidentali di questo gas in atmosfera. A tal proposito si prendono a riferimento le buone pratiche ambientali indicate dalle Linee Guida EMSA che trattano gli aspetti legati al bunkeraggio, dall'arrivo in porto fino alla distribuzione e ricezione da parte delle navi, come rappresentato in **Errore**. **L'origine riferimento non è stata trovata.**

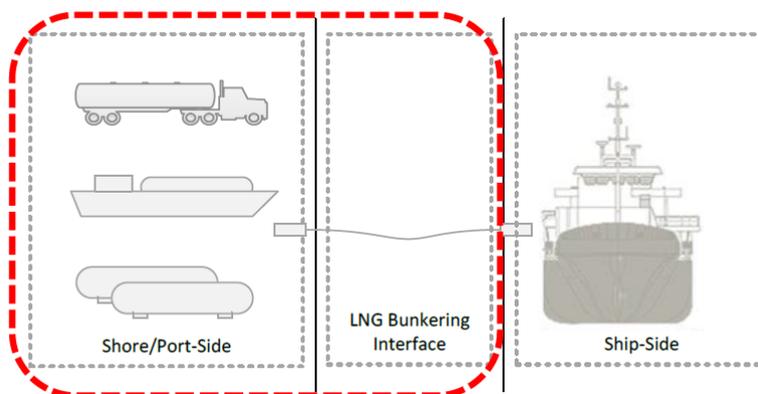


Figura 2 - Ambito di applicazione delle buone pratiche per la mitigazione dei rilasci di metano - Fonte: Guidance on LNG Bunkering to Port Authorities and Administrations – EMSA (European Maritime Safety Agency)

Nonostante le linee guida EMSA non si riferiscano alle navi RSO (Receiving Ship Operator), è importante sottolineare che la nave ricevente sarà tenuta a conformarsi, come minimo, al codice IGF<sup>1</sup> che richiede che il sistema di bunkeraggio sia tale da non permettere fuoriuscite di metano in atmosfera durante il riempimento dei serbatoi di stoccaggio. Questa attenzione è da estendere a tutto il campo di applicazione del bunkeraggio, dalle procedure di connessione e disconnessione, compresi il lavaggio e l'inertizzazione delle linee del bunkeraggio. Inoltre, durante il riempimento dei serbatoi di stoccaggio del RSO è necessario garantire una gestione adeguata dei vapori di GNL.

Nella Figura 3 sono rappresentate i diversi aspetti a cui si riferiscono le buone pratiche per la mitigazione del rilascio di metano in atmosfera descritte nei paragrafi seguenti.

In generale il rischio di rilascio di metano in atmosfera è maggiore durante le operazioni di trasferimento di GNL e tutte le volte in cui non sono messe in atto adeguate misure per la gestione dei vapori/gas di GNL durante le varie operazioni. E' importante inoltre sottolineare come una corretta manutenzione degli impianti e delle loro componenti sia fondamentale anche al fine della riduzione delle emissioni di metano.

1 International Code of Safety for Ship Using Gases or Other Low-flashpoint Fuels (IGF Code), Codice di sicurezza internazionale per navi che utilizza gas o altri combustibili a basso punto di infiammabilità

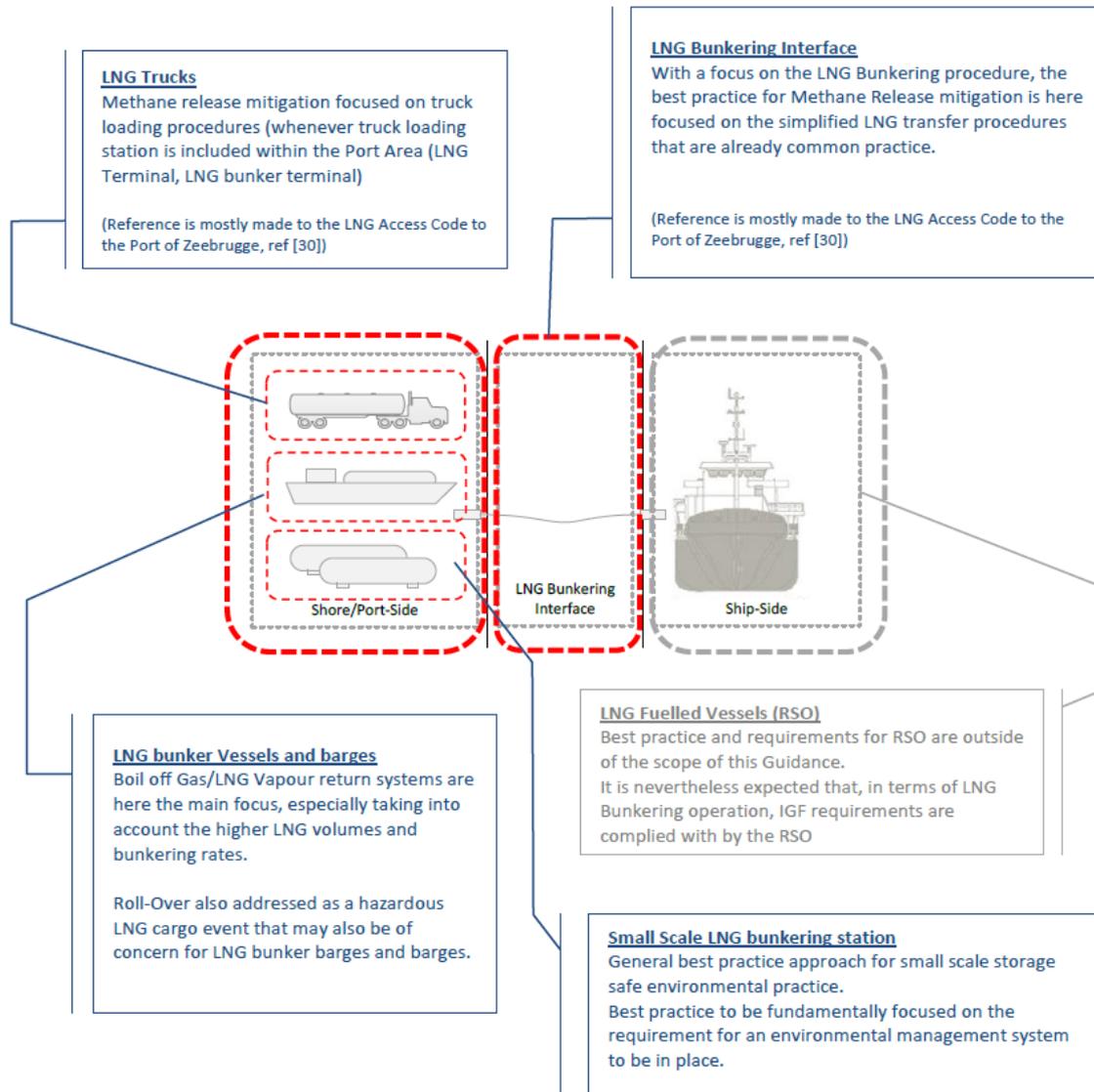


Figura 3 Aspetti considerati per le buone pratiche di mitigazione dei rilasci di metano in atmosfera - Fonte: Guidance on LNG Bunkering to Port Authorities and Administrations – EMSA (European Maritime Safety Agency)

### Interfaccia di bunkeraggio del GNL

Le operazioni di interfaccia rappresentano le diverse fasi di un'operazione di bunkeraggio:

1. Collegamento dei tubi flessibili di rifornimento
2. Inertizzazione - Inerting (per la riduzione dell'ossigeno)
3. Pulizia e raffreddamento con vapore di GNL
4. Avvio del trasferimento di carburante
5. Ricarica
6. Interruzione del trasferimento del rifornimento di carburante
7. Drenaggio linee di rifornimento
8. Inertizzazione – Inerting (per il lavaggio del gas naturale)
9. Scollegamento dei tubi di rifornimento

## ATTIVITÀ T2.3

Caratteristiche di una rete di GNL Small Scale e criteri per la minimizzazione degli impatti ambientali significativi

---

Queste dipendono in larga misura dalla formazione, dall'esperienza, dall'attuazione di procedure chiare e di operazioni di bunkeraggio razionalizzate. La Tabella 3 illustra i potenziali rischi di rilascio di metano legati alle diverse fasi di un'operazione di bunkeraggio.

|                                |                               | Connessione tubi flessibili   | Inertizzazione e ossigeno   | Pulizia e raffreddamento con vapori GNL   | Avvio trasferimento di carburante  | Ricarica   | Interruzione trasferimento carburante   | Drenaggio delle linee di rifornimento   | Inertizzazione e GNL  | Disconnessione tubi flessibili  |
|--------------------------------|-------------------------------|---|---|---|--|--|---|---|---|---|
|                                | Obiettivo/Descrizione         | <ul style="list-style-type: none"> <li>I tubi flessibili vengono connessi dopo controlli preliminari</li> <li>Devono essere considerati sia i tubi per il trasferimento del GNL sia quelli per il ritorno dei vapori</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Inertizzazione delle linee di rifornimento facendo uscire l'ossigeno dalle linee di rifornimento per evitare la formazione di atmosfera esplosiva</li> <li>E' utilizzato gas inerte</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Può essere realizzato con la linea vapori oppure con piccoli volumi di nuovo GNL</li> <li>Consente di evitare shock termici</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Il trasferimento inizia a linee fredde con entrambi i serbatoi (di bunkeraggio e di ricevimento) a temperature simili</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Quando il serbatoio ricevente è quasi pieno, occorre ridurre la portata e monitorare costantemente la pressione</li> <li>La procedura deve essere condivisa tra BFO e RSO</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Una volta assicurato che le linee non contengano più GNL, il rifornimento viene stoppato</li> <li>Non deve essere usato l'ESD per fermare il trasferimento di carburante</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>E' realizzato un drenaggio delle linee di rifornimento in modo che tutto il GNL liquido sia estratto dalle linee e trasferito nel serbatoio RSO</li> <li>GNL da vaporizzare nelle linee con le valvole verso il serbatoio ricevente aperte.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Inertizzare il GNL nelle linee di bunkeraggio per evitare che si accumuli nei tubi una miscela di gas infiammabile</li> <li>Solitamente è usato azoto</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>I tubi flessibili per il bunkeraggio vengono disconnessi dopo aver accertato che il metano presente nelle linee di rifornimento sia inferiore al 2%</li> </ul> |
| A procedura completata         | Contenuto dei tubi flessibili | Aria  | Gas inerte (azoto)  | GNL caldo / vapori GNL  | GNL liquido  | GNL liquido  | GNL vapore  | GNL vapore  | Gas inerte (azoto)  | Aria (nelle linee di rifornimento del RSO azoto inerte)   |
|                                | Temperatura                   | Ambiente  | Ambiente  | GNL caldo (poco sopra -160°)  | GNL  | GNL  | GNL vapore  | GNL caldo (poco sopra -160°)  | Ambiente  | Ambiente  |
| Valutazione rischio ambientale | Rilascio di metano potenziale | Nessun rilascio di metano potenziale  | Nessun rilascio di metano potenziale  | Rilascio di metano potenziale se i collegamenti non sono adeguatamente stretti  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Rilascio di metano potenziale se i collegamenti non sono adeguatamente stretti</li> <li>Aumento di pressione potenziale se il serbatoio RSO non è sufficientemente freddo (portando a un rilascio dalle valvole PRV)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Può avvenire un rilascio di metano nel caso in cui la portata di riempimento non sia rimodulata/ridotta a quando il livello nel serbatoio supera il 90%</li> <li>Il riempimento eccessivo porta ad un rilascio dalle valvole PRV</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Rilascio di metano potenziale dovuto alla sovrappressione nelle linee di trasferimento (volume intrappolato)</li> <li>Se l'ESD è utilizzato per interrompere il rifornimento, il potenziale di rilascio è elevato</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>GNL liquido nelle linee di rifornimento da vaporizzare nel serbatoio RSO</li> <li>Se la pressione nel serbatoio RSO supera il limite (a causa di un eccesso di GNL vapore) potrebbe realizzarsi un rilascio dalle PRV</li> </ul>                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Operazione con il più alto potenziale di rilascio di metano</li> <li>Trasferendo il GNL vapore dalle linee di rifornimento attraverso l'azoto, c'è il rischio che la miscela sia immessa in atmosfera</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>E' possibile un rilascio di metano in atmosfera se il controllo della concentrazione di metano (&lt;2%) non è realizzato adeguatamente</li> </ul>              |

|  |   |  |   |  |  |   |   |  |   |  |
|--|---|--|---|--|--|---|---|--|---|--|
|  | Misure di mitigazione per il rilascio di metano | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Connessione adeguata dei tubi flessibili</li> <li>• Utilizzare standard QC/DC</li> <li>• Prima della connessione ispezione delle flange (sporcizia, umidità, condense)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Controllo delle perdite sulle connessioni</li> <li>• In caso di perdita sospetta interrompere l'inertizzazione per riparare</li> <li>• Test di pressione sulle linee di bunkeraggio</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Controllo delle perdite sulle connessioni</li> <li>• In caso di perdita sospetta interrompere il raffreddamento e riparare</li> <li>• Test di pressione sulle linee di bunkeraggio e di inserimento dell'inerte</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Iniziare il trasferimento di carburante solo dopo il controllo della temperatura</li> <li>• Controllare accuratamente la pressione del ricevente</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• E' necessario che la portata di riempimento sia concordata tra BFO e RSO</li> <li>• Monitorare attentamente la pressione e il livello del serbatoio durante la fase di trasferimento del carburante</li> <li>• Non utilizzare l'ESD per l'interruzione automatica in caso di alto livello del serbatoio</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• La valvola del RSO deve rimanere aperta per la fase di drenaggio</li> <li>• Controllo da parte del BFO affinché il serbatoio rimanga ad un'adeguata temperatura e pressione</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• La procedura di drenaggio deve essere controllata attentamente</li> <li>• Assicurarsi che la quota massima di GNL sia drenata in forma liquida per minimizzare il fabbisogno di vaporizzazione</li> <li>• Raddrizzare le curvature a "U" nei tubi flessibili per evitare accumuli di GNL</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• BFO e RSO devono concordare come gestire adeguatamente i residui di GN e Azoto in modo da evitare rilasci di metano</li> <li>• La miscela di GN e Azoto può essere spinta verso il relativo serbatoio BFO o utilizzata nella GCU (unità di consumo gas)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Misurare attentamente la concentrazione di metano prima della disconnessione dei tubi flessibili</li> <li>• Ripetere la procedura di inertizzazione se la concentrazione è superiore al 2%</li> </ul> |
|  |   |  |   | <p>GESTIONE DEL VAPORE</p> <p>La gestione del vapore deve essere concordata tra BFO e RSO in stretta osservanza delle richieste delle PPAA legate a tale aspetto</p> <p>Opzioni: 1) accumulo nel serbatoio RSO come il GN compresso nella parte alta del serbatoio, 2) riempimento top-spray per ridurre la pressione, 3) linee di ritorno vapore per la raccolta del BOG da parte del BFO, 4) Unità consumo gas (BFO o RSO) o 5) ri liquefazione da parte del BFO o del RSO</p> |  |   |   |  |   |  |

Tabella 3 Procedura di bunkeraggio di GNL semplificata – Rilasci di metano potenziali e relative misure di mitigazione

**Mezzi pesanti**

La tabella seguente riporta alcune delle possibili cause che possono portare al rilascio di metano da parte dei mezzi pesanti in operazioni di carico e scarico di GNL.

| Bunkeraggio/ impianto small scale  | Scenario di rilascio potenziale   | Rilascio di metano – Misure di mitigazione del rischio  |   |
|--|---|---|---|
|  |   | Tecniche  | Operative   |
| <p>Camion GNL – Carico</p>  | <p>Durante il riempimento in situ negli impianti di stoccaggio small scale.</p> <p><u>Il rilascio di vapori GNL può verificarsi se non viene implementato un sistema di gestione adeguato del BOG</u></p>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Possibilità di nebulizzare il GNL per raffreddare il vapore di GNL sopra il serbatoio.</li> <li>• Autocarri GNL da equipaggiare con economizzatore</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitorare la temperatura e la pressione</li> <li>• Ricarica dal basso e dall'alto</li> </ul>  |
|  | <p>Il tempo di permanenza del GNL nel serbatoio del rimorchio è limitato. Con l'invecchiamento del GNL all'interno, si genera BOG e aumenta la pressione. <u>Il rilascio di vapori di GNL può verificarsi se il livello MARVS è superato. Il PRV si aprirà per riequilibrare la pressione</u></p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Isolamento adeguato per aumentare il tempo di permanenza del GNL</li> <li>• Limitare l'uso di camion a parete singola</li> </ul> <p>Possibilità di nebulizzare il GNL per raffreddare il vapore di GNL sopra il serbatoio</p>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Piano per evitare tempi morti durante il processo di carico</li> </ul>   |
|  | <p>Se il serbatoio non è a basse temperature (BOG temperatura &lt;120°C), il riempimento con nuovo GNL genererà un eccessivo BOG.</p> <p><u>Il rilascio di vapori di GNL può verificarsi se il MARVS viene superato. PRV si aprirà per abbassare la pressione.</u></p>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fornire mezzi tecnici per il raffreddamento con il proprio GNL o gas inerte/Azoto</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pianificare il carico di GNL in condizione di basse temperature (sia GNL che Azoto)</li> <li>• Evitare i tempi di attesa in serbatoi a temperature più alte</li> </ul> |
|  | <p>Il tasso di riempimento del serbatoio di un camion dovrebbe essere modulato al superamento del 90% della capacità del serbatoio.</p> <p><u>Un rapporto di riempimento non adeguato durante la ricarica può implicare un sovra-riempimento del camion.</u></p>                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitorare il livello di GNL nel serbatoio</li> <li>• Monitoraggio della pressione del GNL</li> <li>• Nella stazione di rifornimento dei camion, disporre di un adeguato meccanismo di controllo del tasso di riempimento</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Concordare un piano adeguato per il riempimento per evitare la sovrappressione del vapore e superamento del MARVS.</li> </ul>  |
| Camion GNL - Scarico   | Per il trasferimento del GNL al   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitorare la pressione del</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adeguare le procedure</li> </ul>   |

| Bunkeraggio/ impianto small scale   | Scenario di rilascio potenziale   | Rilascio di metano – Misure di mitigazione del rischio   |   |
|---|---|--|---|
|   |   | Tecniche   | Operative   |
|  | <p>RSO i camion possono sfruttare l'accumulo di pressione aumentando la pressione nella parte alta del serbatoio</p> <p><u>Se la pressione di MERVS è eccessiva durante la pressurizzazione, la valvola PRV si aprirà per ristabilizzare la pressione</u></p>   | <p>GNL</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Regolatore di GNL prima dell'unità di pressurizzazione</li> </ul>  | <p>operative per il trasferimento di GNL tramite pressurizzazione</p>   |
|   | <p>Malfunzionamenti e situazioni di allarme porteranno all'attivazione dello ESD del RSO.</p> <p><u>Se l'ESD non è completamente compatibile con il sistema del camion di GNL, c'è il rischio che, in seguito alla chiusura della valvola di bunkeraggio del RSO, la pressione aumenti nella linea di bunkeraggio (e nel serbatoio del GNL dell'autocarro).</u></p> <p><u>Un rilascio di vapore di GNL può avvenire se il MARVs è eccessivo. La PRV si aprirà per abbassare la pressione.</u></p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Un sistema ESD completamente compatibile da usare con i camion GNL</li> <li>Adeguate monitoraggio della pressione per assicurare che non ci sia un eccesso di BOG generato nei camion GNL dopo l'interruzione del trasferimento con l' ESD</li> <li>Includere nel circuito un regolatore di contropressione (regolato sopra la pressione di esercizio e sotto MARVS)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Stabilire adeguate procedure per evitare un'eccessiva generazione del BOG e il rilascio di metano, a seguito dell'interruzione del bunkeraggio</li> </ul>              |
|   | <p>Durante il bunkeraggio, se il serbatoio ricevente è più caldo ci sarà una generazione eccessiva di BOG. Se il camion riceve il vapore GNL di ritorno questo comporterà un incremento della pressione nel serbatoio del camion.</p> <p><u>Il rilascio di vapore di GNL può avvenire se il MARVS è troppo elevato. La PRV si aprirà per abbassare la pressione.</u></p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Un equalizzatore per il serbatoio in modo da assicurare la priorità al trasferimento del GNL</li> <li>Raffreddare la tanica ricevente e il sistema di bunkeraggio per assicurare che la produzione di vapore di GNL sia minima.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Assicurare l'attuazione di adeguate procedure di pre-bunkering da parte del BFO e del RSO</li> <li>Controllare attentamente le condizioni ante rifornimento</li> </ul> |

## ATTIVITÀ T2.3

Caratteristiche di una rete di GNL Small Scale e criteri per la minimizzazione degli impatti ambientali significativi

| Bunkeraggio/ impianto small scale | Scenario di rilascio potenziale  | Rilascio di metano – Misure di mitigazione del rischio   |   |
|-----------------------------------|--|--|---|
|                                   |  | Tecniche   | Operative   |
|                                   | <p>Se la procedura di drenaggio/lavaggio/inertizzazione non viene eseguita in modo adeguato, c'è la possibilità del GNL/GN rimanga nella linea di rifornimento.</p> <p><u>Può essere rilasciato vapore di GNL se i tubi flessibili vengono disconnessi con GNL/GN presente ancora in alcuni punti della linea.</u></p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• La misurazione del gas deve essere eseguita prima di scollegare il tubo flessibile.</li> <li>• Evitare la disposizione dei tubi a 'U', perché potrebbe formarsi un deposito di GNL</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Assicurarsi che il drenaggio sia avvenuto efficacemente</li> <li>• Verificare l'esistenza di una calotta di ghiaccio esterna (indicatore della presenza di GNL all'interno della linea) – riscaldare con acqua.</li> </ul> |

### Chiatte e navi a GNL

Le chiatte e le navi a GNL sono caratterizzate da maggiori capacità e velocità di trasferimento del carburante rispetto ai mezzi pesanti sopra descritti. Con maggiori volumi di GNL stoccati e maggiori velocità di trasferimento, sarà maggiore anche la quantità di vapori di GNL da gestire e contabilizzare.

Nella tabella seguente sono presentate alcune delle potenziali cause operative di rilascio di metano da parte delle imbarcazioni per il bunkeraggio e le relative misure tecniche e operative di mitigazione.

| Bunkeraggio / rifornimento small scale   | Scenari potenziali di rilascio   | Rilascio di metano – Misure di mitigazione del rischio   |   |
|--|--|--|---|
|  |  | Tecniche   | Operative   |
| <p>Chiatta per il bunkeraggio GNL – fasi di carico</p>  | <p>Se il serbatoio non si trova a basse temperature (BOG temperatura &lt;120°C), il riempimento con nuovo GNL genererà un BOG eccessivo.</p> <p><u>Il rilascio di vapori di GNL può verificarsi se il MARVS viene superato. La PRV si aprirà per abbassare la pressione.</u></p>   | <p>-Fornire mezzi tecnici per raffreddare con GNL o gas inerte o N</p> <p>-Raffreddamento con impianto di azoto o proprio vapore di GNL.</p>                           | <p>-Pianificare il carico di GNL in condizioni di basse temperature (sia GNL che N)</p> <p>-evitare i tempi di attesa in serbatoi a temperatura più calda</p> |
|  | <p>Durante il carico di GNL, in caso di velocità di trasferimento elevata, se il vapore di pressione non è opportunamente controllato c'è la possibilità che si superi il MARVS.</p> <p><u>Il rilascio di vapori di GNL può verificarsi se il MARVS viene superato. La PRV si aprirà per abbassare la pressione.</u></p> | <p>-monitorare in modo appropriato la pressione del vapore nel serbatoio di GNL</p> <p>-Comunicazioni e attivazione dell'ESD ad alta pressione come ultima risorsa</p> | <p>-riempimento del serbatoio di GNL dall'alto al basso per permettere al vapore (presente nel serbatoio) in alto di raffreddarsi .</p>                       |
|  | <p>Se il serbatoio dell'imbarcazione</p>   | <p>-Seguire le misure tecniche per il</p>  | <p>- Definizione di procedure</p>   |

## ATTIVITÀ T2.3

Caratteristiche di una rete di GNL Small Scale e criteri per la minimizzazione degli impatti ambientali significativi

| Bunkeraggio / rifornimento small scale  | Scenari potenziali di rilascio   | Rilascio di metano – Misure di mitigazione del rischio  |  |
|---|--|---|--|
|   |  | Tecniche  | Operative  |
|   | <p>di bunkeraggio contiene già del GNL – più vecchio rispetto al carico attuale - c'è la possibilità di una stratificazione.</p> <p>Probabilità di "rollover" con picco eccessivo di generazione di BOG.</p>   | <p>contenimento e la prevenzione della guida SIGTTO: <b>guidance for the prevention of rollover in GNL ships<sup>2</sup></b></p>  | <p>chiare a bordo dell'imbarcazione per le misure correttive una volta rilevata la stratificazione.</p> <p>-Seguire le misure tecniche per il contenimento e la prevenzione della guida SIGTTO : <i>guidance for the prevention of rollover in GNL ships</i></p> |
|   | <p>Se il serbatoio della chiatta/imbarcazione di bunkeraggio è caricato con un mix di GNL/Azoto c'è la possibilità che si verifichi un'auto-stratificazione.</p> <p>Probabilità di un "rollover" con picco eccessivo di generazione di BOG.</p>  |   |  |
| <p>Chiatta per il bunkeraggio GNL – fase di scarico</p>  | <p>Durante il trasferimento di GNL alla nave, specialmente per grandi volumi di bunkeraggio a ritmo elevato, è probabile che si generi un'elevata quantità di BOG.</p> <p>Possibilità di rilascio di metano se il ritorno dei vapori di GNL è tale che la tensione di vapore nel serbatoio di GNL superi il MARVS</p>                  | <p>Una delle seguenti misure tecniche o una combinazione delle stesse dovrebbe essere presa in considerazione per gestire grandi colonne di vapore di GNL.</p> <p>-accumulo di pressione</p> <p>-sistema di riliquificazione del gas GNL</p> <p>-combustione di BOG (naturale o indotto) in un apparecchio idoneo come un'unità di combustione</p> <p>-Raffreddamento del carico di GNL</p> | <p>- garantire l'attuazione di adeguate procedure di pre-bunkeraggio da parte del BFO e RSO</p> <p>-controllare attentamente i parametri prima di avviare il rifornimento</p>  |
|   | <p>Se il serbatoio della nave ricevente non si trova a basse temperature (temperatura BOG &lt; 120°C), il riempimento con nuovo GNL potrebbe comportare un elevato tasso di vapore di ritorno.</p> <p><u>Se viene superato il MARVS può avvenire il rilascio di vapore di GNL. La PRV si aprirà per riequilibrare la pressione</u></p> |   |  |
|   | <p>Se la linea di bunkeraggio del GNL è eccessivamente lunga (ad esempio, quando le flangi di distribuzione e di ricezione sono distanti) all'interno della linea di bunkeraggio può formarsi una pressione eccessiva di vapore di</p>   |   |  |

2 Guidance for the Prevention of Rollover in LNG Ships – SIGTTO - First Edition 2012 - <http://www.sigtto.org/publications/publications-and-downloads>

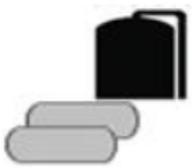
## ATTIVITÀ T2.3

Caratteristiche di una rete di GNL Small Scale e criteri per la minimizzazione degli impatti ambientali significativi

| Bunkeraggio / rifornimento small scale | Scenari potenziali di rilascio  | Rilascio di metano – Misure di mitigazione del rischio  |  |
|--|---|---|--|
|  |   | Tecniche  | Operative  |
|  | <p>GNL.</p> <p>La pressione di vapore generatasi nella linea di bunkeraggio si propagherà attraverso la linea di ritorno del vapore di GNL.</p> <p>L'eccesso di vapore di GNL può portare a superare la MARVS. La PRV si aprirà per regolarizzare la pressione.</p>   | possibili tubature isolate e sotto vuoto per l'alimentazione e il bunkeraggio   | -minimizzare il volume intrappolato  |
|  | <p>Se la procedura di drenaggio/lavaggio/inertizzazione non viene eseguita in modo adeguato, c'è la possibilità che quantitativi di GNL/GN rimangano nella linea di rifornimento.</p> <p>Può avvenire un rilascio di GNL se i tubi di bunkeraggio vengono disconnessi quando è ancora presente GNL/GN in alcuni punti della linea</p> | <p>-La misurazione del gas dovrebbe essere effettuata prima della disconnessione dei tubi flessibili.</p> <p>-evitare che i tubi si dispongano ad 'U' dove potrebbe rimanere intrappolato del GNL</p> | <p>-assicurare che il drenaggio sia efficace</p> <p>- Verificare che non sia presente una calotta di ghiaccio esterna (indicatore della presenza di GNL all'interno della linea) – nel caso fosse presente riscaldare con acqua.</p> |

### Stazioni di bunkeraggio fisse small scale

Come precedentemente indicato per le unità mobili di bunkeraggio (imbarcazioni e mezzi pesanti), la riduzione del rilascio di metano anche dalle installazioni fisse small scale è fortemente legata alla gestione del BOG.

| Bunkeraggio / rifornimento small scale  | Scenari potenziali di rilascio   | Rilascio di metano – misure di mitigazione del rischio   |   |
|---|--|--|---|
|   |  | Tecniche   | Operative   |
|  | <p>Se il serbatoio già contiene del GNL – più vecchio rispetto al carico attuale - c'è la possibilità di una stratificazione. Probabilità di "rollover" con picco eccessivo di generazione di BOG.</p> | <p>-seguire le misure tecniche preventive per rilevare e prevenire la stratificazione nei pertinenti aspetti di progettazione.</p> | <p>-Definizione di chiare procedure per applicare misure correttive una volta rilevate stratificazioni</p> <p>- seguire le misure operative preventive per individuare e prevenire nei pertinenti aspetti di progettazione la stratificazione nel serbatoio</p> |

| Bunkeraggio / rifornimento small scale | Scenari potenziali di rilascio  | Rilascio di metano – misure di mitigazione del rischio  |  |
|--|---|---|--|
|  |   | Tecniche  | Operative  |
|  | Se il serbatoio è caricato con un mix di GNL/azoto c'è la possibilità che si verifichi un'auto-stratificazione. Probabilità di un "rollover" con picco eccessivo di generazione di BOG.   |   |  |
|  | <p>Nei serbatoi a pressione atmosferica, se la gestione dei vapori di GNL non risponde al necessario tasso di ri-liquefazione (o condensa/refrigerazione), si genera un eccessivo BOG. Alla pressione atmosferica non c'è la possibilità di sopportare all'interno dei serbatoi un incremento di pressione.</p> <p>Il rilascio di vapore di GNL si verifica se viene azionata la valvola PRV.</p>   | <p>-Il serbatoio di stoccaggio deve essere progettato per un adeguato tempo di ritenzione del GNL (il tempo tra il carico e lo scarico successivo)</p> <p>-Per una gestione adeguata dei vapori di GNL è necessario prevedere l'isolamento, la ri-liquefazione e il raffreddamento</p>                                    | <p>-creare un adeguato piano di distribuzione o vaporizzazione/consumo in modo che si smaltisca il GNL prima di raggiungere il tempo limite di ritenzione del GNL nel serbatoio</p>  |
|  | <p>Nel caso di serbatoi a pressione, se il BOG in eccesso si accumula, vi è conseguente aumento della pressione nel serbatoio di stoccaggio. (il BOG in questo caso potrebbe essere stato generato durante il carico, lo scarico o nel periodo di stoccaggio)</p> <p>Ci sarà una certa (limitata) capacità dei serbatoi a pressione di sostenere pressioni di vapore elevate.</p> <p>Il rilascio di vapore di GNL si verifica se viene azionata la valvola di sicurezza di sovrappressione.</p> | <p>Possibili misure tecniche da adottare per limitare la generazione di BOG nel serbatoio pressurizzato:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-isolamento (sottovuoto)</li> <li>-nebulizzazione dall'alto per raffreddare/condensare il vapore di GNL</li> <li>-Raffreddamento attraverso bobine interne</li> </ul> | <p>-avere un controllo adeguato dello stato del GNL all'interno del serbatoio.</p> <p>-creare delle procedure per evitare il rilascio di BOG attraverso il PRV</p> <p>-piano adeguato per il consumo di GNL, evitando lunghi tempi di permanenza nel serbatoio</p> |

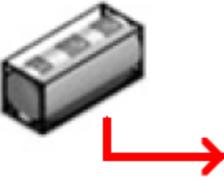
**ISO container di GNL**

Gli ISO container sono serbatoi di stoccaggio pressurizzati contenuti all'interno di una struttura ISO che consente di trasportare il GNL trasferendo direttamente il container, per esempio da terra ferma fino ad una nave ricevente.

Di seguito sono elencate alcune misure di mitigazione delle emissioni di metano dei principali rischi inerenti gli ISO container di GNL.

## ATTIVITÀ T2.3

Caratteristiche di una rete di GNL Small Scale e criteri per la minimizzazione degli impatti ambientali significativi

| Bunkeraggio / rifornimento small scale   | Scenari potenziali di rilascio  | Rilascio di metano – misure di mitigazione del rischio  |  |
|--|---|---|--|
|  |   | Tecniche  | Operative  |
| ISO container – fase di carico<br><br>          | Se il serbatoio della nave ricevente non si trova a basse temperature (temperatura BOG < 120°C), il riempimento con nuovo GNL comporterebbe un'eccessiva produzione di BOG.<br><br><u>Se il MARVS viene superato può avvenire il rilascio di vapore di GNL. La PRV si aprirà per riequilibrare la pressione</u> | -Fornire mezzi tecnici per raffreddare con il GNL stesso o con gas inerte/azoto<br><br>-Raffreddamento con il gas di azoto prima del riempimento.   | -Pianificare il carico di GNL in condizioni di basse temperature (sia GNL che N)<br><br>-evitare i tempi di attesa in serbatoi a temperatura più calda   |
|  | Durante il carico di GNL, a ritmo elevato, se la pressione di vapore non è opportunamente controllata c'è la possibilità che si superi il MARVS<br><br><u>Se il MARVS viene superato può avvenire il rilascio di vapore di GNL. La PRV si aprirà per riequilibrare la pressione</u>                             | -monitorare in modo appropriato la pressione del vapore nel serbatoio di GNL  | -riempimento del serbatoio di GNL dall'alto al basso per permettere al vapore in alto di raffreddarsi .  |
| ISO container - conservazione del gas<br><br> | Se i serbatoi ISO GNL sono mantenuti pieni per tempi maggiori di quelli di contenimento indicati, si può generare un eccesso di vapori di GNL.<br><br><u>Se il MARVS viene superato può avvenire il rilascio di vapore di GNL. PRV si aprirà per riequilibrare la pressione</u>                                 | Possibili misure tecniche da adottare per limitare la generazione di BOG nel serbatoio di GNL pressurizzato:<br><br>-isolamento (sottovuoto)<br><br>-nebulizzare dall'alto per raffreddare/condensare il GNL-gas<br><br>-Raffreddamento attraverso bobine interne | -avere un controllo adeguato dello stato del GNL all'interno del serbatoio.<br><br>-creare delle procedure per evitare il rilascio di BOG attraverso il PRV<br><br>-piano adeguato per evitare lunghi tempi di permanenza nel serbatoio (almeno non maggiori di quelli previsti da progetto per gli ISO Container) |
| ISO container – fase di scarico<br><br>       | Durante il bunkeraggio, se il serbatoio ricevente è più caldo ci sarà una generazione eccessiva di BOG.<br><br><u>Il rilascio di vapore di GNL può avvenire se il MARVS è troppo elevato. La PRV si aprirà per abbassare la pressione.</u>  | - La corretta equalizzazione del serbatoio deve essere assicurata prima del trasferimento del carburante GNL.<br><br>-Per ridurre al minimo la produzione dei vapori di GNL è necessario raffreddare il serbatoio ricevente e la linea di bunkeraggio             | -Assicurarsi che BFO e RSO seguano le procedure di pre-bunkering<br><br>- controllare attentamente le condizioni prima del rifornimento di carburante.   |
|  | Per il trasferimento del GNL al RSO i camion possono utilizzare unità a pressione aumentando la pressione del vapore sulla parte superiore del serbatoio.   | -monitoraggio pressione GNL<br><br>- regolatore GNL prima dell'unità di accumulo di pressione.  | Procedure operative adeguate per il trasferimento di GNL attraverso aumento di pressione   |

| Bunkeraggio / rifornimento small scale | Scenari potenziali di rilascio  | Rilascio di metano – misure di mitigazione del rischio   |   |
|--|---|--|---|
|  |   | Tecniche   | Operative   |
|  | <p><u>Se la pressione di MERVS è eccessiva durante la pressurizzazione, la valvola PRV si aprirà per ristabilizzare la pressione</u></p>  |  |   |
|  | <p>Malfunzionamenti e situazioni di allarme porteranno all'attivazione del ESD da parte del RSO</p> <p><u>Se l'ESD non è completamente compatibile con il sistema del serbatoio ISO di GNL, c'è il rischio che, in seguito alla chiusura della valvola di bunkeraggio del RSO, la pressione si accumuli nella linea di bunkeraggio (e nel serbatoio del GNL dell'autocarro).</u></p> <p><u>Un rilascio di vapore di GNL può avvenire se il MARVs è eccessivo. La PRV si aprirà per ri-abbassare la pressione.</u></p> | <p>-Usare un ESD perfettamente compatibile con il serbatoio ISO</p> <p>-Monitoraggio adeguato della pressione per assicurarsi che non ci sia una produzione eccessiva di BOG nel serbatoio del camion dopo che il trasferimento è stato arrestato dall'ESD</p> <p>-Integrare nel circuito un regolatore di contropressione</p> | <p>-mettere in atto adeguate procedure per evitare che si generi eccessivo BOG e conseguente rilascio di metano a seguito dell'arresto del bunkeraggio.</p> |

### *Sintesi delle buone pratiche per la mitigazione dei rilasci di metano*

1. Il GNL rappresenta un carburante ambientalmente sostenibile se il metano, gas ad alto potenziale di riscaldamento climatico, viene gestito adeguatamente. E' necessario che le PA competenti proibiscano qualsiasi tipo di rilascio di metano in atmosfera, ad eccezione unicamente dei casi di emergenza.
2. Nessuna operazione di bunkeraggio dovrebbe causare rilasci di metano in atmosfera, considerando tutti gli elementi infrastrutturali, unità mobili coinvolte o procedure operative implementate. E' necessario che siano promosse adeguate pratiche ambientali in ogni aspetto legato allo stoccaggio di GNL, alla sua distribuzione, trasferimento in situ e bunkeraggio.
3. E' opportuno che le PA richiedano agli operatori l'adozione di un adeguato set di misure per ridurre/mitigare il rilascio di gas naturale in atmosfera, opportunamente identificate lungo tutto l'impianto e la linea di bunkeraggio del GNL. L'obiettivo di evitare rilasci di metano dovrebbe essere esplicitato da parte del BFO all'interno di un pertinente sistema di gestione della qualità. Come specificato nelle EN ISO 20519, i sistemi di gestione che possono essere utilizzati a tal fine sono: ISO 9001, ISO 14001, ISM, ISO/TS 29001 e API Spec Q1. Le misure per mitigare il rilascio di metano devono essere:
  - a. Appropriate, le misure segnalate dal BFO devono essere relazionate con gli effettivi processi di rifornimento del GNL adottati e direttamente connesse ed adattate ai diversi passaggi nel processo di bunkeraggio
  - b. Applicabili (l'effettiva attuazione delle misure volte alla riduzione del rilascio di metano dovrebbe essere confermata da parte delle PA preposte)

- c. Sicure (l'implementazione delle misure per la riduzione del metano non deve comportare alcuna procedura/operazione/condizione non sicura)
  - d. Quantificabili (dovrebbe essere possibile quantificare la quantità di metano che non viene rilasciata in atmosfera attraverso le misure di mitigazione)
4. E' opportuno verificare che il BFO presenti una combinazione delle misure tecniche e operative per la mitigazione del rilascio di metano riportate di seguito:
- a. gestione del Boil Off Gas (BOG):
    - i. Inventario della minimizzazione dei volumi intrappolati
    - ii. Operazioni di carico, scarico e trasferimento con temperature dei serbatoi (BFO e RSO) simili
    - iii. Modulazione della portata di trasferimento del GNL in base alla capacità di gestione del BGO da parte del BFO e del RSO
    - iv. Gestione del tempo di permanenza in serbatoi pressurizzati di GNL in modo che non ecceda i limiti, a meno di adeguato sistema di gestione del BOG in funzione.
    - v. Vapore di ritorno
      - 1. Per il rifornimento di navi con serbatoi atmosferici di GNL (Imo tipo A, B o a membrana) è da allestire una linea per il vapore di ritorno
      - 2. Per il rifornimento di navi con serbatoi pressurizzati (IMO di tipo C) si può creare una linea per il vapore di ritorno. E' possibile che la nave che si rifornisce sia in grado di gestire un certo incremento di pressione dovuto alla generazione di vapore di GNL.
    - vi. Gestione del vapore, le seguenti opzioni (lato RSO o BFO) possono essere prese in considerazione:
      - 1. accumulatore di pressione (se si tratta di un serbatoio in pressione)
      - 2. ri-liquefazione
      - 3. raffreddamento
      - 4. consumo di gas (GCU o consumi di gas a bordo)
  - b. Manutenzione
    - i. Per la strumentazione/attrezzatura coinvolta si dovrebbe seguire il programma di manutenzione definito dal fornitore/produttore
    - ii. Gli operatori devono conservare per ogni parte che riguarda il bunkeraggio di GNL:
      - 1. un certificato in corso di validità
      - 2. lo storico della manutenzione
  - c. Pianificazione
    - i. Pianificare il trasporto, lo stoccaggio e il rifornimento in linea con la domanda prevista, tenendo in considerazione i tempi di ritenzione consigliati per lo stoccaggio e le infrastrutture presenti
    - ii. Evitare i momenti di attesa durante la modalità di stoccaggio
    - iii. Sviluppare un piano che implichi un accordo tra BFO e RSO per l'implementazione di una opportuna sequenza di operazioni per il bunkeraggio di GNL, dove l'intero processo della linea vapori sia ben compreso e condiviso
  - d. Compatibilità
    - i. E' opportuno che alla base di un accordo per il bunkeraggio vi sia un'analisi per garantire la compatibilità tra le strutture di rifornimento e le navi che si riforniscono, in modo da identificare ogni aspetto che potrebbe richiedere una gestione particolare
    - ii. Come livello minimo è da analizzare almeno la compatibilità tra i sistemi e le attrezzature elencate nel "IACS Recommendation 142, Linee guida bunkeraggio GNL, sezione 1.4.2" e incluse nelle Linee guida EMSA alla sezione 12.3.1
  - e. Lavaggio e inertizzazione

- i. E' opportuno che Il lavaggio e l'inertizzazione facciano parte del piano di gestione del bunkeraggio di GNL presentato dal BFO, in modo che le PA competenti possano comprendere tutti i dettagli tecnici e operativi a supporto delle procedure
  - ii. E' opportuno che qualsiasi miscela di gas inerte (azoto) o gas naturale sia recuperata, dal BFO o dal RSO, e non liberata/espulsa.
5. Il rilascio in atmosfera dovrebbe essere possibile solo in casi di emergenza, sia che avvenga in modo automatico che manuale, attraverso la PRV o tramite qualsiasi altra via di uscita presente nel sistema di stoccaggio o rifornimento del GNL. E' opportuno che gli eventuali rilasci di emergenza siano segnalati, quantificati e che siano descritte le ragioni che hanno portato all'evento di rilascio. Nonostante sia contemplata la possibilità di rilascio in caso di emergenza, questa non dovrebbe essere giustificabile in caso di incremento della pressione del gas. Il sistema di rifornimento e di stoccaggio per il GNL dovrebbe essere progettato su entrambi i lati dell'interfaccia per le operazioni del caso, imponendo limitazioni ai parametri fisici/operativi (portate e temperature).
6. Le PA dovrebbero sviluppare un sistema di segnalazione per i rilasci di emergenza che promuova azioni virtuose e volontarie da parte degli operatori.
7. Oltre all'indicazione suddetta, le PA possono prevedere la possibilità di richiedere l'installazione di detector di metano equipaggiati con registratori a prova di manomissione, installati in una posizione idonea vicino al punto di rilascio.
8. Le PA preposte hanno la possibilità di richiedere che gli operatori siano in possesso di un sistema di gestione ambientale (SGA) certificato da un ente terzo indipendente (es. ISO 14001:2015). L'SGA permette:
  - a. un approccio olistico verso gli impatti ambientali, tra cui la gestione dei rilasci di metano
  - b. di focalizzare sugli aspetti critici
  - c. di utilizzare procedure testate e riconosciute a livello internazionale
  - d. di stabilire una relazione positiva tra PA e operatori.Lo scopo del sistema di gestione ambientale dovrebbe essere quello di implementare requisiti generali e linee guida che forniscano ragionevoli garanzie che le operazioni di bunkeraggio abbiano un impatto ambientale negativo minimo e migliori prestazioni ambientali. Si noti a tal proposito che gli standard ISO 14001 non sono prescrittivi, dettagliano cosa fare ma non necessariamente come farlo.
9. Gli SGA dovrebbero essere basati su un approccio di miglioramento continuo "plan-do-check-act" (PDCA), un processo interattivo da applicare regolarmente per assicurare che vi siano benefici e che vengano rispettati gli standard.
10. Le principali componenti operative di un SGA sono:
  - a. Predisporre/aggiornare la politica ambientale dell'impresa  
Le politiche ambientali dell'impresa dovrebbero consentire di valutare l'impegno rispetto alle emissioni di metano
  - b. Pianificare (Plan):
    - i. Aspetti ambientali
    - ii. Prescrizioni legali e di altro tipo
    - iii. Obiettivi, target e programmi
  - c. Fare (Do):
    - iv. risorse, responsabilità e autorità
    - v. competenze, formazione e consapevolezza,
    - vi. comunicazione,
    - vii. documentazione,
    - viii. controllo dei documenti,
    - ix. controllo operativo,
  - d. Controllo/Verifica (Check):

- x. monitoraggio e misurazione,
  - xi. valutazione della conformità,
  - xii. non conformità, azioni correttive e preventive,
  - xiii. controllo dei dati
  - xiv. audit interno
- e. Agire (Act):
- xv. rivedere il sistema di gestione,
  - xvi. audit

### 1.2.2 Altri impatti ambientali

I depositi costieri di GNL comportano l'emissione di inquinanti in atmosfera dovuta prevalentemente al **traffico marittimo**, determinato dalle navi metaniere in arrivo per lo scarico di GNL, dalle bettoline adibite alla distribuzione via mare e dai relativi rimorchiatori di supporto, **e terrestre**, causato dalle autocisterne per la distribuzione del GNL via terra. La mancata realizzazione dell'opera da un lato annullerebbe le emissioni suddette, ma dall'altro non consentirebbe l'impegno del GNL, con tutti i benefici che ne derivano in termini di riduzione delle emissioni atmosferiche su più ampia scala (come descritto al paragrafo 1.1, saranno inoltre presentate alcune valutazioni quantitative al paragrafo 1.3)

I progetti di realizzazione di depositi costieri di GNL determinano inoltre un'occupazione di suolo e un'occupazione dello specchio acqueo connessa alle operazioni di manovra ed accosto dei mezzi navali.

Con riferimento alle altre componenti ambientali potenzialmente interessate dai progetti di depositi costieri di GNL, è da porre attenzione a:

- prelievi idrici, generalmente connessi agli aspetti igienico sanitari;
- scarichi e trattamento di acque industriali delle acque di prima pioggia;
- emissioni sonore;
- l'eventuale interessamento di aree naturali protette;
- inserimento paesaggistico.

Per l'approfondimento degli aspetti ambientali connessi con la realizzazione di depositi costieri di GNL, sono stati analizzati i documenti prodotti nell'ambito delle procedure di VIA seguenti, allo scopo di segnalare gli aspetti salienti per la fase di cantiere e per la fase di esercizio:

- Ravenna
- Oristano
- Cagliari
- Livorno

### Aria

Gli impatti sulla qualità dell'aria in fase di cantiere sono associati a:

- emissioni di inquinanti gassosi in atmosfera prodotti dai motori dei mezzi di cantiere terrestri e marittimi;
- emissioni di polveri in atmosfera da movimenti terra, durante scavi e riporti per la preparazione delle aree e per la realizzazione delle fondazioni delle strutture e delle opere civili, demolizione di opere, transito su strada non asfaltata (piste di cantiere);
- emissioni in atmosfera connesse al traffico indotto.

Mitigazioni concernenti le emissioni da traffico indotto:

- per la definizione del percorso dei mezzi pesanti su gomma evitare, ove possibile, il transito nelle aree dell'edificato urbano;
- limitare il traffico dei mezzi pesanti al periodo strettamente necessario per l'approvvigionamento del materiale di cava e del conferimento a discarica del materiale e durante orari lavorativi;

Per contenere il più possibile la produzione di polveri e quindi minimizzare i possibili disturbi, è possibile adottare, ove necessario, idonee misure a carattere operativo e gestionale, quali:

- bagnature delle gomme degli automezzi;
- umidificazione del terreno nelle aree di cantiere e dei cumuli di inerti per impedire il sollevamento delle polveri;
- riduzione della velocità di transito dei mezzi.

Anche per quanto riguarda l'utilizzo di mezzi marittimi, è opportuno pianificare le attività in maniera tale da ottimizzare le tempistiche, così da ridurre al minimo necessario la generazione di emissioni di inquinanti in atmosfera.

Per quanto riguarda l'impatto sulla componente atmosfera in fase di esercizio è opportuno considerare:

- il bilancio emissivo dell'intervento a livello locale, esaminando le emissioni di nuova attivazione e le mancate emissioni indotte dall'attuazione del progetto con riferimento agli inquinanti con effetti locali (in particolare  $\text{NO}_x$ , polveri e  $\text{SO}_x$ );
- l'impatto sulla qualità dell'aria a livello locale, valutato mediante l'applicazione di un modello diffusionale;
- il bilancio emissivo dell'intervento relativo all'emissione di gas climalteranti, studiando sia le emissioni di nuova attivazione che le mancate emissioni indotte dall'attuazione del progetto.

Le emissioni in atmosfera di nuova introduzione possono essere valutate partendo dalle:

- emissioni da navi gasiere in entrata e uscita dal deposito, nonché in fase di scarico del GNL;
- emissioni dei rimorchiatori impiegati nelle operazioni di attracco delle gasiere;
- emissioni dei motori a combustione interna (se previsti in impianto per la produzione di energia elettrica);
- emissioni degli automezzi di distribuzione del GNL che vengono caricati presso l'impianto e conferiscono in GNL ad impianti di distribuzione per autotrazione;
- emissioni delle bettoline che vengono impiegate per il rifornimento delle navi.

Le mancate emissioni possono essere dovute all'impiego di GNL quale combustibile per navi e per automezzi.

Mitigazioni:

- evitare di tenere inutilmente accesi i motori di mezzi e macchinari
- pianificare le attività in modo da ottimizzare le tempistiche per ridurre al minimo necessario la generazione di emissioni di inquinanti in atmosfera
- rispondenza dei mezzi alle più stringenti normative vigenti in merito alle emissioni in atmosfera

- adeguata manutenzione dei mezzi

#### *Acque*

Le interazioni tra il progetto e la componente ambiente idrico sono:

- prelievi idrici per le necessità del cantiere (bagnature aree di cantiere, usi civili...);
- scarico e trattamento di effluente liquidi (reflui civili, acque usate nel processo di gestione del serbatoio e delle condotte, acque di prima pioggia);
- modifica del drenaggio superficiale;
- alterazione delle caratteristiche di qualità delle acque marine durante i lavori di realizzazione delle opere marittime (di difesa e banchine/approdi);
- occupazione/limitazione d'uso degli specchi acquei;
- interazione con i flussi idrici sotterranei;
- potenziali spillamenti/spandimenti dai mezzi utilizzati per la costruzione.

Allo scopo di ridurre al minimo il consumo dell'acqua è possibile prevedere degli accorgimenti come ad esempio limitare la bagnatura delle aree di cantiere solo alle situazioni di assoluta necessità, o predisporre un sistema di riutilizzo della risorsa idrica.

Per minimizzare le interferenze con l'assetto idraulico del territorio è opportuno ridurre al minimo le aree di scavo ed eseguire al meglio le operazioni di scavo. Le interferenze sulla circolazione idrica sotterranea sono da ricollegarsi in generale alle opere di fondazione degli edifici e delle opere minori oltreché all'infissione dei pali di fondazione per i serbatoi GNL.

Tra le misure di mitigazione del rischio di spillamenti e spandimenti da mezzi e macchinari dovuti a eventi accidentali, specie nelle fasi di rifornimento e durante le operazioni di manutenzione, vi sono:

- l'accorgimento di effettuare le operazioni di manutenzione dei mezzi nella sede logistica dell'appaltatore,
- la perizia di effettuare gli interventi di manutenzione straordinaria in aree appositamente dedicate e progettate (su superfici piane dotate di teli impermeabili di adeguato spessore),
- l'attenzione posta ad eseguire il rifornimento dei mezzi operativi nell'ambito delle aree di cantiere tramite piccoli autocarri dotati di serbatoi e attrezzature necessarie ad evitare sversamenti e comunque lontano da ambienti ecologicamente sensibili,
- controllo periodico dei circuiti oleodinamici delle macchine.

Inoltre gli impatti sulle componenti ambientali suddette possono essere evitati:

- provvedendo alla compattazione delle aree di cantiere prima degli scavi per limitarne la velocità di filtrazione,
- cercando di evitare che i mezzi di lavoro transitino su suoli rimossi o da rimuovere,
- effettuando la rimozione e lo smaltimento dei terreni contaminati secondo le modalità previste dalla normativa vigente e provvedendo alla loro sostituzione con materiali aventi le stesse caratteristiche,
- predisposizione di un piano per la gestione delle emergenze in caso di sversamenti di sostanze contaminanti/inquinanti,
- pavimentare le aree potenzialmente contaminabili da sversamenti accidentali e, ove necessario, prevedere adeguati bacini di contenimento.

### *Suolo e sottosuolo*

In generale, l'esecuzione di qualsiasi opera modifica le caratteristiche del suolo e del sottosuolo su cui si trova. I principali impatti sulla componente suolo e sottosuolo in fase di cantiere sono rappresentati da:

- gestione terre e rocce da scavo e rifiuti;
- occupazione/limitazioni d'uso di suolo
- occupazione/limitazione di utilizzo degli specchi acquei

Inoltre i principali consumi di risorse sono relativi a:

- materiali da costruzione (calcestruzzo, carpenterie metalliche, ecc.)
- acciaio (realizzazione condotte e serbatoi),
- vernici, materiali isolanti e prodotti chimici vari.

I rifiuti prodotti durante l'attività di cantiere dovranno essere suddivisi per categorie distinte in base agli appositi codici CER e stoccati temporaneamente in aree di deposito per categoria. Si possono ipotizzare le seguenti categorie di rifiuti:

- rifiuti da demolizione (porre attenzione all'eventuale presenza di manufatti contenenti amianto)
- residui latero cementizi delle opere di costruzione
- residui cartacei, plastici e legnosi provenienti da imballaggi
- residui metallici
- rifiuti liquidi legati ad usi civili
- residui di materiali plastici e isolanti
- oli ed oli esausti.

Le misure di mitigazione ipotizzabili per tali aspetti sono:

- reimpiego, per quanto possibile, dei materiali provenienti dalle movimentazioni di terre all'interno del cantiere,
- minimizzazione della produzione di rifiuti,
- delimitazione delle aree di stoccaggio temporaneo sia dei materiali provenienti dalle operazioni di scavo che derivanti dalla produzione di rifiuti,
- identificazione, attraverso apposita cartellonistica, dei materiali presenti nei depositi temporanei e dei relativi rischi associati.

Gli impatti sulla componente per la fase di esercizio possono essere:

- consumi di materie prime e produzione di rifiuti (da attività di processo e attività di tipo civile),
- potenziale contaminazione del suolo per effetto di spillamenti/spandimenti in fase di esercizio,
- occupazione/limitazioni d'uso di suolo per la presenza degli impianti,
- limitazioni dello specchio acqueo per l'esercizio degli accosti.

Mitigazioni:

- raccolta differenziata dei rifiuti,
- localizzazione del deposito in aree non utilizzate e comunque a vocazione portuale e produttiva o all'interno di installazioni industriali esistenti e/o dismesse,
- progettazione degli impianti mirata al contenimento degli spazi da utilizzare sia temporaneamente sia per l'intera vita utile delle opere,
- predisposizione di un piano per la gestione delle emergenze in caso di sversamenti di sostanze contaminanti/inquinanti,
- pavimentare le aree potenzialmente contaminabili da sversamenti accidentali e, ove necessario, prevedere adeguati bacini di contenimento.

### *Rumore*

Durante le attività di costruzione le emissioni acustiche deriveranno dal funzionamento di macchinari impiegati per le attività di cantiere e per il trasporto di materiali.

Mitigazioni concernenti la minimizzazione dell'impatto legato al rumore durante la realizzazione delle opere a progetto:

- posizionamento delle sorgenti di rumore in una zona defilata rispetto ai recettori, compatibilmente con le necessità di cantiere;
- mantenimento in buono stato dei macchinari potenzialmente rumorosi;
- sviluppo principalmente nelle ore diurne delle attività di costruzione;
- controllo delle velocità di transito dei mezzi;
- a tutela dei recettori potenziali, prima dell'inizio delle attività è auspicabile provvedere alla ricognizione dello stato degli edifici più prossimi al sito, al fine di poter valutare se, al termine delle stesse, si siano verificate modifiche al quadro fessurativo degli immobili.

Mitigazioni concernenti il traffico indotto:

- è auspicabile definire il percorso dei mezzi pesanti al fine di evitare, ove possibile, il transito nelle aree dell'edificato urbano;
- limitare il traffico dei mezzi pesanti al periodo necessario per l'approvvigionamento del materiale di cava e del conferimento a discarica del materiale;

Gli impatti sulla componente in fase di esercizio possono consistere in:

- emissioni sonore da macchinari degli impianti,
- emissioni sonore connesse al traffico indotto (terrestre e marittimo).

### *Flora, fauna ed ecosistemi*

Durante la fase di cantiere gli impatti negativi possono consistere essenzialmente in:

- disturbi a fauna e vegetazione terrestre a seguito dell'alterazione delle caratteristiche di qualità dell'aria dovuta ad emissioni di inquinanti e di polveri
- disturbi alla fauna terrestre dovuti ad emissioni sonore
- disturbi a specie e habitat marini a seguito della modifica dello stato della qualità delle acque per risospensione di sedimenti durante la realizzazione delle opere marittime
- disturbi alla fauna marina connessi alla generazione di rumore sottomarino

Le possibili mitigazioni attuabili sono quelle già proposte per i rispettivi aspetti trattati nei paragrafi precedenti.

Per la fase di esercizio si possono individuare i seguenti potenziali impatti sulla componente, ancorché di bassa significatività per le opere localizzate in aree portuali:

- traffico indotto
- consumo del suolo
- scarichi idrici
- emissioni in atmosfera

- rumore

### *Paesaggio*

Durante la fase di costruzione si possono verificare impatti sul paesaggio imputabili essenzialmente alla presenza delle strutture del cantiere, a terra e a mare, alla presenza delle macchine e dei mezzi di lavoro e agli stoccaggi di materiali e ai movimenti terra.

Misure di mitigazione degli impatti legati alla fase di cantiere:

- mantenimento delle aree di cantiere in condizioni di ordine e pulizia
- ripristino a fine lavori dei luoghi e delle aree alterate in fase di cantiere

Le interazioni con gli aspetti paesaggistici legati alla fase di esercizio possono essere:

- presenza fisica degli impianti e delle strutture
- presenza fisica di navi
- emissioni luminose.

### 1.3 Valutazione di scenari emissivi di utilizzo del GNL nel trasporto marittimo e stradale

Nel presente paragrafo sono presentati esempi di scenari emissivi che possono essere utili per avere una stima degli effetti dell'utilizzo del GNL come carburante alternativo in ambito marittimo e stradale.

Nel "Quadro strategico nazionale - Sezione C – Fornitura di GNL per la navigazione marittima e interna, per il trasporto stradale e per altri usi" sono riportate alcune simulazioni realizzate per la stima dei benefici ambientali dell'utilizzo del GNL per autotrazione. Le elaborazioni per stimare le minori emissioni dall'utilizzo del mezzo GNL per le missioni di trasporto merci di lunga percorrenza sono state effettuate su uno scenario 2025, presupponendo un definito assetto del parco circolante sulla rete nazionale, per i mezzi con PTT $\geq$  18 ton:

| Parco solo diesel |       | Parco con quota GNL (sostituzione Euro IV) |       |
|-------------------|-------|--|-------|
| Euro IV           | 25,9% | Euro IV                                    | 17,9% |
| Euro V            | 32,3% | Euro V                                     | 32,3% |
| Euro VI           | 41,8% | Euro VI                                    | 41,8% |
| GNL               | 0%    | GNL  | 8,0%  |

Tabella 4 Composizione del parco  $\geq$  18 ton – scenario 2025 . Fonte: Ministero Sviluppo Economico – "Quadro strategico nazionale -Sezione C – Fornitura di GNL per la navigazione marittima e interna, per il trasporto stradale e per altri usi"

E' stata quindi effettuata un'assegnazione modellistica comparata sulle emissioni complessive del traffico merci riconducibile a questa tipologia di mezzi. Questa scelta di metodo consente la stima più credibile e corretta, in quanto tiene conto di tutte le condizioni operative del sistema, a partire da un'evoluzione logica e verosimile della struttura del parco circolante.

|                 | Parco solo diesel | Parco con quota GNL (sostituz. Euro IV) | Diff % |
|-----------------|-------------------|---|--------|
| CO <sub>2</sub> | 1.561 ton         | 1.500 ton                               | -3,9   |
| NO <sub>x</sub> | 5.289 kg          | 4.900 kg                                | -7,2   |
| PM              | 120 kg            | 88 kg                                   | -26,1  |

Tabella 5 Emissioni complessive (nel giorno medio). Fonte: Ministero Sviluppo Economico – "Quadro strategico nazionale - Sezione C – Fornitura di GNL per la navigazione marittima e interna, per il trasporto stradale e per altri usi"

Il risultato evidenzia il notevole contributo che l'immissione nel sistema dei mezzi GNL può fornire per le strategie di riduzione delle emissioni, con forti vantaggi per tutte le tipologie di inquinanti e gas serra, in particolare per le emissioni di PM e polveri sottili.

Questi vantaggi sono messi ancor più in luce se si esegue un'assegnazione comparativa per una sola missione-tipo. Estrapolando tra le migliaia di spostamenti origine-destinazione che compongono il modello la singola O/D di 490 km Genova Porto – Roma Nord (via centro merci di Prato + interporto di Orte), i benefici conseguibili sono:

|                 | CO <sub>2</sub> (tonn) | NO <sub>x</sub> (kg) | PM <sub>10</sub> (g) |
|-----------------|------------------------|----------------------|----------------------|
| Cursor 9 Diesel | 1,63                   | 0,95                 | 15,23                |
| Cursor 8 LNG    | 1,49                   | 0,48                 | 0,99                 |
|                 | -3,9%                  | -49,4%               | -93,4%               |

Tabella 6 Schema benefici viaggio Genova – Roma – Fonte: Ministero Sviluppo Economico – “Quadro strategico nazionale - Sezione C – Fornitura di GNL per la navigazione marittima e interna, per il trasporto stradale e per altri usi”

Il progetto CAIMANS<sup>3</sup>, volto alla stima dell'impatto sulla qualità dell'aria e sulle emissioni di gas serra delle navi passeggeri di cinque importanti porti del Mediterraneo, ha predisposto scenari futuri di mitigazione, tra cui l'alimentazione a GNL.

Per la stima dell'efficacia delle misure di mitigazione sono state realizzate simulazioni attraverso un modello di dispersione degli inquinanti (codice ADMS 4.2 sviluppato da CERC), per lo stato attuale e per scenari futuri.

Per lo scenario relativo al GNL sono state utilizzate le seguenti percentuali di riduzione delle emissioni prodotte:

- SO<sub>2</sub> e PM: 100% di riduzione,
- NO<sub>x</sub>: 90% di riduzione,
- CO<sub>2</sub>: 20% di riduzione.

L'analisi effettuata per il Porto di Genova mostra un significativo effetto positivo dato dalla sostituzione dell'attuale carburante utilizzato dalle navi passeggeri con il GNL.

Attualmente, infatti, risulta un'ampia zona della città esposta a concentrazioni di NO<sub>2</sub> e SO<sub>2</sub> superiori del 5% ai limiti di qualità dell'aria. In particolare la situazione più critica riguarda l' NO<sub>2</sub>, con i seguenti valori massimi osservati nel dominio di simulazione:

- 270 µg/m<sup>3</sup> per il 99,8 percentile della concentrazione orario di NO<sub>2</sub>, corrispondente al 135% del limite di qualità dell'aria
- 2,98 µg/m<sup>3</sup> per la media annuale della concentrazione oraria di NO<sub>2</sub>, corrispondente al 7,5 % del limite di qualità dell'aria.

<sup>3</sup> Sito web di progetto: <http://www.medmaritimeprojects.eu/section/caimans>

## ATTIVITÀ T2.3

Valutazione di scenari emissivi di utilizzo del GNL nel trasporto marittimo e stradale

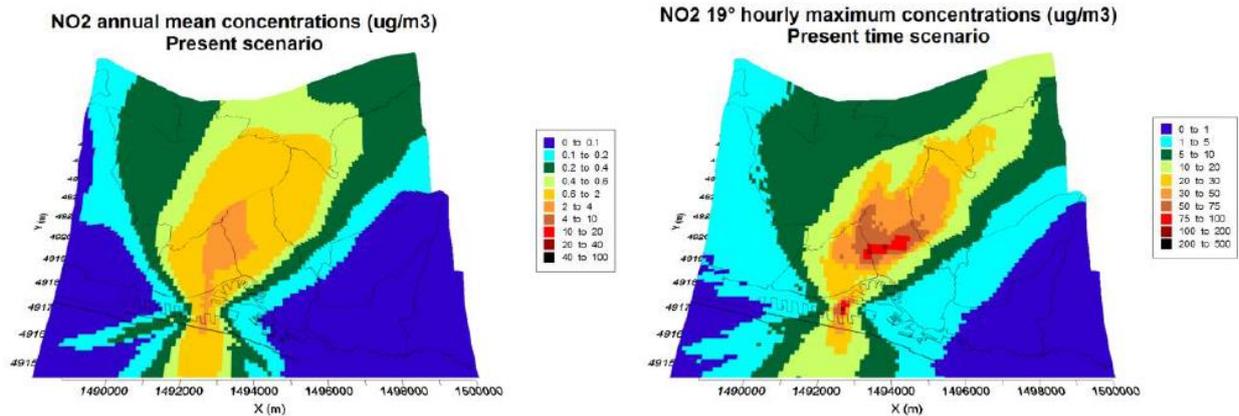


Figura 4 Progetto CAIMANs – Mappe di concentrazione di NO<sub>2</sub>. A sinistra i valori medi sul periodo di simulazione. A destra il 19° massimo valore orario.

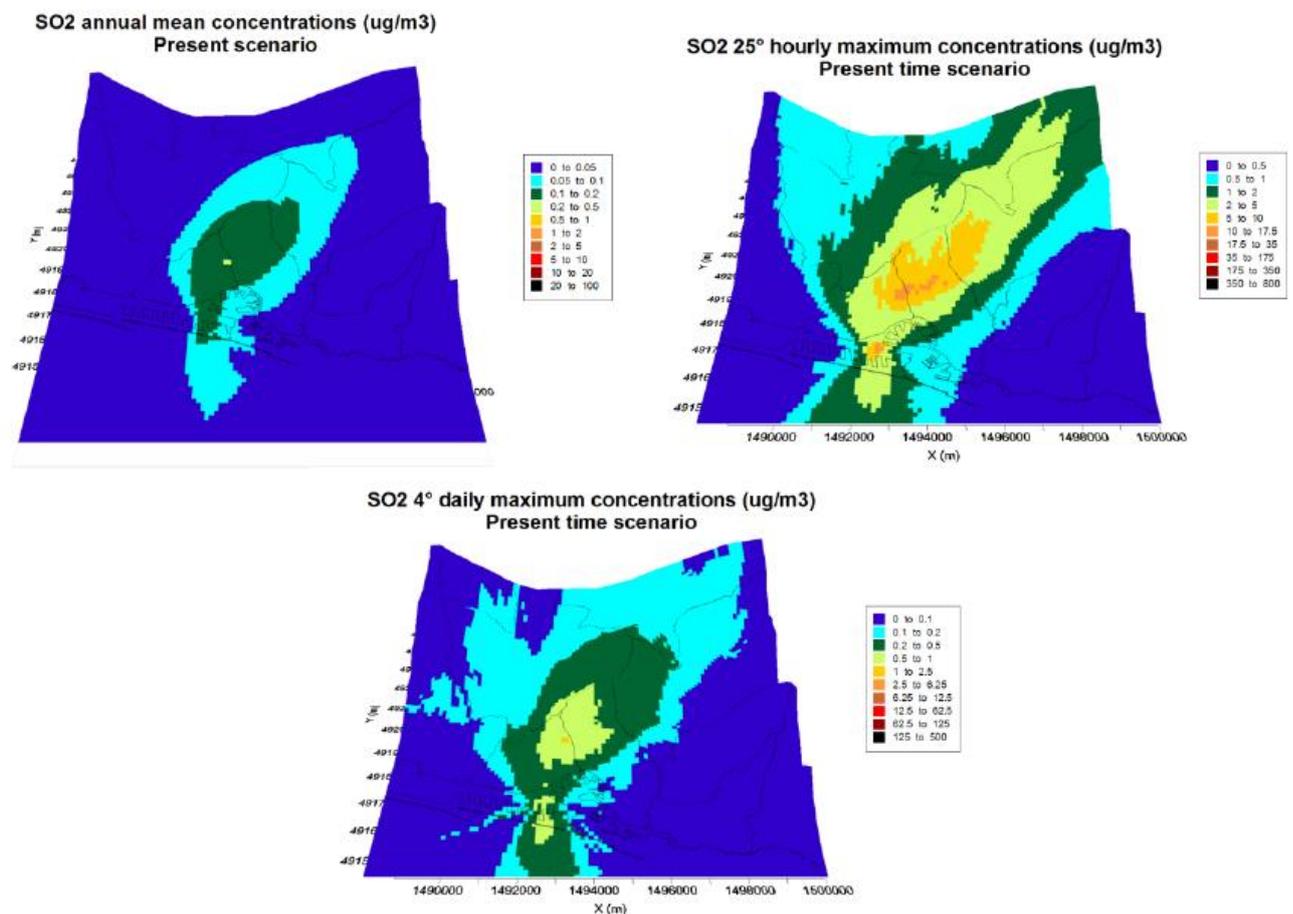


Figura 5 Progetto CAIMANs - Mappe di concentrazione di SO<sub>2</sub>. A sinistra i valori medi sul periodo di simulazione. A destra il 25° massimo valore orario. In basso il 4° massimo valore giornaliero

Lo scenario futuro di utilizzo del GNL per le navi passeggeri mostra un'effettiva riduzione delle concentrazioni inquinanti. Infatti, in nessuna area del dominio della simulazione le concentrazioni inquinanti si avvicinano ai limiti di qualità dell'aria, a differenza dello stato attuale in cui si hanno ampi superamenti dei limiti.

### ATTIVITÀ T2.3

Valutazione di scenari emissivi di utilizzo del GNL nel trasporto marittimo e stradale

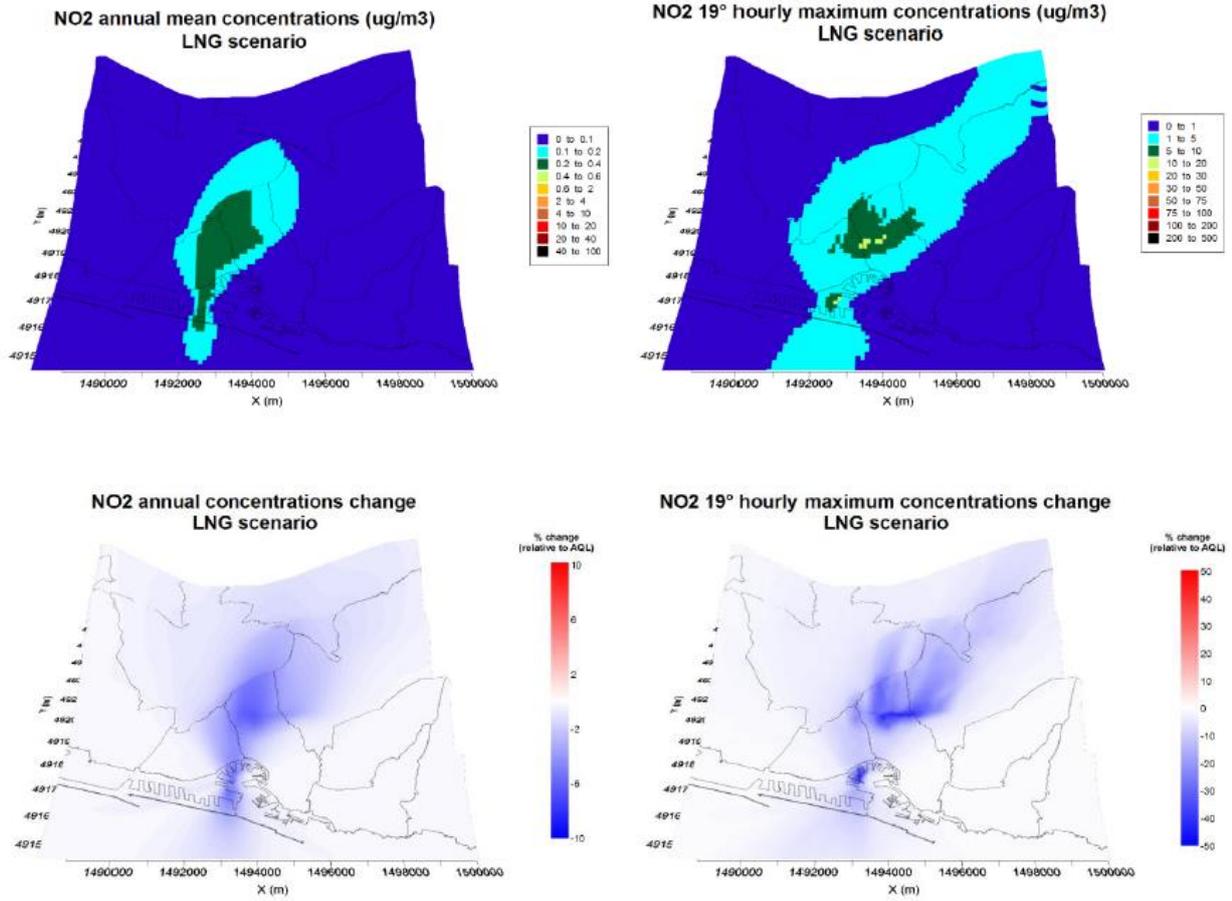


Figura 6 Progetto CAIMANs - A sinistra valori medi annuali per lo scenario GNL. A destra 19° massimo valore orario per lo scenario GNL.

## 2 Integrare gli aspetti ambientali nel lavoro partecipativo e di valutazione dell'accettabilità degli elementi di una rete di GNL

### 2.1 Elementi ambientali e di sicurezza di una rete di GNL Small Scale che incidono sull'accettabilità

L'accettabilità sociale di un'opera è direttamente connessa all'impatto che tale opera può avere sulla salute ed il benessere dell'uomo ed è valutabile in relazione agli impatti che un progetto può determinare sulle singole componenti ambientali. In base alle analisi descritte nei capitoli precedenti si desume che la componente ambientale che maggiormente incide sull'accettabilità sociale di un impianto Small Scale di GNL sia la **qualità dell'aria**. Come descritto precedentemente, l'impianto può determinare un aumento del traffico navale e terrestre con conseguenti maggiori emissioni di inquinanti atmosferici. Tuttavia, come analizzato ai paragrafi 1.1 e 1.3, tali impatti possono essere largamente compensati dai benefici ambientali dati dall'utilizzo del GNL nel trasporto marittimo e stradale, caratterizzato da minori emissioni inquinanti rispetto ai carburanti tradizionalmente utilizzati. Per migliorare l'accettabilità sociale è opportuno pertanto presentare alla cittadinanza i risultati delle analisi ambientali in cui siano comprensibili, da un lato, i maggiori impatti dati dall'installazione dell'impianto e, dall'altro, i benefici dati dall'utilizzo del combustibile alternativo. Chiaramente, affinché tale bilancio sia positivo, i benefici dati dall'utilizzo del GNL devono ricadere sulla popolazione effettivamente soggetta agli impatti negativi. Per assicurare ciò potrebbe essere opportuno vincolare e/o incentivare l'utilizzo di tale combustibile nelle aree circostanti l'impianto e più in generale nell'area portuale di riferimento, oppure prevedere altre misure compensative in ambito qualità dell'aria (per esempio permettere l'accesso solamente a navi dotate delle migliori tecnologie per l'abbattimento delle emissioni inquinanti). Per migliorare l'accettabilità sociale può essere utile anche accompagnare tali misure con un rafforzamento dell'attività di controllo delle emissioni ai camini delle navi, in modo che i cittadini siano rassicurati per quanto riguarda l'effettivo rispetto delle normative ambientali e degli ulteriori impegni volti alla riduzione degli impatti delle emissioni inquinanti sulla città.

Risultano inoltre di primaria importanza per ciò che concerne l'accettabilità sociale gli aspetti connessi alla **sicurezza dell'impianto e al suo rischio incidentale**. Ciò è collegato al fatto che il GNL, quando presente in quantità superiore alle 50 tonnellate, rientra tra le sostanze oggetto delle norme in materia di controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi a determinate sostanze pericolose. Appare tuttavia utile evidenziare che generalmente gli impianti small scale sono costituiti da stoccaggi di capacità inferiore a tale limite.

E' pertanto opportuno nelle attività preventive di comunicazione, informazione e partecipazione, concentrare l'attenzione sul tema del rischio incidentale nella catena logistica del GNL, fermo restando che il "track record" dell'incidentalità del GNL a livello globale, nei settori dove da anni è diffuso il trasporto e l'utilizzo del prodotto è di assoluto primato per la quasi totale assenza di eventi incidentali (studio DMA, North European LNG Infrastructure).

Il documento prodotto ha preso in considerazione le linee guida EMSA le quali hanno l'obiettivo di fornire un'indicazione sulle operazioni relative alla sicurezza legata alla gestione e al bunkeraggio del GNL al fine di promuoverne l'uso.

### 2.1.1 Concetti di sicurezza del GNL

La sicurezza nell'utilizzo del GNL dipende da aspetti diversi, dall'elemento tecnico a quello umano. La catena che consente il funzionamento sicuro e di successo del GNL come combustibile comprende le seguenti aree principali:

**NORMATIVA** Necessità di rispondere adeguatamente alle esigenze degli utenti e alle aspettative del settore attraverso regolamenti che promuovono il GNL come carburante per la navigazione. Tutto l'ambiente operativo deve soddisfare adeguate misure normative che promuovano la sicurezza e la competitività, consentendo condizioni di concorrenza eque.

**RISCHIO E SICUREZZA** La sicurezza del GNL dipende direttamente dalla comprensione degli aspetti di rischio. I principali argomenti trattati di seguito riguardano il rischio di esplosione in caso di perdite di gas, le temperature estremamente basse del carburante GNL, l'ubicazione e la disposizione dei sistemi di navi GNL, spazi pericolosi e personale inesperto.

**RENDICONTAZIONE DEGLI INCIDENTI** La segnalazione degli incidenti è un aspetto importante da tenere in considerazione, attraverso la segnalazione di quelli connessi al GNL è possibile migliorare sia la progettazione di apparecchiature e sistemi sia le procedure, l'accuratezza dei calcoli del rischio e sviluppare ulteriormente comportamenti orientati alla sicurezza.

**FORMAZIONE** L'elemento umano è un fattore importante per le operazioni con GNL, in particolare quando si tratta di una nuova applicazione come combustibile alternativo. Dal bunkeraggio alle procedure di emergenza, dalla manutenzione a bordo al funzionamento delle macchine, è molto importante che l'equipaggio di bordo e il personale portuale dispongano delle competenze necessarie per un funzionamento sicuro del GNL.

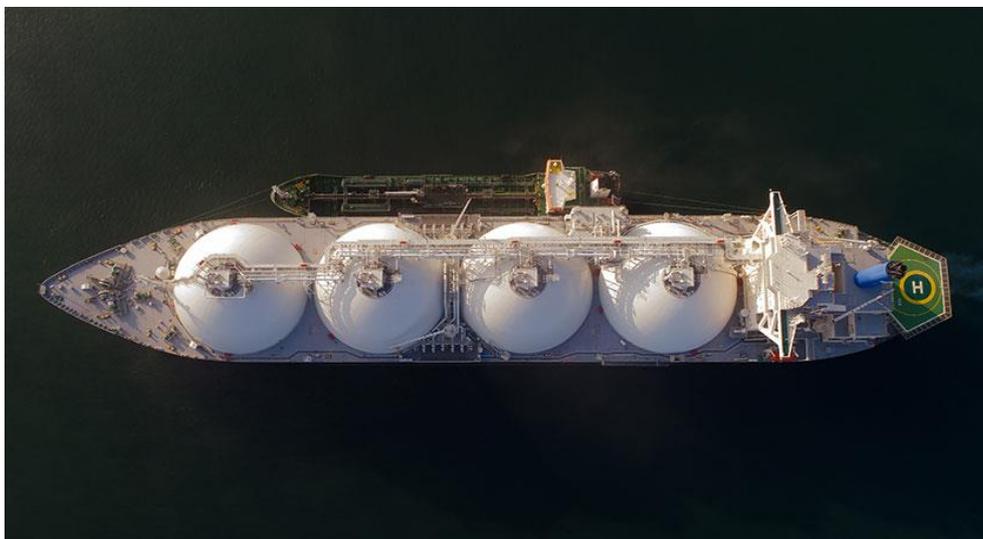


Figura 7 - Imbarcazione adibita al trasporto di GNL

Produzione, trasporto, distribuzione e bunkeraggio sono solo alcune delle possibili operazioni coinvolte nel ciclo di vita del GNL come combustibile, è quindi importante comprendere il comportamento del GNL quando viene pompato, spostato e, soprattutto, durante le operazioni di rifornimento.

In caso di rilascio accidentale, i vapori generati si comportano come una nuvola densa fino al momento in cui la temperatura della nube si innalza per mescolamento con l'aria. Se la fuoriuscita avviene all'aperto, il GNL vaporizza immediatamente, dando forma a una nuvola bianca di vapore freddo e una volta riscaldata

al di sopra dei  $-112^{\circ}\text{C}$ , i vapori possono disperdersi rapidamente in atmosfera, essendo più leggeri dell'aria. Se la fuoriuscita dovesse avvenire in un luogo chiuso, il gas evaporato potrebbe dare origine a un'atmosfera esplosiva (se il volume chiuso raggiunge la concentrazione del 5-15% di gas nell'aria). In caso di rilascio di GNL in acqua, si verificherà una trasformazione rapida di fase (RPT - Rapid Phase Transition) la quale non comporta alcuna combustione e non dà luogo a una detonazione. Le RPT sono generalmente localizzate all'interno o nelle immediate vicinanze della fuoriuscita, non provocano l'accensione ma possono essere potenzialmente dannose per la nave o l'attrezzatura, tuttavia, è improbabile che danneggino grandi elementi strutturali della nave, la quale dovrebbe avere un design che minimizzi gli spazi confinati massimizzando quelli aperti.

Il GNL non è né cancerogeno né tossico, ma è un asfissiante, che diluisce o sposta l'ossigeno contenuto nell'atmosfera e se vi si è esposti abbastanza a lungo porta alla morte per asfissia.

Dal momento che il gas naturale nella sua forma pura è incolore e inodore, gli spazi confinati devono essere soggetti a un'attenzione speciale. Il GNL viene normalmente immagazzinato ad una pressione compresa tra 1 e 10 bar, per cui le temperature di equilibrio sono comprese tra  $-160^{\circ}\text{C}$  e  $-120^{\circ}\text{C}$ . Al fine di ridurre al minimo i rischi, è fondamentale che il materiale utilizzato sia stato certificato per temperature criogeniche e che il sistema disponga della funzionalità integrata di riduzione della pressione. L'esposizione criogenica del personale provoca ustioni da gelo, mentre quella dell'acciaio al carbonio provoca infragilimento, che può portare a cedimenti strutturali. Il GNL, a seguito di fuoriuscite, può penetrare anche in spazi chiusi attraverso fratture dello scafo, portando alla potenziale formazione di sacche di miscela di gas esplosiva.

Durante la progettazione della nave, la decisione su dove collocare il serbatoio del combustibile GNL e gli impianti di trattamento, così come la disposizione dei condotti di ventilazione e delle tubazioni di GNL in generale, deve essere ben ponderata. L'isolamento di serbatoi pressurizzati e l'uso di barriere fisiche contribuiscono a ridurre il rischio di esplosioni. Ad esempio, nel caso in cui un serbatoio di GNL sia posizionato sotto il ponte, lo scafo della nave fungerà da barriera fisica.

L'inesperienza dell'equipaggio e del personale di terra può causare una gestione errata del GNL e quindi aumentare la probabilità che si verifichino incidenti pericolosi. Per evitarli, la pianificazione, la progettazione e il funzionamento/operatività dovrebbero concentrarsi sulla prevenzione del rilascio e del vapore di GNL. La filosofia di sicurezza deve coinvolgere l'intero sistema, dal rifornimento di gas ai consumatori e includere tutto, dalla funzionalità di spegnimento alla consapevolezza dell'equipaggio.

La Tabella 7, di seguito, indica il pericolo di incendio del GNL rispetto ad altri combustibili.

| Proprietà  | Petrolio<br>(100 ottani)             | Diesel  | Metano<br>(GNL) | Propano(LPG) |     |
|--|--------------------------------------|---------|-----------------|--------------|-----|
| <b>Punto di infiammabilità (<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b>       | <-40                                 | >62     |                 |              |     |
| <b>Infiammabilità in aria:</b>                                       | Minima concentrazione in<br>aria (%) | 1.4     | 0.6             | 4.5          | 2.1 |
|  | Massima concentrazione<br>in aria(%) | 7.6     | 7.5             | 16.5         | 9.5 |
| <b>Temperatura di autoaccensione (<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b> | 246-280                              | 250-300 | 537             | 480          |     |

Tabella 7 - Proprietà a rischio di incendio del GNL rispetto ad altri combustibili.

Di seguito approfondiremo quanto accennato sopra riguardo i principali fenomeni fisici di rilievo legati all'uso del GNL: infiammabilità, detonabilità, Roll-over, transizione rapida di fase (RPT), BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion), Boil-off, ecc.

Una nube di vapore di GNL è potenzialmente soggetta ad innesco quando la concentrazione è compresa tra i limiti di infiammabilità:

**LFL** (Lower Flammability Level - Limite Inferiore di Infiammabilità): 5% in volume

**UFL** (Upper Flammability Level - Limite Superiore di Infiammabilità): 15 % in volume

qualora dovesse incontrare una fonte di innesco entro tali limiti, incendiandosi da luogo a **flash-fire**; le fiamme si diffondono in tutta la massa che presenta una concentrazione di metano infiammabile, la combustione continuerà fino al consumo di tutto il gas. La durata del fenomeno è relativamente breve, ma stabilizzandosi può continuare fino a raggiungere la pozza originata dalla fuoriuscita accidentale, infatti nella nube di gas è presente solo la quota parte di GNL in forma di aerosol in continua evaporazione e miscelazione con l'aria, l'altra parte si deposita al suolo sotto forma liquida per poi dare origine ad un'intensa evaporazione. Il Flash-fire rappresenta quasi la totalità dei casi, ma si possono verificare anche **Jet-fire**, incendi di getti di vapore prodottisi a seguito di perdite in tubazioni o serbatoi pressurizzati. Il getto di GNL che fuoriesce in atmosfera evapora e si espande simultaneamente, miscelandosi con l'aria (dardi di fuoco). Si incorre nel pericolo di incendio solamente nel caso in cui il GNL fuoriuscito incontri una fonte di ignizione. In caso di accensione del getto di GNL, le fiamme ripercorreranno la scia di gas fino a raggiungere la sorgente della perdita.

Un'altra casistica vede il fenomeno del **pool-fire**, ovvero incendio di pozza o di recipienti in seguito a fuoriuscita accidentale di GNL. Se le fuoriuscite coinvolgono quantitativi rilevanti, lo scambio di calore con l'aria non è tale da permettere la completa evaporazione del GNL, di conseguenza una parte rimane in fase liquida e si accumula in pozze. Una volta che la combustione si aggiunge all'evaporazione, la pozza si ridurrà significativamente in tempi contenuti.

Un altro evento che può verificarsi è il **Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion** (esplosione di vapore dall'espansione del liquido in ebollizione) ovvero la rottura di lamiere di un serbatoio che, contemporaneamente sottoposte alla pressione interna del fluido e ad un riscaldamento, subiscono una riduzione della loro resistenza meccanica; i frammenti di lamiera sono spesso trasportati dall'urto a notevoli distanze. Il fluido rilasciato forma una sfera di gas infuocato (fireball) che dilatandosi ed elevandosi in aria irradia calore. Per quanto riguarda il BLEVE e la conseguente fireball si precisa che non è un evento determinato dal solo innesco di una perdita, ma perché abbia luogo, si deve verificare una concatenazione di cause.

L'esposizione al GNL liquido può causare il congelamento della pelle ed è lesivo per i tessuti, da qui l'espressione "ustione criogenica", tuttavia è difficile che l'esposizione a vapore di GNL a bassa temperatura causi danni ai tessuti perché la bassa densità e il basso trasferimento di calore dal vapore necessitano di un tempo di esposizione prolungato prima che si verifichi il danno. Pertanto, a meno che una persona non sia impossibilitata ad allontanarsi, l'esposizione a vapore freddo di GNL non dovrebbe essere pericolosa per la vita. Per quanto riguarda i possibili danni alle strutture dati dalle temperature estremamente basse, esse riguardano l'acciaio al carbonio e l'acciaio a bassa lega, che diventano fragili, non l'acciaio inossidabile. Questo infragilimento, combinato con le elevate tensioni indotte termicamente, provoca un collasso delle

normali strutture in acciaio quando entrano in contatto con il GNL. L'acciaio al carbonio standard per nave dovrà essere protetto e isolato da ogni possibile esposizione a una fuoriuscita di GNL.

In Tabella 8 sono elencate le principali caratteristiche che potrebbero originare un pericolo durante la gestione del GNL. Per una maggior comprensione degli aspetti legati al GNL si è deciso di confrontarlo anche con altri combustibili ampiamente diffusi, in modo anche da facilitarne la contestualizzazione.

| Tipo di pericolo                                | GNL   | GPL   | Benzina  | Gasolio  |
|---|---|---|--|--|
| <b>Tossicità</b>                                | No  | No  | Si   | Si   |
| <b>Cancerogeno</b>                              | No  | No  | Si   | Si   |
| <b>Infiammabile</b>                             | Si  | Si  | Si   | Si   |
| <b>Asfissiante</b>                              | Si, in ambienti confinati   | Si, come nel caso del GNL, ma la maggior densità favorisce l'accumulo | No (a meno che non si trovi in uno spazio confinato)                       | No (a meno che non si trovi in uno spazio confinato) |
| <b>Altri rischi per la salute umana</b>         | Le basse temperature  | NO  | Irritazione agli occhi, nausea, narcosi, altro                             | Simile alla benzina                                  |
| <b>Limiti di infiammabilità in aria (%)</b>     | 5 -15   | 2.1 -9.5  | 1.3 – 6  | N/A  |
| <b>Pressione di stoccaggio</b>                  | Ambiente, tranne in alcuni piccoli containers   | Pressurizzato   | Ambiente   | Ambiente   |
| <b>Comportamento in presenza di fuoriuscite</b> | Evapora formando nuvole visibili infiammabili che si disperdono rapidamente; evitare qualsiasi fonte di ignizione | Evapora formando nuvole di vapore esplosivo che aderisce al suolo     | Forma pozze infiammabili, sono richiesti interventi di bonifica ambientale | Sono richiesti interventi di bonifica ambientale;    |

Tabella 8 - Elenco di tipologie di pericolo legate al tipo di combustibile

Per quanto riguarda un eventuale **rilascio in ambiente acquatico**, poiché il GNL è soggetto, come tutti i gas liquefatti, a rapida evaporazione a pressione atmosferica e temperatura ambiente, non dà luogo ad inquinamento delle acque. In quest'ultimo caso può verificarsi anche una RPT, caratterizzato da un rapido cambiamento di fase di un liquido a vapore e può avvenire in generale quando due liquidi a temperature molto diverse tra loro vengono in contatto. Il liquido a temperatura minore subisce quindi una rapida ebollizione producendo vapore a velocità esplosiva. Sebbene non si verifichi una combustione, il fenomeno manifesta sia le tempistiche che la generazione di onde di pressioni tipiche di un'esplosione, infatti è un vero e proprio fenomeno esplosivo senza combustione.

Il fenomeno di **rollover** è una delle cause più realistiche di sovrappressione nei serbatoi; consiste in un 'ribaltamento' con conseguente miscelazione di due strati distinti di GNL in un medesimo serbatoio, si assiste alla formazione di due celle distinte e stabilmente stratificate all'interno delle quali la massa

volumica del liquido è uniforme, ma la cella inferiore è composta da un liquido avente massa volumica maggiore di quello della cella superiore. A seguito dell'ingresso di calore nel serbatoio e del trasferimento di calore e massa tra le due celle e dell'evaporazione del liquido, le celle si mischiano. Tale "ribaltamento" degli strati conduce a una portata di evaporazione elevata. Lo sviluppo di gas per evaporazione può quindi portare ad una *significativa sovrappressione* nel serbatoio. La stratificazione, può avvenire a causa di una sovrapposizione creata durante il riempimento del serbatoio: ciò può accadere se un serbatoio parzialmente pieno viene riempito con GNL meno denso di quello già presente. Si può invece escludere il caso di una "auto-stratificazione" di un quantitativo di GNL inizialmente omogeneo, che richiederebbe di mantenere il GNL nel serbatoio per parecchi mesi causando una evaporazione preferenziale dei componenti leggeri (Azoto) negli strati superficiali. Per ovviare al rollover è sufficiente, in fase di progettazione dei serbatoi, prevedere accorgimenti adeguati per il monitoraggio e prevenzione del fenomeno di sovrappressione.

Durante le operazioni di scarico delle metaniere, date le condizioni di pressione e temperatura leggermente diverse tra i serbatoi della nave ed il serbatoio di stoccaggio, si verifica un **aumento globale del volume delle evaporazioni** di GNL. Questo fenomeno può essere accentuato dai movimenti del sistema galleggiante in condizioni marittime sfavorevoli. Se nelle tubature utilizzate per l'alimentazione o in altri punti della linea di trasferimento, rimanesse del GNL intrappolato, non essendo più mantenuto a temperature sufficientemente basse, comincerebbe una transizione di fase con conseguente incremento della pressione locale. L'aumento di pressione può compromettere l'integrità della tubazione permettendo una fuoriuscita di GNL. Di conseguenza tubi e serbatoio devono essere dotati di valvole di sicurezza.

### 2.1.2 Pianificazione territoriale e metodologie per l'analisi dei rischi

Sono state identificate varie tecniche, metodologie e linee guida per l'analisi generale dei rischi di attività legate alle sostanze pericolose. Queste sono comunemente usate per determinare le distanze di sicurezza esterne tra le principali strutture industriali a rischio e l'uso del suolo circostante (ad esempio elementi vulnerabili come le zone residenziali), questo processo è noto come *Pianificazione dell'uso del suolo* (LUP). Gli approcci metodologici esistenti per la pianificazione dell'uso del suolo nei paesi europei sono suddivise in quattro categorie:

- l'approccio basato sulle conseguenze di incidenti reali o ipotizzabili: si calcola la distanza tra il punto dell'incidente e dove si hanno ricadute degli impatti fisici, viene poi definita la zona di sicurezza esterna in base alla quale viene applicata la restrizione LUP, è utilizzato in Lussemburgo e in Austria;
- l'approccio deterministico con giudizio implicito di rischio, in cui vengono utilizzate delle distanze di separazione "generiche" generalmente derivati dal giudizio di esperti, inclusa la considerazione della dati storici o esperienza di funzionamento di impianti simili, questo approccio è stato istituito e utilizzato in Germania;
- l'approccio basato sul rischio (ovvero QRA), in cui si definisce il rischio come una combinazione delle conseguenze derivate da una serie di possibili incidenti e dalla probabilità degli incidenti. I risultati sono rappresentati come rischio individuale e/o rischio sociale. I criteri LUP si basano su criteri di accettabilità specifici rispetto al rischio calcolato. Questo approccio è seguito nel Regno Unito, in Belgio (Fiandre) e in Olanda;

- L'approccio ibrido, vengono combinati rischi e approcci basati sulle conseguenze, sono stati sviluppati e ampiamente utilizzati in Francia e in Italia. Con questi metodi, uno degli elementi (di solito la frequenza) viene valutata in modo più qualitativo, ovvero utilizzando classi anziché cifre continue, un tipico esempio è l'uso di una matrice di rischio.

Gli approcci sopra descritti spesso richiedono l'uso di strumenti di rischio e sono necessari criteri di soglia (di rischio) per determinare l'estensione della sicurezza esterna zona in LUP.

### 2.1.3 La metodologia QRA

La **valutazione quantitativa del rischio** può fornire informazioni sui rischi per la vita umana oltre a considerare la probabilità che si verifichino, calcolando i potenziali effetti pericolosi di una varietà di scenari associati al funzionamento di un impianto o attività con materiali pericolosi.

Si esegue un'identificazione dei pericoli **HAZID**<sup>4</sup> per attività di GNL, utilizzando strumenti di modellazione delle conseguenze, in grado di determinare gli effetti risultanti e il loro impatto su personale, attrezzature e strutture. Questi strumenti sono normalmente validati da dati sperimentali adeguati alla dimensione e alle condizioni del pericolo da valutare, inoltre è necessario stimare la frequenza con cui possono verificarsi eventi pericolosi. Le tecniche e gli strumenti disponibili per la valutazione della frequenza sono l'analisi dei dati storici relativi agli incidenti, l'analisi dell'albero dei guasti e degli eventi, l'uso di simulazioni; la tecnica selezionata dipenderà dalla disponibilità di dati storici e statistiche.

La fase successiva è volta a introdurre criteri per indicare se i rischi sono "accettabile", "tollerabile" o "trascurabile". Al fine di rendere accettabili i rischi, può essere necessario adottare misure di riduzione del rischio; l'analisi delle misure di mitigazione e del loro impatto sul rischio calcolato può essere effettuata anche per dimostrare che il rischio residuo è 'tanto basso quanto ragionevolmente accettabile' cioè il più basso praticabile (**ALARP**).<sup>5</sup> Affinché un rischio sia ALARP, deve essere possibile dimostrare che i costi associati alla riduzione del rischio sarebbero notevolmente sproporzionati rispetto al vantaggio ottenuto.

E' importante applicare l'analisi qualitativa di rischio (QRA) quando il bunkeraggio non è di tipo standard (PTS, TTS o STS, nella configurazione standard semplice, come definito nelle ISO/TS 18683), quando la progettazione e le disposizioni sono diverse dalle linee guida internazionali (le ISO/TS 18683 o la IACS Rec.142), qualora vi siano operazioni simultanee (SIMOPS) che sono state progettate per essere attuate insieme al rifornimento di GNL, se si ha la presenza di altri soggetti nell'area e qualora vi siano elementi di automazione introdotti per ridurre significativamente l'intervento umano nelle operazioni. La QRA si applica anche quando si intende ridimensionare la zona di sicurezza, sulla base di dati relativi alle conseguenze per il sito specifico di rifornimento di GNL.

E' di fondamentale rilievo eseguire uno studio attento del progetto, in particolare la descrizione e il layout dell'installazione del bunkeraggio, includendo le tavole progettuali, le descrizioni di tutti i sistemi, le procedure di funzionamento e i loro limiti, tutti gli elementi tecnologici previsti per il controllo di sicurezza

<sup>4</sup> Lo studio HAZID è uno strumento per l'identificazione dei pericoli, utilizzato all'inizio di un progetto non appena sono disponibili i diagrammi di flusso del processo, i bilanci del calore di progetto e dei materiali e i layout dei diagrammi. Sono inoltre necessari i dati infrastrutturali, meteorologici e geotecnici esistenti del sito, che sono fonte di pericoli esterni. Il metodo è uno strumento di progettazione che agisce per aiutare ad organizzare i risultati HSE in un progetto.

La tecnica di brainstorming strutturato coinvolge tipicamente le discipline ingegneristiche dei progettisti e del personale del cliente, la gestione del progetto, la messa in servizio e le operazioni. I principali risultati principali e le classificazioni di rischio aiutano a garantire la conformità HSE e fanno parte del Registro dei rischi del progetto richiesto da molte autorità competenti in materia di licenze.

<sup>5</sup> Il principio ALARP è che il rischio residuo deve essere ridotto per quanto ragionevolmente possibile.



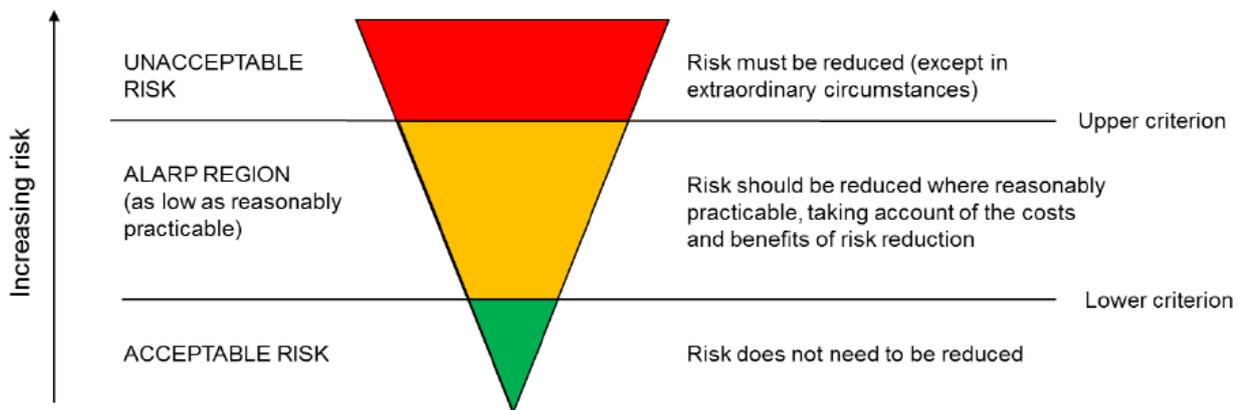


Figura 9 - Generico inquadramento per i criteri di rischio a 3 bande

La tipologia di criteri applicati dipenderà dal tipo di approccio metodologico prescritto dallo stato membro UE, ma in generale si distinguono *criteri basati sulle conseguenze* e *criteri basati sui rischi*.

Per gli approcci basati sulle conseguenze l'effetto "danno" nella LUP è associato al tasso di mortalità al verificarsi di lesioni gravi o moderate. I criteri basati sul rischio sono espressi in rischi **individuali** o **collettivi/sociali**, la differenza tra le due espressioni è che il primo viene utilizzato per mostrare la distribuzione geografica del rischio, mentre il rischio collettivo/sociale valuta a quale livello le aree ad alta densità di popolazione sono esposte al rischio. Ai fini della pianificazione territoriale, il Rischio Individuale Specifico di Localizzazione (LSIR) è spesso utilizzato per determinare le distanze esterne di sicurezza da oggetti vulnerabili e in alcuni paesi si dovrebbe anche dimostrare che il rischio sociale soddisfa i criteri legali. I criteri basati sui rischi non possono essere considerati da soli.

Il **rischio individuale** (IR): rappresenta il rischio di morte per un individuo che è presente in un particolare luogo, in modo continuativo tutto l'anno (es 24 ore al giorno, 7 giorni a settimana) senza indossare dispositivi di protezione. Il rischio individuale è la frequenza con cui ci si può aspettare che un individuo sostenga un determinato livello di danno derivante dalla realizzazione di pericoli specifici, viene interpretato come un incidente ogni X numero di anni e si riferisce spesso al rischio di morte. Di seguito sono dati degli esempi su come interpretare il rischio individuale:

- $1 \times 10^{-3}$  per anno è equivalente ad un incidente ogni 1000 anni
- $1 \times 10^{-4}$  per anno è equivalente ad un incidente ogni 10.000 anni
- $1 \times 10^{-6}$  per anno è equivalente ad un incidente ogni 1.000.000 anni

Questi livelli di rischio predicono che un incidente potrebbe avvenire in questo intervallo di tempo, l'incidente potrebbe verificarsi domani o in qualche momento durante i prossimi 1000 anni.

Il **rischio collettivo/sociale** (SR) è definito come la frequenza per anno per cui un gruppo di persone perisca contemporaneamente come risultato di un incidente. Il rischio collettivo è rappresentato da una curva FN, che è un grafico logaritmico: l'asse delle x rappresenta il numero di decessi e quello delle y la frequenza cumulata degli incidenti, con numero di decessi pari o superiore a N.

Quando un numero significativo di persone sono esposte alle operazioni di bunkeraggio dovrebbero essere analizzati entrambi i criteri. È importante notare che i criteri sono tipicamente espressi per base annuale (cioè per anno), ma per i pericoli che sono presenti per un periodo di tempo relativamente breve i criteri annui possono non essere appropriati, questo perché il rischio non è distribuito uniformemente su tutto

l'anno, ma ha picchi intermittenti. In conclusione i criteri annui possono non essere appropriati per un pericolo che, come nel caso del rifornimento di GNL, è poco frequente e si verifica in una parte molto limitata dell'anno.

Tabella 9 include una lista di casi possibili nei quali le prescrizioni fornite nelle ISO/TS 18683 potrebbero non essere sufficienti per la valutazione dei rischi e la progettazione con misure adeguate di mitigazione dei rischi (dove il QualRA non è più sufficiente da solo).

| Metodologia       | Volume tipico (V) e velocità di rifornimento (Q)                                  | Possibili situazioni dove gli scenari di rifornimento standard di GNL richiedono più del minimo del quadro di analisi qualitativa del rischio (come descritto dalla ISO/TS18683) (casi in cui i modelli standard di bunkeraggio richiedono ulteriori approfondimenti nel QRA, oltre ai requisiti minimi ISO)  |
|-------------------|---|---|
| Truck-to-ship TTS | V $\approx$ 50-100m <sup>3</sup><br>Q $\approx$ 40-60 m <sup>3</sup> /h           | <p>Combinazione di autocarri multi-LNG in modalità di rifornimento TTS tramite collettore comune;</p> <p>Velocità di rifornimento maggiore di quella media (vedere i valori riportati nella cella a sinistra);</p> <p>Usare tecnologie automatiche o semi-automatiche per la gestione delle tubature flessibili;</p> <p>Operazioni di rifornimento di carburante GNL in modalità TTS, ogni volta che il camion non presidiato (cioè autocarro autonomo che fornisce GNL durante l'intera permanenza della nave all'ormeggio);</p> <p>Nei casi in cui le soglie dei criteri quantitativi di rischio sono imposti dalle PA;</p> <p>In tutti i casi in cui le procedure di spurgo e di inertizzazione sono oggetto di considerazioni particolari, come la richiesta di esenzione dell'inertizzazione sulla base di qualsiasi tecnologia di controllo speciale.</p> |
| Ship-to-ship- STS | V $\approx$ 100 – 6500 m <sup>3</sup><br>Q $\approx$ 500 – 1000 m <sup>3</sup> /h | <p>Quando l'analisi di rischi naturali identifica una particolare situazione critica;</p> <p>Una velocità di rifornimento maggiore delle media;</p> <p>Casi di chiatte da bunker senza autopropulsione, utilizzando rimorchiatori per le manovre e la propulsione;</p> <p>Nei casi in cui la soglia dei criteri quantitativi di rischio è imposta dalle PPAA;</p> <p>In tutti i casi in cui le procedure di spurgo e di inertizzazione sono oggetto di considerazioni particolari, come la richiesta di esenzione dell'inertizzazione sulla base di qualsiasi tecnologia di controllo speciale.</p> <p>Ogni volta che la gestione del BOG e il ritorno dei vapori non sono presenti/attivi.</p>   |
| Terminal (porto)- | V $\approx$ 500 – 20000 m <sup>3</sup>  | QRA raccomandato per tutte le situazioni di PTS, al fine di affrontare adeguatamente gli elementi di stoccaggio del GNL e la  |

|             |   |   |
|-------------|---|---|
| to-ship-PTS | Q $\approx$ 1000 – 2000 m <sup>3</sup> /h | rotta delle condotte di distribuzione all'interno dell'area portuale.<br>Velocità di rifornimento maggiore di quella media (vedere i valori riportati nella cella a sx);<br>Nei casi in cui la soglia dei criteri quantitativi di rischio è imposta dalle PA;<br>In tutti i casi in cui le procedure di spurgo e di inertizzazione sono oggetto di considerazioni particolari, come la richiesta di esenzione dell'inertizzazione sulla base di qualsiasi tecnologia di controllo speciale;<br>Ogni volta che la gestione del BOG e il ritorno dei vapori non sono presenti/attivi. |
|-------------|---|---|

Tabella 9 - Scenari standard di bunkeraggio GNL - specifiche situazioni nelle quali deve essere previsto un livello superiore rispetto al livello minimo di QualRA

#### 2.1.4 Scenari di incidenti

##### *Elementi esterni che potrebbero interferire con il normale funzionamento delle strutture legate alla gestione del GNL e possibili conseguenze*

In questa parte del report si procederà a individuare le principali forzanti esterne al sistema di bunkeraggio che potrebbero causare danni o aumentare le probabilità di rischio legate alle piattaforme off-shore (ad esempio un'unità galleggiante di stoccaggio e rigassificazione – FSRU. Submerged turret loading system-) e al trasporto marittimo. Viene inoltre fatto un focus sui potenziali scenari di incidenti ..

##### *Rischi connessi alle interazioni con altre infrastrutture*

Per quanto riguarda i rischi connessi al traffico aereo l'impianto verrà segnalato alle autorità dell'aviazione civile e sarà dotato della segnaletica specifica per prevenire qualunque rischio di collisione, tenendo presente che non è consentito il passaggio di grandi navi nel cono aereo.

Nel caso si considerasse una struttura galleggiante, il **traffico marittimo di merce pericolosa** può essere all'origine di diversi rischi, a seconda della natura e del carattere dei prodotti trasportati: ad esempio infiammabile, esplosivo, tossico, etc. Nello specifico i rischi principali si possono suddividere in funzione di ciò che comporta un incidente:

- **Nube in movimento.** In caso di incidente che comporti la formazione di una nube infiammabile o tossica in movimento verso la nave FSRU, in questo caso le misure da adottare dovranno essere definite dal Piano di Emergenza del Terminale.
- **Chiazza in movimento.** Il rischio collegato alla presenza di una chiazza di sostanza pericolosa è il pompaggio di prodotti infiammabili, tossici o corrosivi, dalle pompe acqua di rigassificazione e dalle pompe antincendio. La presa d'acqua si trova sotto il livello del mare, ciò limita il rischio in caso di pozza di liquido galleggiante.

I rischi connessi invece al **traffico marittimo di merci non pericolose** sono riconducibili a collisioni con navi appartenenti alla rete di gestione del GNL o la collisione con navi incrocianti nelle vicinanze (la cui presenza non è connessa al terminale di GNL):

- Collisione da parte di navi non connesse alla gestione del terminale: l'urto da parte di una nave di grandi dimensioni può accadere in seguito ad un errore di navigazione o ad una avaria grave. Il

rischio in caso di urto è una perdita di contenimento. La probabilità di rilascio di GNL a seguito di collisione può essere ritenuta trascurabile, per i seguenti motivi:

- Le navi metaniere sono dotate di doppio scafo, con intercapedini elevate che proteggono i serbatoi in caso di urto.
- Studi specifici hanno mostrato che, per colpire e danneggiare i serbatoi, l'energia di impatto deve essere elevata e l'angolo d'impatto deve essere vicino ai 90°. Questo caso è poco probabile, in particolare negli scenari di collisione in seguito ad un errore di navigazione.
- Urti con navi metaniere all'accosto dell'area di stoccaggio o con navi FSRU possono avvenire a bassa velocità, con energie non sufficienti a causare danno allo scafo.

Considerando questi elementi, la probabilità di rilascio da collisione è da ritenersi trascurabile. Adeguate misure di sicurezza (prevenzione e protezione) sono adottate per evitare ogni rischio di collisione o limitare la gravità delle conseguenze in caso di urto.

- Impatto con navi connesse alla gestione del terminale nel caso di nave FSRU: i rischi principali sono l'urto durante la fase finale di approdo della metaniera o di una nave di rifornimento. L'urto può essere causato dalla deriva della nave in accosto o della nave FSRU. Le cause possibili d'interazione metaniera – nave sono:
  - Manovra errata (stima sbagliata delle condizioni di accosto, errore di comunicazione tra pilota e comandante etc);
  - Perdita di propulsione in condizioni meteorologiche avverse durante la fase finale di accosto;
  - Avaria al timone;
  - Errata accensione dei propulsori della nave FSRU;
  - Distacco del sistema a torretta;
  - Rottura degli ormeggi.

La nave FSRU è provvista di protezioni per attutire gli urti provenienti dalla metaniera nella fase di accosto. Le condizioni limite di accosto sono ben definite e note al personale di entrambe le navi. Le metaniere accostano con velocità ridotta e angolo adeguato. Data la loro concezione (doppio scafo, intercapedini elevate), le navi FSRU sono meno vulnerabili di altre installazioni Offshore in caso di urto. L'esperienza internazionale dimostra che nel caso di incidenti con metaniera, il carico di GNL non è mai stato rilasciato. Considerando quanto sopra, un urto con la nave FSRU da parte di navi di rifornimento o di una metaniera in fase di approdo potrebbe causare soli danni materiali o, nel caso più sfavorevole, una entrata d'acqua nell'intercapedine. I serbatoi GNL non sarebbero in nessun caso danneggiati. Questo rischio perciò può non essere considerato negli scenari accidentali.

### *Rischi connessi ad eventuali sabotaggi*

Eventuali ipotesi di sabotaggio dal cielo:

- aereo che si infrange su un serbatoio,
- aereo che colpisce con bomba il terminale,
- missile che perfora il serbatoio,
- dal mare: nave che sperona il terminale,

- esplosione sulla fiancata della nave causata da collisione con imbarcazione contenente esplosivo,
- siluro contro il terminale,
- danneggiamento condotta sottomarina,
- ecc.

Come già detto in precedenza il gas esplose solo se miscelato con aria (5% - 15%) e in presenza di confinamento. I serbatoi della nave che contengono GNL e i suoi vapori sono a pressione pressoché atmosferica. In particolare, in caso di attacco con esplosivo si avrà rilascio ed evaporazione con incendio, mentre l'esplosione del contenuto non è fisicamente possibile.

### *Conseguenze connesse a possibili cause naturali*

Di seguito vengono illustrati i rischi legati a cause naturali che potrebbero interferire con il normale funzionamento delle strutture per la gestione del GNL e causare perdite di confinamento. Le forzanti naturali sono divise per tipologia.

### *Igrometria e temperature estreme*

Rischi: degradazione o danneggiamento dei materiali esposti alle variazioni meteorologiche. Le apparecchiature criogeniche sono coibentate, lo spessore del coibentante viene progettato per evitare la formazione di ghiaccio e viene protetto dalle penetrazioni di umidità, allo scopo di evitare la sua degradazione. Questo rischio non si ritiene possa dare seguito ad una perdita di confinamento.

### *Fulmini*

I rischi connessi a fulmini sono: perturbazioni elettromagnetiche, innesco di una nube di gas e danneggiamento degli impianti, in particolare perforazione delle linee. Il fulmine può essere considerato fonte d'innesco e causa di perdite di piccola entità nelle linee.

### *Allagamento di piattaforme offshore*

Per quanto riguarda le sole piattaforma off-shore, le onde forti possono causare l'allagamento del ponte della nave FSRU. Il rischio principale connesso all'arrivo di una grande quantità di acqua sulla struttura galleggiante è l'inondazione del castello oppure il degrado degli impianti sul ponte. Per far fronte a questo problema sono previsti mezzi di pompaggio adeguati.

### *Venti forti*

Il rischio è rappresentato dalla possibile caduta di oggetti sugli impianti, in grado di provocare delle perdite di confinamento. Uno scenario di incidente possibile è la perdita di confinamento su una linea o la rottura di un braccio di carico in seguito alla caduta di oggetti provocata da venti forti.

Effetti sulle strutture galleggianti: per impianti a doppio scafo, i danni causati allo scafo, in caso di mareggiate anche forti, sono lievi. poiché può essere danneggiato a causa della mareggiata solo lo scafo esterno. La nave ormeggiata è inoltre poco esposta a questo rischio. Si tratta in definitiva di un rischio possibile ma ben noto nel mondo marittimo, preso in considerazione fin dalla progettazione della struttura con delle regole di dimensionamento adatte. Lo stress causato dalla mareggiata non provoca nessun rischio per la sicurezza e può causare soli danni materiali. Nei casi più sfavorevoli la conseguenza può essere un'interruzione temporanea dell'invio di gas a terra.

Rischi specifici per FSRU: i rischi identificati sono urto dei sistemi galleggianti, pericoli connessi a rottura dei bracci di carico, caduta di un braccio connessa a venti violenti. La rottura del sistema di trasferimento può essere provocata da movimenti incontrollati delle due strutture galleggianti. La frequenza relativa di ogni unità comporta degli sforzi elevati sul braccio, nel caso che il sistema di scollegamento non abbia funzionato. La rottura di un braccio è un evento altamente improbabile nelle condizioni operative di un terminale metaniero, considerando le misure di progetto ed i sistemi di sicurezza esistenti. Lo scenario di rottura di un braccio è stato analizzato come scenario accidentale.

### *Sismi*

Il rischio principale è connesso alle installazioni fisse, si ritiene pertanto necessario procedere ad uno studio sismologico dettagliato della zona prima dell'installazione di un impianto di bunkeraggio di GNL. In caso di terminale galleggiante, il terminale non è soggetto a carichi sismici, quindi tale scenario non si ritiene possa dare seguito ad una perdita di confinamento.

### *Ambiente salino*

Corrosione nel caso di impianto off-shore: Il rischio connesso all'ambiente salino è la perdita delle caratteristiche meccaniche dello scafo e delle superstrutture in acciaio. L'esperienza storica mostra che la corrosione può provocare dei danni lievi sullo scafo esterno. Tali danni possono essere presenti solo sullo scafo esterno, poiché la struttura è a doppio scafo. La corrosione dello scafo non causa nessun rischio per la sicurezza ma è in grado di provocare un'interruzione temporanea dell'invio di gas a terra nei casi più sfavorevoli. Il rischio principale per le linee connesso alla corrosione dovuto all'ambiente salino è il manifestarsi di piccole perdite sulle linee di GNL. Questo rischio viene ritenuto evento iniziatore <sup>6</sup> di una perdita di confinamento su linea.

#### **2.1.5 Scenari di eventi incidentali**

Di seguito è riportata una breve descrizione dei principali eventi incidentali che potrebbero verificarsi durante i processi legati alla gestione del GNL. In questa parte del documento si procede ad un'analisi più strettamente circoscritta all'impianto o alle strutture, prescindendo dalle possibili cause che hanno comportato il verificarsi dell'evento di danno.

#### *Rilascio in mare di GNL per rottura accidentale di braccio meccanico di alimentazione (braccio di scarico)*

Quando il GNL viene trasferito dalla nave alla tubazione per raggiungere infine il serbatoio di stoccaggio, il braccio di scarico potrebbe rilasciare in mare parte del contenuto a causa di una rottura degli snodi, riconducibile o a un errore durante la procedura di raffreddamento dei bracci (necessaria prima della fase di scarico) o per una mancanza di azoto agli snodi stessi per via di un malfunzionamento delle valvole di regolazione o per la rottura del flessibile. In caso di rilascio si dovrebbe prevedere l'attivazione del **sistema di sgancio rapido** del braccio con contemporanea chiusura delle valvole di intercettazione sia lato pontile che lato mare e arresto della pompa adibita allo scarico del GNL dalle metaniere.

#### *Rottura tetto dei serbatoi di GNL a causa di OVERFILLING*

---

<sup>6</sup> [Definizione tratta dal D.M. 28/10/2005] - Evento che pone inizio ad una catena incidentale.

[Definizione tratta dal D.lgs. 5/10/2006] - Accadimento all'origine di una catena di eventi successivi che determinano nel loro complesso uno scenario di pericolo caratterizzato da una specifica distribuzione di conseguenze che identificano il danno ad esso associato. L'evento critico iniziatore è caratterizzato in termini di probabilità di accadimento e pericolosità potenziale sulla base di evidenze statistiche.

Durante il trasferimento del GNL (sia tra due serbatoi che durante lo scarico dalle navi), la parte alta del serbatoio si potrebbe rompere causando delle fuoriuscite. Per tale ragione i **serbatoi** dovrebbero essere dotati di **sistemi di allarme** che comunicano direttamente con la sala di controllo dell'impianto che in caso di 'troppo pieno' si attivano, con conseguente blocco delle valvole di adduzione ai serbatoi stessi. In contemporanea si deve prevedere una valvola automatica che permetta la deviazione del flusso proveniente dalla linea di riempimento verso il serbatoio con livello minore.

### *Rottura tetto dei serbatoi di GNL a causa di Roll-Over*

Come già illustrato precedentemente tale fenomeno avviene quando si presentano le condizioni per una stratificazione a causa delle diverse densità di GNL: nel momento in cui questi strati dovessero miscelarsi si avrebbe la produzione in tempi brevissimi di tutto il vapore di boil-off con conseguente pressurizzazione del serbatoio di stoccaggio ed eventuale cedimento delle strutture. Per tale ragione dovrebbe essere allestito un **sistema di rivelazione di densità**.

### *Rilascio GNL da una linea del serbatoio*

La rottura della tubazione di una linea del serbatoio non è dovuta ad un'anomalia di processo. E' stato inserito all'interno dei possibili incidenti in quanto la normativa NFPA 59A lo indica come incidente di riferimento. La sua frequenza di accadimento non è stata quantificata, ma è da ritenersi ragionevolmente limitata in base ai materiali utilizzati.

### *Danni al compressore del Boil-off-gas*

Questo evento può verificarsi durante le operazioni di scarico del GNL da nave quando il compressore è in marcia per l'invio dei vapori di boil-off alla colonna. Eventuali danni alla colonna si possono avere per alta pressione in corrispondenza della mandata del compressore; per evitare ciò è previsto il montaggio di **valvole di sicurezza** sulla line di mandata ed un sistema di blocco del compressore stesso.

### *Formazione di una miscela esplosiva in camera di combustione evaporatori*

La formazione di una miscela esplosiva all'interno degli evaporatori si ha in seguito alla perdita di fiamma nei bruciatori e al mancato intervento dei sistemi di blocco; per la protezione da questo tipo di incidente è previsto il blocco del fuel gas ai bruciatori e del GNL al serpentino in base al comando dei rilevatori di fiamma e degli analizzatori dei fumi al camino.

### *Rottura delle tenute o dello spurgo sulla mandata delle pompe ad alta pressione*

Tale situazione si verifica in due condizioni di rilascio: rottura delle tenute della pompa e rottura di uno spurgo dotato di valvola sulla mandata della pompa. L'intervento di esplosimetri previsti in zona pompe attiva il sistema di blocco ed intercetta l'aspirazione e la mandata delle pompe.

### *Rottura delle parti deboli della colonna*

Le condizioni di rottura si possono avere per due cause: rottura delle parti deboli della colonna per allagamento della colonna stessa e mancato sfiato del liquido, rottura delle parti deboli della colonna per allagamento della stessa per chiusura della linea al vaporizzatore e al mancato intervento di blocchi. Nel secondo caso la frequenza di accadimento è molto più bassa del primo caso e diventa remota nel caso in cui più di un vaporizzatore risulti in funzione.

### *Fuoriuscita di GNL dalla testa della colonna*

Questo evento si riferisce al caso di fuoriuscita di GNL dalla testa della colonna a seguito del suo allagamento causato dalla chiusura di una delle due valvole poste sulla linea di uscita del GNL dal fondo della colonna. Condizioni di alto livello sono protette da due interruttori uno di alto e uno di altissimo livello che, attivando il blocco chiudono le valvole di ingresso al GNL in colonna e contemporaneamente fermano le pompe di alimentazione della colonna.

### *Rottura del tubo gassificatore*

Questo evento si riferisce alla rottura della linea GNL nell'evaporatore sia per cause di tipo accidentale che per sovrappressione. Condizioni di alta pressione all'interno della linea GNL nell'evaporatore sono dovute alla mancata apertura della valvola sulla linea a valle dell'evaporatore quando viene messo attivato. Per la protezione da questo tipo di incidente si attiva un **blocco dell'unità** di evaporazione chiudendo la linea in ingresso, inoltre va inserita una valvola di sicurezza che protegge l'intera apparecchiatura.

#### **2.1.6 Buone pratiche per la valutazione del rischio legate agli impianti di GNL nei porti**

Il principale obiettivo di questa sintesi è fornire, soprattutto alle PA, buone pratiche per la valutazione del rischio, in linea con tutti gli aspetti citati nei capitoli precedenti. L'approccio si concentra essenzialmente sugli aspetti procedurali, sull'interpretazione dei rapporti di Risk Assessment e su come assicurare e valutare al meglio la necessaria indipendenza nelle attività di Risk Assessment.

Sono disponibili diverse metodologie di analisi di rischio che possono essere utilizzate per valutare i rischi per la sicurezza dei progetti di bunkeraggio del GNL. È opportuno che le tutte le diverse metodologie comprendano gli elementi seguenti:

- a. adeguata descrizione delle basi di studio
- b. descrizione dei sistemi e definizione delle procedure operazionali
- c. HAZID (identificazione del team, dettagli sul workshop HAZID, esercizio di classificazione dei rischi con le relative matrici di rischio, giustificazione dei criteri di screening dei rischi e individuazione degli scenari più critici)
- d. tutti gli scenari di pericolo discussi dovrebbero essere analizzati con la matrice dei rischi, con chiara indicazione di ALARP e degli scenari più critici.
- e. identificazione delle possibili misure di mitigazione per affrontare tutti gli scenari più critici.
- f. identificazione delle zone di sicurezze
- g. individuazione del software usato per la modellizzazione e analisi (modellizzazione degli effetti, calcolo delle probabilità o del rischio)
- h. report contenente tutti gli elementi minimi elencati

I criteri di rischio definiti accettabili dovrebbero essere concordati tra gli operatori e le PA, laddove non fossero disponibili delle indicazioni ufficiali derivanti da legislazione nazionale le PA dovrebbero concordare criteri di accettazione del rischio per la Risk Assessment prevista. La validazione dei criteri di accettazione del rischio da parte delle PA dovrebbe avvenire precedentemente al workshop HAZID.

La decisione di sviluppare un QualRA o un QRA per valutare i rischi per la sicurezza di un progetto di bunkeraggio del GNL non dovrebbe essere solo soggetta alle prescrizioni da parte della PA e/o delle autorità competenti responsabili dell'autorizzazione, ma dovrebbe anche riflettere le caratteristiche specifiche del progetto.

Le PA dovrebbero promuovere la formazione di personale sulle metodologie di analisi del rischio, permettendo non solo una partecipazione più attiva delle stesse PA attraverso i suoi esperti nei workshop HAZIP o HAZOP, dove le PA sono parte interessata, ma anche per garantire un'adeguata revisione e approvazione del Risk Assessment.

I criteri di approvazione e le raccomandazioni fornite dalle PA sui requisiti per l'analisi di rischio dovrebbero essere consultabili dagli Operatori molto in anticipo rispetto all'inizio delle procedure di risk assessment. Le PA dovrebbero informarsi presso gli operatori e gli analisti del rischio sui principali aspetti alla base dello studio di valutazione del rischio, che hanno l'obiettivo di:

- soddisfare i requisiti normativi e i criteri di rischio pertinenti
- supportare le decisioni progettuali
- sviluppare e implementare il livello di sicurezza nelle operazioni di rifornimento del GNL

Anche il coinvolgimento delle Autorità Portuali in questi studi è un elemento importante, non solo attraverso la partecipazione attiva negli incontri di HAZID ma anche nella definizione di possibili scenari di pericolo, per fornire informazioni di dettaglio li, e gli altri elementi di rilievo.

Tutti coloro che sono coinvolti negli studi e nella valutazione dei rischi sono interessati alla migliore garanzia di sicurezza, all'identificazione degli scenari critici pericolosi e alla loro adeguata mitigazione con misure costo-efficaci. E' importante notare, che tutte le parti coinvolte, oltre all'interesse della sicurezza, hanno un interesse economico nello sviluppo delle operazioni di bunkeraggio del GNL, in quanto servizio portuale rilevante, pertanto le PA devono sviluppare ed implementare i meccanismi necessari e le richieste atte a garantire la trasparenza ed evitare possibili conflitti di interesse nella stesura dell'analisi di rischio.

L'indipendenza e la trasparenza negli studi di analisi del rischio dovrebbero essere assicurati durante tutto il processo. Di seguito riportiamo alcune raccomandazioni che potrebbero aiutare nel raggiungere tale obiettivo:

- richiedere che gli studi di valutazione del rischio siano sviluppati da professionisti indipendenti nel campo del rischio e della sicurezza del GNL, con esperienza riconosciuta e dimostrata.
- utilizzare criteri di rischio che sono stati tratti dal quadro legislativo esistente a livello nazionale o, in alternativa, che sono stati importati da una guida esistente pubblicata, altri criteri di rischio nazionali, orientamenti industriali o standard
- garantire che tutte le ipotesi e i limiti siano presi in considerazione nella relazione sulla valutazione dei rischi.

## 2.2 Valutazione economica del livello di rischio

### 2.2.1 Accettabilità sociale e impatto ambientale

Nella sua concezione più ordinaria, l'accettabilità sociale del progetto discende dal confronto tra costi e benefici fatto individualmente da ciascun portatore di interessi. Per gli stakeholder che non partecipano al progetto imprenditoriale e non fanno parte delle istituzioni locali, la sfera degli impatti ambientali riassume in sé tutti i principali costi e benefici. Tali soggetti si trovano coinvolti in ragione della prossimità al sito di progetto del loro luogo di residenza, di lavoro, o dei luoghi dove preferibilmente trascorrono il tempo libero. Le caratteristiche indispensabili perché tali luoghi possano svolgere pienamente la loro funzione riguardano la salubrità, la sicurezza, l'adeguatezza agli usi, per quel che riguarda gli aspetti pratici e funzionali del sito, ma devono solitamente essere presi in considerazione anche aspetti immateriali e simbolici quali l'amenità, la presenza di landmark e di altre caratteristiche del territorio che conferiscono riconoscibilità e generano senso di appartenenza.

La valutazione economica di tali aspetti rientra a pieno titolo negli obiettivi della valutazione economica degli impatti ambientali descritta approfonditamente nell'annesso in appendice. Questa nozione di accettabilità, intesa come la collocazione di ogni soluzione progettuale su una scala che va dall'ipotesi più migliorativa del benessere degli stakeholders a quella più peggiorativa, insieme con la valutazione in termini assoluti della disponibilità ad accettare o della disponibilità a pagare riferita a tale soluzione, restituiscono una nozione di accettabilità come un indicatore continuo, aggregabile e disaggregabile rispetto a diverse popolazioni, per il quale non sono richiesti strumenti tecnici differenti rispetto a quelli descritti nell'allegato a fine documento.

Gli aspetti legati all'accettabilità che esulano dalla semplice applicazione del metodo sperimentale per fare una valutazione economica sono:

1. un indicatore di accettabilità del progetto aggregato per l'intera popolazione coinvolta costituisce in qualche caso una misura insufficiente e ingannevole degli effetti, data la sua tendenza a compensare valutazioni positive con valutazioni negative e limitati benefici a vantaggio di tanti con forti danni a carico di pochi;
2. taluni costi sociali legati a eventi estremamente rari ma potenzialmente molto dannosi, sono particolarmente difficili da stimare;
3. problemi critici di accettabilità possono portare a rifiutare qualunque forma di transazione all'interno di un approccio di scelta sperimentale, con il risultato di rendere la stima di costi e benefici problematica.

Ciascuno dei punti che saranno di seguito approfonditi serve a ipotizzare strumenti che consentano di individuare e analizzare situazioni critiche dal punto di vista dell'accettabilità. Idealmente, l'analisi degli impatti ambientali deve arrivare a fornire una misura di accettabilità di varie soluzioni progettuali espressa da chi è disposto a prendere in considerazione il progetto stesso e, separatamente, una rappresentazione per quanto possibile approfondita di sotto-popolazioni che rifiutano le alternative o che manifestano livelli di accettabilità del progetto fortemente divergenti dalla norma.

## 2.2.2 Accettabilità complessiva e accettabilità per sottogruppi di popolazione

Il gruppo di lavoro che si occupa di gestire un progetto di scelta sperimentale (Allegato in appendice) deve orientare le attività di progettazione dell'esperimento in modo che emergano eventuali sottogruppi di popolazione che soffrano danni o benefici molto più marcati rispetto al resto dei portatori di interesse dalla realizzazione di nuove infrastrutture e impianti per una rete GNL. La possibilità che questo caso si verifichi deve condurre a modifiche delle seguenti fasi di progettazione dell'esperimento:

- nella ricerca qualitativa preliminare, è necessaria l'individuazione precisa di tali gruppi, delle loro dimensioni e caratteristiche socio-demografiche distintive;
- la struttura del questionario deve favorire l'emergere delle preferenze differenziate di questi sottogruppi attraverso una scelta accurata della descrizione degli attributi e dei loro livelli eventualmente costruita intorno ad una terminologia condivisa con questi sottogruppi;
- il disegno dell'esperimento deve consentire di svolgere analisi complete ma separate sui sottogruppi rilevanti, prevedendo un numero sufficiente di schede di scelta per questionario, tale da coprire tutte le combinazioni attributi-livelli;
- oppure il campione deve contenere abbastanza individui provenienti da ciascun sottogruppo rilevante in modo da coprire agevolmente tutte le combinazioni attributi-livelli anche con poche schede di scelta per questionario;
- in fase di scelta dello stimatore econometrico, per l'analisi sull'intera popolazione vengono utilizzati stimatori che non assumono omogeneità delle preferenze, scegliendone invece altri (meglio se provando diverse specificazioni) che rappresentano varie forme di eterogeneità.

Inoltre, nella valutazione dei cambiamenti complessivi di benessere, l'utilizzo della DAP o DAA media stimata per l'intera popolazione può non essere opportuna. Può essere preferibile mantenere distinti i valori medi di diverse sotto-popolazioni o, eventualmente, studiare soluzioni alternative coerenti con gli obiettivi dell'indagine di scelta sperimentale. Soluzioni alternative possono ad esempio essere ricercate nella letteratura sugli indicatori compositi, con l'obiettivo di attenuare o annullare la compensazione tra valori molto bassi e molto alti. Nei casi in cui la valutazione sia finalizzata al confronto tra alternative progettuali, anche indicatori compositi che trasformino le DAP o le DAA in una singola misura non monetaria sono comunque accettabili.

## 2.2.3 Tail events e valutazione dell'accettabilità sociale

Nelle discipline che studiano la gestione dei rischi, si indicano come *tail events* o *tail risks*, cioè rischi di coda, eventi avversi con conseguenze molto gravi ma considerati estremamente improbabili (tanto da trovarsi nella "coda" di una distribuzione normale delle probabilità, a più di tre deviazioni standard dal suo valore centrale). Per estensione, nella gestione di un progetto relativo a nuove infrastrutture e impianti GNL, i rischi di coda sono eventi avversi gravi che, pur non potendo essere esclusi, sono ritenuti improbabili o remoti dalle valutazioni del rischio.

L'accettabilità sociale del progetto deve tenere conto di questi rischi sotto due punti di vista. Il primo deriva dall'osservazione che la stima del rischio che si verifichino eventi rari è, per sua natura, difficoltosa.

Le stime del rischio di eventi rari, se fatte con i medesimi criteri adottati per gli eventi relativamente frequenti, tendono a sottostimarli. L'errore di stima è reso ulteriormente più probabile se la prevenzione

dell'evento avverso è legata al contemporaneo funzionamento di diversi strumenti e procedure il cui malfunzionamento è a sua volta evento raro. Il secondo aspetto è legato ad una serie di ben documentati bias cognitivi, noti con il nome di 'avversione al rischio e alla perdita', che tipicamente alterano la percezione dei soggetti riguardo all'accettabilità di un evento negativo. In contesti in cui il rischio è esclusivamente di natura economica, è stato stimato che il rischio di una perdita abbia fino al doppio dell'effetto sulle scelte individuali rispetto alla possibilità di un guadagno di uguale entità.

Nel realizzare la valutazione economica sull'accettabilità sociale del progetto, si raccomanda quindi di adottare le linee guida di seguito riportate in relazione ai *tail risk*:

- correggere le stime di intrinseca accettabilità del progetto con una valutazione estremamente prudentiale del rischio di eventi gravi non probabili;
- non introdurre nell'indagine principale sulla valutazione degli impatti ambientali, realizzata mediante scelta sperimentale, impatti determinati da eventi gravi non probabili, dal momento che il criterio di valutazione che ci si attende dagli intervistati è disomogeneo rispetto a quello adottato rispetto ad altri impatti;
- se tra gli obiettivi della valutazione sull'accettabilità vi è anche quello di stimare l'entità di una compensazione da riconoscere agli stakeholder per realizzare il progetto o, di stimare la consistenza della potenziale opposizione al progetto, si raccomanda di ripetere un'indagine di scelta sperimentale (tramite questionario) dedicata esclusivamente alla DAA a fronte di alternative che presentano diversi rischi di eventi avversi rari e misure di mitigazione del rischio. La somministrazione può essere anche concentrata sulla popolazione che è effettivamente soggetta al rischio;
- se la valutazione di accettabilità non risulterà comunque in significative compensazioni, si raccomanda di procedere sulla base di stime prudentiali del rischio oggettivo, di campagne qualitative di indagine sulla percezione del rischio e di diffusione di informazioni e anche attraverso attività partecipative di progettazione degli interventi di mitigazione.

#### 2.2.4 Analisi della non accettabilità

L'analisi delle preferenze espresse in un'indagine sugli impatti ambientali fatta con scelta sperimentale, presuppone che vi sia alla base di tutta l'indagine una disponibilità degli intervistati ad accettare modifiche dello status quo ed a considerare accettabili transazioni tra:

- riduzione dei benefici derivanti da alcuni beni ambientali e aumento dei benefici derivanti da altri o
- tra benefici e compensazioni in denaro.

Tali assunzioni non sono sempre verificate e non necessariamente lo sono per tutti gli intervistati.

L'indisponibilità a mutamenti dello status quo e l'indisponibilità ad accettare transazioni indipendentemente dalla convenienza oggettiva del risultato, denotano problemi critici dal punto di vista dell'accettabilità e devono essere appositamente indagati. Diverse raccomandazioni sono dunque necessarie per approcciare il problema, rimandando a valutazioni di tipo tecnico da fare caso per caso per la scelta di tecniche più specifiche.

### *La non accettabilità nella ricerca qualitativa preliminare ad una indagine di scelta sperimentale*

Nel progettare un'indagine di scelta sperimentale, l'individuazione di indizi di "non accettabilità" deve essere prevista come obiettivo delle indagini qualitative preliminari. Durante il confronto con esperti e portatori di interessi, devono emergere (ed essere documentate) indisponibilità a mettere in discussione lo status quo delle aree interessate dalle nuove infrastrutture ed essere, inoltre, individuate le componenti della popolazione che sono più probabilmente orientate su queste posizioni. Nel caso di significative resistenze, può essere opportuno organizzare focus group dedicati, allo scopo di chiarire i termini precisi del rifiuto. Ad esempio, è possibile che la resistenza riguardi uno specifico attributo, la transazione tra due attributi in particolare o che ci sia un rifiuto generale a muoversi dallo status quo.

Per migliorare le fasi successive dell'analisi, è opportuno approfondire le motivazioni di tale posizione, che possono variare da una scarsa fiducia nei confronti delle istituzioni (timore che i cambiamenti siano meno favorevoli di quelli promessi) ad un'effettiva focalizzazione su alcuni aspetti dell'impatto ambientale, fino a motivazioni politiche o ideologiche. Se lo status quo costituisce parte del problema, può essere opportuno organizzare focus group volti a costruire, in modo condiviso con i portatori di interessi più critici, la descrizione dello status quo. I risultati di questi approfondimenti di indagine devono alimentare il lavoro successivo.

### *La non accettabilità nella definizione del campione*

Se lo studio qualitativo preliminare evidenzia indizi di "non-accettabilità", sono necessarie significative attenzioni nella selezione del campione:

- La dimensione del campione da sottoporre a intervista aumenta, i rispondenti disponibili a transare e quelli potenzialmente indisponibili dovrebbero entrare nel campione in numero sufficiente da effettuare stime separate per i due gruppi;
- Il numero ottimale di schede di scelta sperimentale per questionario deve aumentare (si può ipotizzare un numero minimo di quattro schede per questionario) per identificare comportamenti seriali e migliorare l'interpretazione del ruolo dei fattori socio-economici;
- Può essere utile disegnare un campione stratificato su base geografica con un alto livello di definizione, per valutare se la non-accettabilità abbia una dispersione spazialmente eterogenea e/o se esistano soglie precise di distanza in cui si verifica il decadimento della frequenza di posizioni di non-accettabilità.

### *La non accettabilità nella costruzione del questionario*

In presenza di documentate resistenze devono essere adottati alcuni correttivi al normale processo di costruzione del questionario di scelta sperimentale illustrato in dettaglio nell'allegato presente alla fine di tale report. Le variazioni da apportare possono essere riassunte in 6 punti principali:

- Se le posizioni di rifiuto sono localizzate in specifici gruppi di portatori di interesse (ad esempio i residenti di alcuni caseggiati), devono essere previste domande che consentano di individuare il rispondente come appartenente al gruppo in questione;
- Possono essere previste domande (successive alle schede di scelta sperimentale) per rilevare proteste e insoddisfazione rispetto agli scenari presentati;

- Particolare cura nella descrizione degli attributi può contribuire ad evitare che l'attenzione sia focalizzata solo sugli aspetti già noti e controversi nonostante esistano altri aspetti rilevanti;
- Allo scopo di non confondere il rifiuto alla transazione con saggi marginali di sostituzione molto elevati, tutti gli attributi all'interno del questionario possono essere caratterizzati con una scala di livelli più ampia, che eccede il massimo impatto negativo e il massimo impatto positivo ipotizzati nel progetto;
- Può essere prevista una casella "nessuna delle precedenti" che consenta di rifiutare la scelta tra lo status quo e le due alternative proposte in ciascuna scheda;
- Può essere individuato uno spazio nel questionario dove l'intervistatore riporta obiezioni di fondo, contestazioni e dubbi manifestati a voce dall'intervistato.

### *La non accettabilità in fase di analisi dei dati*

In fase di analisi dei dati, la non accettabilità deve essere tenuta in conto sia per evitare che le modalità con cui si esprime sfuggano all'interpretazione dell'analista, sia perché non rendano più difficile o confusa l'interpretazione delle risposte di chi invece non ha manifestato una resistenza di fondo agli scenari proposti dalla scelta sperimentale. Una vasta letteratura scientifica si occupa di questi temi e non è possibile riassumere qui l'intero ventaglio delle questioni discusse da chi studia questo tipo di rilevazioni. Nell'elenco che segue sono invece proposti alcuni aspetti pratici e alcune tecniche che possono essere tenuti in considerazione da esperti di questo tipo di modelli statistici per affrontare le problematiche dovute alla non-accettabilità.

In generale:

- I principali modelli per la stima dei dati da scelta sperimentale consentono l'introduzione di una variabile dicotomica che identifica le alternative vere e proprie rispetto a quella che rappresenta lo status quo. In altri tipi di modello è possibile inserire una costante specifica per le alternative (*alternative-specific constant*). Se i coefficienti di questi termini del modello sono statisticamente significativi è confermata la presenza di un bias a favore dello status quo (da incrociare con le informazioni raccolte nel lavoro qualitativo).
- E' possibile specificare il modello includendo effetti di interazione tra i parametri al punto precedente e varie caratteristiche socio-economiche, verificando le informazioni raccolte in sede di indagine qualitativa sul perimetro sociale del dissenso;
- E' possibile individuare le caratteristiche socio-economiche associate al rifiuto di rispondere alle schede di scelta sperimentale, al rifiuto di scegliere tra le alternative proposte e, se sono stati raccolti dati specifici, al rifiuto di rispondere al questionario in generale;
- E' preferibile confrontare sempre i parametri ottenuti da diversi stimatori econometrici e diverse specificazioni del modello che consentano l'individuazione di varie forme di eterogeneità nelle preferenze espresse dagli intervistati, per individuare sotto-popolazioni che hanno valori estremi nei parametri stimati, che hanno valori prossimi a zero su taluni parametri, che manifestano insensibilità al prezzo delle alternative.

Per la stima della DAP o della DAA della popolazione che non rifiuta la transazione:

- E' opportuno escludere comportamenti sistematici che violano assunzioni di base della razionalità: nei casi di diverse schede nel singolo questionario, sono da escludere le selezioni sistematiche della

## ATTIVITÀ T2.3

### Valutazione economica del livello di rischio

---

stessa alternativa (in particolare dello status quo) dall'analisi, specialmente se la scelta dell'intervistato penalizza alternative dominanti (migliori in tutte le caratteristiche);

Può essere opportuno escludere le risposte di soggetti che, in domande successive alla scheda di scelta sperimentale, hanno segnalato disaccordo o protesta nei confronti dello scenario presentato.

## Bibliografia

### RELATIVA AL CAPITOLO 1

- [1]Guidance for the Prevention of Rollover in LNG Ships – SIGTTO (Society of International Gas Tanker and Terminal Operators)
- [2]Guidance on LNG Bunkering to Port Authorities and Administrations – EMSA (European Maritime Safety Agency)
- [3]International Code of Safety for Ship Using Gases or Other Low-flashpoint Fuels (IGF Code)
- [4]Med Maritime Integrated Projects – CAIMANs – Air quality impact and green house gases assessment for cruise and passenger ships
- [5]Quadro strategico nazionale – Sezione C: fornitura di gas naturale per il trasporto e per altri usi – Prima sottosezione: fornitura di GNL per la navigazione marittima e interna, per il trasporto stradale e per altri usi
- [6]Studio di Impatto Ambientale – Sintesi non tecnica – La petrolifera Italo Rumena – Deposito costiero GNL di Ravenna
- [7]Studio di Impatto Ambientale – Venice LNG S.p.A. – Deposito costiero GNL a Marghera
- [8]Studio di Impatto Ambientale – Sintesi non tecnica - ISGAS ENERGIT MULTIUTILITIES S.p.A. – Terminal GNL nel Porto Canale di Cagliari
- [9]Studio Preliminare Ambientale – RINA – OLT Offshore LNG Toscana S.p.A. – Terminale galleggiante di stoccaggio e rigassificazione GNL – Implementazione del servizio SSLNG
- [10]Studio di Impatto Ambientale – D’Appollonia - Edison S.p.A. – Accosto e deposito costiero di GNL nel Porto di Oristano
- [11]Safety Study, Chain analysis: Supplying Flemish ports with LNG as a marine fuel, Analysis of safety aspects, June 2012

### RELATIVA AL CAPITOLO 2

- [1] Disciplina di attuazione della direttiva 2014/94/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 22 ottobre 2014, sulla realizzazione di una infrastruttura per i combustibili alternativi. ALLEGATO III *Quadro strategico nazionale, Sezione C: fornitura di gas naturale per il trasporto e per altri usi* Prima sottosezione: fornitura di gas naturale liquefatto (GNL) per la navigazione marittima e interna, per il trasporto stradale e per altri usi
- [2] Uguccioni G., Pezzo T., Valente E., Carpaneto R. - *Aspetti di sicurezza dei terminali di rigassificazione GNL*
- [3]Ministero dell’interno - Guida tecnica ed atti di indirizzo per la redazione dei progetti di prevenzione incendi relativi ad impianti di distribuzione di tipo l-gnl, l-gnc e l-gnc/gnl per autotrazione.
- [4] AAVV. - *Gli Stoccaggi Sotterranei Di Gas Naturale Linee Guida per la valutazione dei Rapporti di Sicurezza*
- [5] *Highly risk accident: fire fighters’ task case study*; 43° corso ispettori anticendi international fire-fighters’ workshop fire service college. I.A. Francesco Pillo, 2003.
- [6] IACS – *LNG Bunkering Guidelines*, n°142, 2016
- [7] Tesi di laurea magistrale in Ingegneria chimica e dei processi industriali - *Analisi del rischio nei terminali di rigassificazione offshore*, Greta Munari; 2011
- [8] European Maritime Safety Agency (EMSA) – *Guidance on LNG Bunkering to Port Authorities and Administrations*; 2018
- [9] Danish Maritime Authority - North European LNG Infrastructure Project, A feasibility study for an LNG filling station infrastructure and test of recommendations

[10] Gianelli L., Paci P., Uguccioni G. (2008). Rapporto Preliminare di Sicurezza –Terminale GNL Offshore. Società D'Appolonia. Milano.

[11]NFPA 59° - Standard for the production, storage and handling of Liquefied Natural Gas (GNL)

## ALLEGATO

Di seguito viene riportata una sintesi della metodologia consigliata per svolgere indagini finalizzate ad una valutazione economica, tramite il coinvolgimento di esperti e stakeholder, delle conseguenze ambientali causate da nuove opere ed infrastrutture.

### **Valutazione economica degli effetti ambientali delle decisioni di localizzazione e realizzazione di nuove infrastrutture**

#### **Il problema in breve**

La selezione di un sito e di una soluzione progettuale per nuove infrastrutture e installazioni per una rete GNL determinerà effetti positivi e negativi sull'ambiente naturale locale, così come a scala più ampia. Le istituzioni che pianificano, autorizzano o semplicemente valutano questo tipo di interventi, sono chiamate a stimare se l'*effetto complessivo* di queste decisioni è positivo o negativo per il benessere dei cittadini. Poiché l'ambiente produce *benefici* per la collettività, ogni variazione che si determina a tali benefici a causa della decisione deve essere tenuta in considerazione. Solo così è possibile stabilire se le conseguenze complessive sul benessere saranno positive o negative.

Le variazioni dei benefici prodotti dall'ambiente sono più facili da valutare se, all'interno della collettività, tali benefici sono normalmente comprati e venduti, perché ciò significa che il loro valore è già noto ed è costituito dal loro prezzo di mercato. Spesso, però, i benefici determinati dall'ambiente sono liberamente e gratuitamente goduti dalla collettività. Non essendovi, in questo caso, scambi di mercato da osservare, il valore dei benefici è ignoto e deve essere stimato con tecniche apposite.

Le principali tecniche che servono per affrontare questo problema utilizzano il metodo sperimentale per stimare il valore che non è stato possibile osservare sul mercato. Tali tecniche richiedono l'accurata individuazione di un campione rappresentativo, la somministrazione di un particolare tipo di questionario e l'analisi statistica dei dati così ottenuti.

#### **La valutazione degli effetti ambientali attraverso *Scelta Sperimentale***

Il metodo della *scelta sperimentale* (Discrete Choice Experiment o DCE) consiste nella somministrazione di un particolare tipo di questionario ad un campione della popolazione che è destinata a beneficiare o ad essere danneggiata da una determinata localizzazione o dalle caratteristiche di una nuova infrastruttura o installazione legata ad una rete GNL.

Il procedimento che consente di stimare il valore del beneficio o del danno della nuova infrastruttura o della sua localizzazione consiste nel ricreare in modo artificiale un mercato che non esiste, sollecitando le persone ad esprimere la loro *disponibilità a pagare* (DAP) per il potenziale beneficio (la DAP ne rappresenta il valore) o la loro *disponibilità ad accettare* (DAA) un danno in cambio di una somma di denaro (che ne rappresenta il costo). Esistono diversi metodi (Louviere et al. 2000) per ottenere una DAP o una DAA, ma le esperienze internazionali in questo campo sono sempre più orientate verso il metodo noto come *scelta*

*sperimentale*, che consente di stimare tipologie di beneficio e di danno che con altri metodi resterebbero ignote. La peculiare struttura di un questionario di scelta sperimentale consente di ricavare dalle risposte una stima accurata della DAP e della DAA della popolazione interessata.

La predisposizione di una valutazione attraverso la scelta sperimentale si svolge in tre passaggi, che saranno presentati più nel dettaglio nelle sezioni successive.

La prima fase consiste nella progettazione dell'esperimento e richiede la formazione di un gruppo di lavoro con competenze adeguate, la precisazione degli obiettivi dell'esperimento e una campagna preliminare di interviste ad alcuni rappresentanti dei portatori di interessi del progetto e ad esperti di vari settori. La prima fase si conclude con la costruzione di un questionario e l'individuazione di un campione rappresentativo della popolazione dei portatori di interesse.

La seconda fase consiste nella somministrazione del questionario, prima in piccole campagne pilota finalizzate a testarne l'efficacia, e poi nella somministrazione principale. La seconda fase include, inoltre, l'attività di digitalizzazione dei questionari se originariamente compilati su un supporto cartaceo.

La terza fase dell'analisi consiste nella scelta di un appropriato metodo di stima dei risultati tra le opzioni offerte dalla teoria e la selezione ed utilizzo di un software di analisi per dati da scelta sperimentale (generalmente qualunque software di analisi statistica). Inoltre, la terza fase include l'interpretazione dei risultati a cui si richiede di trasformare l'analisi dei dati in una risposta agli obiettivi dell'esperimento, che generalmente consisterà in una stima del valore aggiunto o sottratto all'ambiente dall'intervento. L'esperimento contribuisce anche a chiarire quale contributo viene dato al risultato dalle singole caratteristiche dell'intervento considerato, consentendo di valutare quindi diverse possibili scelte di implementazione.

La scelta sperimentale propriamente detta viene fatta dai portatori di interesse dell'intervento durante l'intervista. In quella sede vengono presentate loro tre alternative riguardo agli effetti ambientali dell'intervento. Le alternative sono descritte attraverso i loro principali effetti sui diversi beni ambientali coinvolti: in due alternative, ciascun bene ambientale subisce un danno o un miglioramento determinato in modo casuale. Nella terza alternativa, tutto resta come nella situazione attuale. Ai rispondenti è chiesto di scegliere quale alternativa preferiscono a fronte di un costo da pagare (nei casi in cui occorra stimare una DAP) o di una compensazione da ricevere (nei casi in cui si stimi una DAA).

E' importante sottolineare fin da ora che le alternative proposte sono assemblate casualmente e non rappresentano reali opzioni riguardo alla realizzazione dell'intervento. E' infatti sufficiente che i cambiamenti allo stato dei beni ambientali assegnati a ciascuna alternativa siano comparabili come ordine di grandezza a quelli ipotizzati per effetto dell'infrastruttura progettata. Lo scopo della scelta sperimentale non è necessariamente quello di far scegliere agli intervistati una modalità di realizzazione dell'intervento, ma può essere solo quello di stimare, in base alle loro scelte, quanto valore attribuiscono a ciascun miglioramento o peggioramento dei beni ambientali coinvolti, come se potessero acquistare i miglioramenti o ricevere compensazioni per i peggioramenti.

## Progettazione di un esperimento sulla valutazione dei beni ambientali impattati da nuove infrastrutture o installazioni di una rete GNL

La prima fase dell'esperimento inizia con la definizione di un gruppo di lavoro fornito delle competenze necessarie e si conclude subito prima della somministrazione del questionario. In considerazione dei tempi e dei costi richiesti dalla somministrazione, la progettazione dell'esperimento deve essere condotta con la massima attenzione, poiché gli errori commessi nella fase iniziale possono determinare la mancata riuscita della campagna di somministrazione, l'inutilità dei dati ottenuti e quindi portare al fallimento dell'esperimento.

La Tabella 10 può essere utilizzata come riferimento per le attività da svolgere in sede di progettazione dell'esperimento. Le prime due colonne si riferiscono a beni ambientali ed impatti discussi nella sezione 1.2 di questo documento.

| Bene ambientale | Impatti possibili   | Impatti di progetto |                   | Estremi della scala degli impatti |                          | Popolazione coinvolta |                       |
|-----------------|---|---------------------|-------------------|-----------------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|
|                 |   | Impatto presente    | Impatto rilevante | Massimo effetto negativo          | Massimo effetto positivo | Effetti locali        | Effetti a vasta scala |
| Aria            | <p><u>In fase di cantiere</u></p> <p>Emissioni di inquinanti gassosi in atmosfera prodotti dai motori dei mezzi di cantiere terrestri e marittimi;</p> <p>Emissioni di polveri in atmosfera da movimenti terra, durante scavi e riporti per la preparazione delle aree e per la realizzazione delle fondazioni delle strutture e delle opere civili, demolizione di opere, transito su strada non asfaltata (piste di cantiere);</p> <p>Emissioni in atmosfera connesse al traffico indotto.</p> <p><u>In fase di esercizio (emissioni già esistenti)</u></p> <p>Variazione delle emissioni già in essere prima dell'intervento e determinate dalla messa in esercizio della nuova infrastruttura;</p> <p><u>(nuove emissioni)</u></p> <p>Emissioni da navi gasiere in entrata e uscita dal deposito, nonché in fase di scarico del GNL;</p> <p>Emissioni dei rimorchiatori impiegati nelle operazioni di attracco delle gasiere;</p> <p>Emissioni dei motori a combustione interna (se previsti in impianto per la</p> |                     |                   |                                   |                          |                       |                       |

| Bene ambientale    | Impatti possibili   | Impatti di progetto |                   | Estremi della scala degli impatti |                          | Popolazione coinvolta |                       |
|--------------------|---|---------------------|-------------------|-----------------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|
|                    |   | Impatto presente    | Impatto rilevante | Massimo effetto negativo          | Massimo effetto positivo | Effetti locali        | Effetti a vasta scala |
|                    | <p>produzione di energia elettrica);</p> <p>Emissioni degli automezzi di distribuzione del GNL che vengono caricati presso l'impianto e conferiscono in GNL ad impianti di distribuzione per autotrazione;</p> <p>Emissioni delle bettoline che vengono impiegate per il rifornimento delle navi.</p>   |                     |                   |                                   |                          |                       |                       |
| Acque              | <p>Prelievi idrici per le necessità del cantiere (bagnature aree di cantiere, usi civili...);</p> <p>Scarico e trattamento di effluente liquidi (reflui civili, acque usate nel processo di gestione del serbatoio e delle condotte, acque di prima pioggia);</p> <p>Modifica del drenaggio superficiale;</p> <p>Alterazione delle caratteristiche di qualità delle acque marine durante i lavori di realizzazione delle opere marittime (di difesa e banchine/approdi)</p> <p>occupazione/limitazione d'uso degli specchi acquei;</p> <p>Interazione con i flussi idrici sotterranei;</p> <p>potenziali spillamenti/spandimenti dai mezzi utilizzati per la costruzione.</p> |                     |                   |                                   |                          |                       |                       |
| Suolo e sottosuolo | <p>Gestione terre e rocce da scavo e rifiuti;</p> <p>Occupazione/limitazioni d'uso di suolo;</p> <p>Occupazione/limitazione di utilizzo degli specchi acquei;</p> <p>Consumo di materiali da costruzione (calcestruzzo, carpenterie metalliche, ecc.);</p> <p>Consumo di acciaio (realizzazione condotte e serbatoi);</p> <p>Consumo di vernici, materiali isolanti e prodotti chimici vari.</p>  |                     |                   |                                   |                          |                       |                       |
| Rumore             | <p>Emissioni sonore da macchinari degli impianti;</p> <p>Emissioni sonore connesse al traffico</p>  |                     |                   |                                   |                          |                       |                       |

| Bene ambientale           | Impatti possibili   | Impatti di progetto |                   | Estremi della scala degli impatti |                          | Popolazione coinvolta |                       |
|---------------------------|---|---------------------|-------------------|-----------------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|
|                           |   | Impatto presente    | Impatto rilevante | Massimo effetto negativo          | Massimo effetto positivo | Effetti locali        | Effetti a vasta scala |
|                           | indotto (terrestre e marittimo).  |                     |                   |                                   |                          |                       |                       |
| Flora/fauna ed ecosistemi | <p>Disturbi a fauna e vegetazione terrestre a seguito dell'alterazione delle caratteristiche di qualità dell'aria dovuta ad emissioni di inquinanti e di polveri;</p> <p>Disturbi alla fauna terrestre dovuti ad emissioni sonore;</p> <p>Disturbi a specie e habitat marini a seguito della modifica dello stato della qualità delle acque per risospensione di sedimenti durante la realizzazione delle opere marittime;</p> <p>Disturbi alla fauna marina connessi alla generazione di rumore sottomarino.</p> |                     |                   |                                   |                          |                       |                       |
| Paesaggio                 | <p>Presenza fisica degli impianti e delle strutture;</p> <p>Presenza fisica di navi;</p> <p>Emissioni luminose.</p>   |                     |                   |                                   |                          |                       |                       |

Tabella 10 - Schema di organizzazione delle informazioni nella fase di progettazione di un esperimento di scelta sociale relativo agli impatti ambientali di localizzazione e realizzazione di nuove infrastrutture per una rete GNL

### Il gruppo di lavoro

Il gruppo di lavoro coinvolto deve includere le competenze necessarie, entro la fine di questa fase, a:

- Individuare in modo certo e completo tutte le conseguenze (impatti) determinate sull'ambiente in termini fisici dall'intervento in progetto;
- Individuare in modo certo e completo tutta la popolazione interessata dalle conseguenze determinate sull'ambiente o perché beneficiarie o perché danneggiate;
- Gestire professionalmente una campagna di somministrazione di questionari complessi e attività preliminari di indagine qualitativa, inclusa la digitalizzazione di tutti i dati;
- Gestire l'analisi dei dati derivanti dalla campagna di somministrazione.

Complessivamente, il gruppo di lavoro suggerito dispone di competenze in materia di *scienze ambientali* (ecologi, biologi specialisti e ingegneri ambientali), *economico-ambientali*, *sociali*, *statistiche* e dispone quantomeno del supporto di strutture in grado di utilizzare tecnologie GIS e cartografie digitali.

All'avvio della progettazione, il gruppo di lavoro effettua una revisione preliminare degli impatti possibili (Tabella 10) e, esclusivamente sulla base di considerazioni di natura tecnica, indica

nell'apposita colonna (Tabella 11) quali tra questi impatti sono effettivamente *presenti* in un ipotetico scenario in cui l'intervento progettato sia realizzato. Tale indicazione è, per il momento, provvisoria.

| Bene ambientale | Impatti possibili  | Impatti di progetto |                   | Estremi della scala degli impatti |                          | Popolazione coinvolta |                       |
|-----------------|--|---------------------|-------------------|-----------------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|
|                 |  | Impatto presente    | Impatto rilevante | Massimo effetto negativo          | Massimo effetto positivo | Effetti locali        | Effetti a vasta scala |
| Aria            | <u>In fase di cantiere</u><br><br>Emissioni di inquinanti gassosi in atmosfera prodotti dai motori dei mezzi di cantiere terrestri e marittimi;<br><br>... |                     |                   |                                   |                          |                       |                       |

Tabella 11 -Elementi dello schema informativo che vengono preliminarmente compilati dal gruppo di lavoro in base a considerazioni di natura tecnica

### La definizione degli obiettivi dell'esperimento

Il gruppo di lavoro deve elaborare una definizione rigorosa degli obiettivi dell'esperimento a partire dall'input politico-amministrativo. Per loro natura, gli esperimenti sono costruiti per produrre una DAP o una DAA riferita ai possibili mutamenti ambientali determinati dalla nuova infrastruttura. Il gruppo di lavoro deve quindi determinare con precisione:

- Quale intervento si vuole valutare: le caratteristiche e la localizzazione di nuove infrastrutture o installazioni, le eventuali alternative progettuali, le rispettive caratteristiche incluse, in particolare, quelle che possono avere un effetto ambientale.
- A quale scopo vengono valutati gli effetti ambientali dell'intervento: diversi aspetti dell'esperimento potrebbero richiedere un trattamento differente a seconda che la valutazione serva a decidere se realizzare l'intervento o se, invece, la realizzazione è già deliberata e occorre una stima dei costi o dei benefici netti per effettuare compensazioni;
- Quali impatti, tra quelli ritenuti presenti, sono anche da considerarsi presumibilmente rilevanti;
- Quali sono, se esistono, i valori monetari di soglia per cui il beneficio ambientale è sufficiente a giustificare l'intervento o il danno ambientale è sufficiente ad escluderlo;
- A quali altre valutazioni deve essere sommata la variazione di valore prodotta dall'intervento sui beni ambientali e qual è il criterio generale in base a cui, dal valore totale dell'intervento, discende una decisione dell'ente.

In esecuzione del terzo punto di questa lista, il gruppo di lavoro deve distinguere tra impatti che sono ritenuti presenti e anche rilevanti alla luce degli obiettivi dell'esperimento. Potrebbe determinarsi così, ad esempio, l'esclusione dall'esperimento di impatti troppo piccoli o diffusi su una platea che è irragionevolmente ampia rispetto ai confini amministrativi dell'ente. Il terzo punto porta alla provvisoria compilazione della colonna corrispondente nello schema informativo (Tabella 12).

| Bene ambientale | Impatti possibili  | Impatti di progetto |                   | Estremi della scala degli impatti |                          | Popolazione coinvolta |                       |
|-----------------|--|---------------------|-------------------|-----------------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|
|                 |  | Impatto presente    | Impatto rilevante | Massimo effetto negativo          | Massimo effetto positivo | Effetti locali        | Effetti a vasta scala |
| Aria            | <u>In fase di cantiere</u><br><br>Emissioni di inquinanti gassosi in atmosfera prodotti dai motori dei mezzi di cantiere terrestri e marittimi;<br><br>... |                     |                   |                                   |                          |                       |                       |

Tabella 12 Elementi dello schema informativo che vengono preliminarmente compilati dal gruppo di lavoro in base all'input politico amministrativo

Per quanto riguarda i punti 4 e 5, si può suggerire più in generale che è necessario, prima dell'avvio dell'esperimento, formalizzare i criteri quantitativi sulla base dei quali saranno assunte le scelte dopo la realizzazione dell'esperimento. Ad esempio, al quarto punto, si sottolinea l'opportunità di fissare a priori livelli di beneficio e di danno ambientali tali da rendere non rilevanti gli altri criteri per l'adozione di una decisione. Al punto 5, invece, si ricorda l'importanza di definire a priori un metodo rigoroso per il confronto tra gli esiti dell'analisi di tipo ambientale e altre analisi sui benefici dell'intervento.

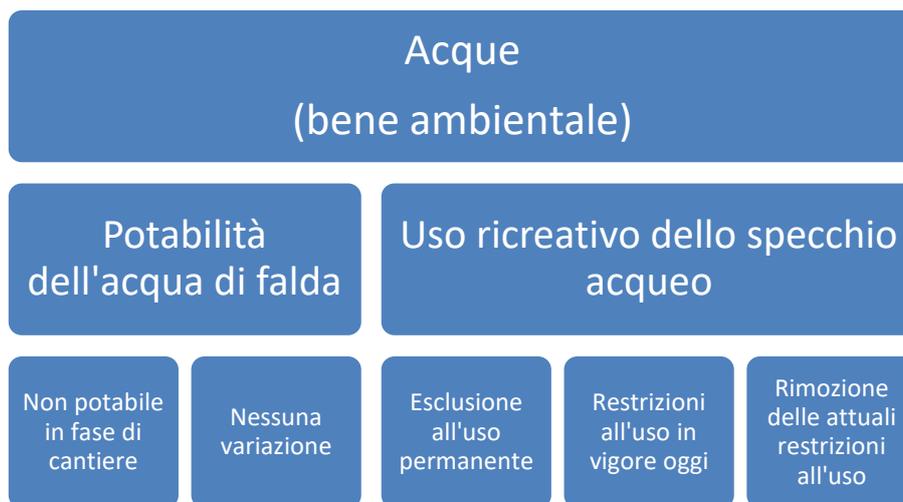
### La ricerca qualitativa preliminare

Nella sezione 1.2 di questo documento sono discusse le tipologie di impatto che possono essere generate da nuove infrastrutture per una rete GNL su specifici beni ambientali. Come ricordato, è opportuno che il gruppo di lavoro effettui una ricognizione preliminare per stabilire quali di questi impatti siano concretamente presenti dato il progetto di intervento e quali possano avere conseguenze rilevanti, positive o negative, sui beni ambientali.

Esaurito tale passaggio, il gruppo di lavoro deve cercare una validazione esterna alle proprie valutazioni preliminari e verificare l'esistenza di un chiaro e documentabile legame tra impatti, beni ambientali interessati e il benessere del gruppo di stakeholder interessato. Occorre perciò spostare il focus e le modalità dell'analisi sulle persone che utilizzano o potrebbero utilizzare i beni ambientali coinvolti dall'intervento per soddisfare loro bisogni.

Ciascun bene ambientale (prima colonna della Tabella 10) può variamente contribuire a soddisfare i bisogni di una popolazione di riferimento, attraverso una o più delle proprie caratteristiche che vengono identificate come *attributi del bene ambientale*. Gli attributi del bene ambientale che producono benessere in modo rilevante e sono impattati devono dunque essere distintamente individuati. I benefici dipendono dall'intensità di tali attributi, identificata come *livello dell'attributo*, della quale deve essere stabilito il livello attuale (in assenza di intervento) e le possibili variazioni determinate dalle scelte sulla localizzazione e la realizzazione della nuova infrastruttura o installazione.

Nella Figura 10 è rappresentata, a titolo di esempio, una schematizzazione del passaggio da un bene ambientale, su cui sono ritenuti presenti e rilevanti gli impatti (le acque, di falda e di superficie), agli attributi che sono potenzialmente in grado di produrre benessere per una popolazione di riferimento (la potabilità e l'utilizzabilità ad uso ricreativo), fino alla definizione del massimo impatto negativo e positivo. Oltre a questi lo schema riporta anche lo stato attuale privo d'impatti.



**Figura 10** Successione logica: definizione del bene ambientale, suoi attributi impattati e relativi livelli nella migliore o peggiore delle ipotesi in caso di realizzazione dell'intervento

Occorre sottolineare come i bisogni rilevanti della popolazione di riferimento, che sono potenzialmente soddisfatti dagli attributi del bene ambientale, possono essere tanto materiali (salute, accesso a risorse, ecc.) quanto immateriali e legate alla sfera del benessere psichico, dell'appagamento estetico, etico o spirituale. Inoltre, la soddisfazione dei bisogni non deve necessariamente avvenire in modo consapevole: in questa fase dell'esperimento occorre tenere conto anche di bisogni soddisfatti di cui i beneficiari sono allo stato attuale inconsapevoli.

Al termine di questa fase, il gruppo di lavoro dovrà avere un quadro chiaro di quali siano gli attributi dell'ambiente naturale che sono influenzati dall'intervento e che sono potenzialmente utilizzabili da qualcuno per soddisfare i propri bisogni, anche immateriali. Questo comporterà la definitiva revisione delle colonne relative agli impatti di progetto (Tabella 11). Dovrà avere, inoltre, un'idea precisa dell'entità delle possibili variazioni di tali attributi determinate dall'intervento o, analogamente, del diverso livello a cui potrebbero trovarsi gli attributi rilevanti in seguito alla realizzazione dell'intervento. Ciò porterà a compilare le colonne relative alla scala degli impatti (Tabella 12).

Nella Tabella 13 riportiamo, a titolo di esempio e senza alcuna pretesa di realismo, la parziale compilazione dello schema informativo già proposto in precedenza rispetto a due beni ambientali: aria e acque. Ciascuno è interessato da un impatto ritenuto rilevante. In particolare, le emissioni inquinanti dovute ai motori dei mezzi di cantiere ha effetto su due attributi dell'aria: la sua salubrità e la sua composizione chimica in relazione alla velocità di usura dei materiali dell'edilizia residenziale. Nella colonna relativa alla scala degli impatti sono presentati il peggiore e il miglior esito possibile a fronte della realizzazione di una nuova infrastruttura per la rete GNL a seconda delle specifiche progettuali scelte. Nel caso degli impatti sulle acque è esemplificato un caso in cui l'intervento avrebbe, nella sua ipotesi più favorevole, un effetto positivo sull'utilizzabilità di alcuni specchi acqueei per finalità ricreative.

| Bene ambientale | Impatti possibili   | Impatti di progetto |                   | Estremi della scala degli impatti   |  | Popolazione coinvolta |                       |
|-----------------|---|---------------------|-------------------|---|--|-----------------------|-----------------------|
|                 |   | Impatto presente    | Impatto rilevante | Massimo effetto negativo  | Massimo effetto positivo   | Effetti locali        | Effetti a vasta scala |
| Aria            | Emissioni di inquinanti gassosi in atmosfera prodotti dai motori dei mezzi di cantiere terrestri e marittimi; | Sì                  | Sì                | Riduzione della salubrità dell'aria risultante in un aumento del 5% dell'incidenza di malattie respiratorie nella popolazione residente entro 5 km per la durata del cantiere<br><br>Incremento del 50% del processo di formazione di depositi da inquinamento sulle superfici esterne degli edifici siti entro 5 km per la durata del cantiere | Nessuna variazione della salubrità dell'aria<br><br>Nessun incremento del processo di formazione di depositi da inquinamento sulle superfici esterne degli edifici |                       |                       |
| Acque           | Occupazione/limitazione d'uso degli specchi acquei;   | Sì                  | Sì                | Limitazione all'uso dello specchio acqueo A per la nautica da diporto   | Recupero degli specchi acquei B e C all'uso per la pesca sportiva  |                       |                       |

Tabella 13- Esempio di schema informativo parzialmente compilato rispetto agli impatti ritenuti rilevanti su due beni ambientali

I possibili attributi rilevanti sono moltissimi ed è necessario che siano indagati facendo uso di tecniche di indagine qualitative (Corbetta 2014), con domande aperte rivolte ad esperti, a cittadini, ad amministratori. Questa indagine preliminare non richiede un campione rappresentativo e può avvantaggiarsi di formati in cui i diversi soggetti intervistati possono interagire tra di loro durante l'intervista, come nel caso della tecnica dei *focus group* (Acocella 2015).

Nell'avviare questa fase, il gruppo di lavoro deve preparare il terreno per la somministrazione di un questionario in cui l'intervento sarà rappresentato ai portatori di interessi attraverso gli attributi rilevanti e i livelli che questi potrebbero avere in seguito all'intervento. Dunque, al fine di realizzare un' indagine preliminare efficace, occorre che da questa emergano chiaramente *tutti* gli aspetti rilevanti. Ciò va sottolineato perché è possibile che alcuni aspetti, che impattano sulla vita delle persone, potrebbero non essere immaginati a priori dal gruppo di lavoro e dovranno allora emergere da questa fase preliminare di indagine.

Poiché l'esperimento nel suo complesso deve identificare il valore dei beni ambientali su cui l'intervento ha un effetto e poiché tale valore dipende dai benefici che le persone traggono da questi beni e, di conseguenza, dalle loro preferenze, occorre che la lista rappresenti quanto più possibile tutti gli aspetti del progetto rispetto ai quali esistono dei portatori di interessi che hanno delle preferenze a riguardo. Da questo punto di vista, un esperimento di questo tipo richiede lo stesso sforzo di individuare portatori di interesse e motivazioni del loro interesse come in tutte le altre grandi procedure di valutazione.

Altri elementi che è bene emergano in questa fase sono:

1. l'esistenza di gruppi differenziati e articolati di portatori di interesse (tornando all'esempio, i residenti dell'area, i malati cronici, i pescatori...);
2. le parole chiave e il linguaggio che rendono comprensibili a tutti i portatori di interesse i termini della questione: i benefici di cui loro godono, le possibili variazioni a cui tali benefici potrebbero andare incontro, l'entità delle variazioni e il loro riflesso sulla vita delle persone;
3. l'esistenza di eventuali posizioni di protesta rispetto all'intervento, che devono essere rilevate come nuclei di persone che non sembrano disposte ad accettare alcune specifiche conseguenze del progetto (ad es. l'aumento del traffico), neppure a fronte di una transazione che le compenserebbe per il disagio.

Il primo e il terzo punto di questa lista sono rilevanti per le fasi successive e, in particolare, l'analisi dei risultati dell'esperimento. Il secondo punto, invece, è di fondamentale importanza per la realizzazione del questionario.

### ***Completamento dello schema attributi/impatti e livelli***

Allo scopo di avviare la predisposizione del questionario, il gruppo di lavoro deve completare le prime sei colonne dello schema informativo con una individuazione, validata da soggetti esterni, di tutti gli impatti rilevanti su tutti gli attributi per i quali esista una popolazione di potenziali beneficiari e, per ciascuno di essi, aver individuato gli estremi della scala degli impatti.

Successivamente, l'informazione relativa agli estremi della scala degli impatti sarà esplosa secondo lo schema riportato in Tabella 14 (in cui è ripreso l'esempio di Tabella 13). I livelli intermedi rappresentano possibili livelli di impatto diversi dagli estremi e materialmente plausibili. Nel caso di attributi e relativi impatti la cui natura è dicotomica, che possono cioè assumere solo due valori, i livelli intermedi non sono necessari. Il numero di livelli intermedi da indicare può essere valutato nella precedente fase di ricerca qualitativa e deve essere:

- sintetico
- esprimere intervalli per quanto possibile regolari tra i diversi livelli
- rappresentare variazioni nei benefici goduti dalla popolazione abbastanza grandi da essere avvertiti.

Nel caso in cui il livello attuale dell'attributo non coincida con il livello di massimo impatto negativo o positivo, dovrà essere riportato almeno un livello intermedio, indicando comunque che si tratta dello stato attuale (vedi esempio in Tabella 14).

| Attributo impattato                 | Scala degli impatti   |   |  |
|-------------------------------------|---|---|--|
|                                     | Livello corrispondente al massimo effetto negativo  | Livelli intermedi   | Livello corrispondente al massimo effetto positivo   |
| Salubrità dell'aria                 | Aumento del 5% dell'incidenza di malattie respiratorie nella popolazione residente entro 5 km IN FASE DI CANTIERE                                   | +4%; +3%; +2%; +1%  | Nessuna variazione della salubrità dell'aria   |
|                                     | Incremento del 50% del processo di formazione di depositi da inquinamento sulle superfici esterne degli edifici siti entro 5 km IN FASE DI CANTIERE | +25%  | Nessun incremento del processo di formazione di depositi da inquinamento sulle superfici esterne degli edifici |
| Uso ricreativo degli specchi acquei | Limitazione all'uso dello specchio acqueo A per la nautica da diporto   | Parziale limitazione all'uso dello specchio acqueo A per la nautica da diporto;<br><br>Limitazione all'uso degli specchi acquei B e C per la pesca sportiva e libertà d'uso dello specchio A per la nautica da diporto ( <i>situazione attuale</i> );<br><br>Recupero all'uso dello specchio acqueo B per la pesca sportiva | Recupero degli specchi acquei B e C all'uso per la pesca sportiva  |

Tabella 14 - Esempio di schema attributi/impatti e livelli

Il gruppo di lavoro dovrà inoltre assicurarsi:

- che sia disponibile, per ciascun attributo, una descrizione concisa, facile da comprendere e che focalizza l'attenzione quanto più possibile sull'aspetto che è rilevante per i portatori di interessi;
- che i livelli di possibile variazione siano espressi in una scala comprensibile ai portatori di interesse o che siano comunque presenti gli elementi necessari per comprendere l'entità degli effetti;
- che la scala di variazione dei livelli presenti differenze rilevanti tra un livello e l'altro per il rispondente, tali da determinare una apprezzabile differenza nei benefici ottenuti;
- che i livelli, se descritti in termini qualitativi, cioè senza l'utilizzo di numeri, siano almeno ordinabili dal basso all'alto o dal migliore al peggiore.

Altre indicazioni riguardo ad attributi e livelli:

- E' preferibile limitare il numero di attributi a non più di 6-10 attributi se tutti molto rilevanti, e ad un numero inferiore se solo alcuni sono effettivamente considerati molto rilevanti dalle persone intervistate nella fase precedente;
- E' preferibile limitare il numero di livelli a 4-6 livelli o meno, particolarmente quando le differenze non sono grandi o se i livelli sono espressi in termini qualitativi;
- I livelli possono essere espressi in termini assoluti (100 alberi, 1000 tonnellate..., rischio elevato) o in forma di variazione (-50, +20%, moderata diminuzione), purché si adotti o una forma o l'altra per tutti gli attributi.

### L'individuazione di un attributo monetario

In precedenza, nel descrivere il metodo della scelta sperimentale, si era anticipato che la scelta serve a far emergere la DAP o la DAA dei soggetti intervistati in quanto campione rappresentativo della popolazione

interessata. In particolare, si era evidenziato come ciascuna alternativa delle tre, presentate attraverso un questionario di scelta sperimentale, comporti un ipotetico costo oppure offra un ipotetico guadagno. L'elemento del questionario che presenta al rispondente tale costo o tale guadagno è chiamato **attributo monetario** e può assumere qualunque forma sia coerente con le alternative che vengono presentate ai rispondenti: può avere natura fiscale, di tariffa, di pagamento *una tantum*, può ripetersi periodicamente oppure essere legato a fatti specifici, come nel caso del pagamento di un ticket. Dal momento che le alternative presentate ai rispondenti rappresentano scenari basati sulle conseguenze della localizzazione di nuovi elementi di una rete GNL, tipologie di attributo monetario che sembrano particolarmente adeguate a esprimere i costi o i benefici di ciascuna alternativa potrebbero essere rappresentati da strumenti fiscali, che possono essere gestiti dal governo regionale oppure da variazioni nei costi in bolletta.

È importante sottolineare che l'attributo monetario deve apparire plausibile ai rispondenti, ma non è in alcun modo necessario che ad esso corrisponda una decisione politica effettiva. Varie soluzioni possono essere adottate nel caso in cui l'attributo monetario sia valutato come un aspetto politicamente sensibile, indipendentemente dal fatto che poi si deliberino veramente dei costi o dei guadagni per i soggetti interessati. Insieme ad altri aspetti della progettazione e della realizzazione del questionario, la gestione della scelta dell'attributo monetario è fortemente legata al contesto del progetto ed è preferibile, piuttosto che presentare qui varie ipotesi, assicurarsi che il gruppo di lavoro selezionato per seguire la scelta sperimentale abbia esperienza specifica e sia in grado quindi di individuare forme di pagamento che consentono di ottenere una DAP o una DAA senza creare difficoltà al governo regionale.

Per essere utilizzabile ai fini del questionario, un attributo monetario deve descrivere, in termini semplici e chiari ai rispondenti, le modalità e le circostanze in cui ciascuna alternativa presentata nel questionario determina un costo o un guadagno. Un esempio di attributo monetario è riportato in Tabella 15 .

### **La struttura del questionario**

Un questionario di scelta sperimentale è un questionario anonimo somministrato ad un campione della popolazione di interesse (vedi sezione sul campione) e si compone nell'ordine di:

- 1) Una breve sezione anagrafica;
- 2) Una o più schede di scelta sperimentale;
- 3) Una sezione di domande aggiuntive per il rispondente.

La sezione anagrafica non si differenzia da quella di una normale campagna di somministrazione di questionari o di ricerche di mercato, ma è opportuno che sia breve per non esaurire l'attenzione e la disponibilità del rispondente prima della scelta sperimentale vera e propria, che richiede concentrazione e impegno.

La sezione centrale, dedicata alla vera e propria scelta sperimentale, è composta da una o più schede (generalmente almeno tre) come quella riportata in Tabella 15 a titolo di esempio. Le alternative A e B sono composte combinando in modo casuale *ciascuno* degli attributi come da Tabella 13 e uno dei suoi livelli possibili. La terza alternativa rappresenta semplicemente lo *status quo*. A seconda dell'impostazione dell'esperimento, a ciascuna alternativa è associato un costo monetario oppure una compensazione monetaria, anch'esse assegnate casualmente all'interno di un insieme di valori possibili. L'alternativa corrispondente allo *status quo* avrà generalmente costo pari a 0 e compensazioni pari a 0.

|  | Alternativa A   | Alternativa B  | Situazione attuale       |
|--|---|--|--------------------------|
| Incidenza di malattie respiratorie nella popolazione residente entro 5 km A REGIME<br><br>(in conseguenza di esposizione a NO <sub>2</sub> ) | -2,5%<br>(Diminuzione della concentrazione media annua di NO <sub>2</sub> pari a 10 µg/m <sup>3</sup> ) | -1%<br>(Diminuzione della concentrazione media annua di NO <sub>2</sub> pari a 5 µg/m <sup>3</sup> ) | Nessuna variazione       |
| Incidenza di malattie respiratorie nella popolazione residente entro 5 km IN FASE DI CANTIERE  | +6%   | +2%  | Nessuna variazione       |
| Formazione di depositi da inquinamento sulle superfici esterne degli edifici siti entro 5 km IN FASE DI CANTIERE                             | +25%  | +50%   | Nessuna variazione       |
| Limitazione all'uso degli specchi acquei   | Limitazione totale all'uso dello specchio acqueo A per la nautica da diporto                            | Parziale limitazione all'uso dello specchio acqueo A per la nautica da diporto;                      | Nessuna variazione       |
| Compensazione sulla bolletta energetica  | -3 €/mese   | -5 €/mese  | 0                        |
| Alternativa preferita  | <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> |

Tabella 15 - Esempio di scheda di scelta sperimentale

La sezione di domande aggiuntive, generalmente riportata in coda, può essere utilizzata per raccogliere altre informazioni non incluse nella sezione demografica, ma che sono ritenute utili per interpretare i bisogni e le preferenze del rispondente, incluse domande in cui si sollecitano opinioni soggettive (es. quanto ritieni importante la protezione dell'ambiente?).

### *Il disegno dell'esperimento*

Nella letteratura scientifica, per disegno dell'esperimento si intende la pratica di combinare variamente gli attributi rilevanti di un esperimento sui diversi livelli che questi possono assumere in modo da testare determinate ipotesi. Più specificamente, nel caso della scelta sperimentale, il disegno dell'esperimento serve a determinare quali e quante schede di scelta sperimentale debbano essere somministrate e come debbano essere assemblate, unendo insieme varie alternative costruite in modo casuale.

Tale scelta ha implicazioni molto significative. Supponiamo che, combinando casualmente gli attributi e i loro livelli, sia possibile essere certi che ogni possibile combinazione sia stata esaminata da almeno un rispondente. Ad esempio, supponiamo che il gruppo di lavoro abbia individuato tre attributi impattati e che ciascuno di essi abbia solo due livelli possibili, uno minimo e uno massimo. Le combinazioni possibili sarebbero  $2^3$ , per un totale di otto combinazioni possibili, un numero per il quale è relativamente facile ipotizzare di avere a disposizione almeno un questionario compilato per ciascuna combinazione. Quando ciò è possibile, l'analisi delle preferenze dei rispondenti viene realizzata in condizioni particolarmente favorevoli da un punto di vista statistico, accrescendo la ricchezza e il dettaglio delle stime.

Tuttavia, se il numero di attributi e di livelli non è molto piccolo, il numero di questionari da somministrare per coprire tutte le combinazioni cresce rapidamente. Ad esempio, la tabella 13 presenta 5 attributi, di cui (da Tabella 13 e Tabella 14) il secondo risulta avere 6 livelli, il terzo tre livelli e il quarto cinque livelli. Se per semplicità ipotizziamo che il primo attributo e l'attributo monetario abbiano ciascuno tre livelli, l'insieme delle combinazioni possibili sarà dato da  $3 \times 6 \times 3 \times 5 \times 3 = 3^3 \times 6 \times 5$  cioè 810 possibili combinazioni. In molti casi il numero di combinazioni può risultare assolutamente fuori della portata di una campagna di

questionari. Per questo motivo, le tecniche di disegno dell'esperimento consentono di preservare alti livelli di qualità dei dati riducendo in modo ragionato il numero di schede da somministrare. Il tema presenta notevoli complessità e si suggerisce approfondire in Louviere et al. (2000, cap. 4) e di affidare il procedimento di disegno dell'esperimento a personale con competenze avanzate in materia statistica.

Il numero di schede da somministrare può in ogni caso essere relativamente limitato e più di una scheda può essere assegnata a ciascun rispondente. In linea di principio, la scelta sperimentale non richiede più interviste di una qualunque campagna demoscopica di medie dimensioni.

### **La popolazione dei portatori di interessi e il campione**

La definizione dell'universo dei soggetti che soddisfano i loro bisogni utilizzando i beni ambientali su cui l'intervento ha degli effetti è uno degli aspetti più delicati dell'esperimento. Non è possibile presentare in questo documento tutti gli aspetti rilevanti di questo problema, che sono sufficientemente vasti e complessi da costituire una disciplina a sé stante all'interno del campo della statistica e dei metodi della ricerca sociale. Si rinvia a questo proposito alle già citate opere in bibliografia (Louviere et al. 2000; Corbetta 2014) nelle sezioni che trattano il tema, e solo come punto di partenza.

Allo scopo di offrire un supporto pratico a istituzioni impegnate nella valutazione di un intervento, sembra invece più utile offrire alcuni spunti che consentano di interagire in modo efficace e trasparente con i soggetti tecnici che saranno incaricati di svolgere l'analisi. La Tabella 16 e Tabella 17 riportano una classificazione di diverse tipologie di portatori di interessi che possono essere individuati e inclusi nel campione.

| <b>Utenti portatori di interesse</b>   | <b>Delimitazione della popolazione da campionare</b>  | <b>Inclusione nel campione</b>   |
|--|---|--|
| <p>Utenti diretti del bene ambientale</p> <p><i>Sono consumatori finali del bene, da cui traggono beneficio personalmente</i></p>                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Individuazione iniziale a tavolino tramite analisi del territorio;</li> <li>- Aggiustamenti attraverso interviste qualitative ad esperti e residenti locali;</li> <li>- Monitoraggio sul terreno.</li> </ul> | <p>Sempre, con copertura di tutte le principali modalità e preferenze di utilizzo.</p>   |
| <p>Utenti indiretti del bene ambientale</p> <p><i>Sono soggetti di qualunque tipo che ottengono un beneficio dovuto all'esistenza di beneficiari diretti</i></p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Individuazione iniziale a tavolino tramite analisi del territorio;</li> <li>- Aggiustamenti attraverso interviste qualitative ad esperti e residenti locali;</li> <li>- Somministrazioni pilota.</li> </ul>  | <p>Se si tratta di produttori, è generalmente preferibile stimare il beneficio indiretto con altri metodi, escludendoli dal campione;</p> <p>Se non si tratta di produttori, sono generalmente da includere se il beneficio indiretto ottenuto non è troppo piccolo.</p> |

Tabella 16 -Utenti portatori di interesse e campione dell'esperimento

| <b>Non utenti portatori di interesse</b>   | <b>Delimitazione della popolazione da campionare</b>  | <b>Inclusione nel campione</b>   |
|--|---|--|
| Utenti potenziali<br><i>Sono soggetti che ora non beneficiano del bene ambientale ma hanno interesse a poterlo fare in futuro, se lo vorranno</i>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Individuazione attraverso interviste qualitative ad esperti e residenti locali;</li> <li>- Somministrazioni pilota.</li> </ul> | Sono da includere nel campione se il bene ambientale non è facilmente sostituibile, se le prospettive di utilizzo futuro non sono del tutto ipotetiche e se il beneficio derivante dalla possibilità futura di utilizzo del bene non è troppo piccolo. |
| Altri portatori di interessi<br><i>Sono soggetti che non utilizzano il bene e non hanno l'aspettativa di utilizzarlo in futuro, ma derivano un beneficio dal fatto di sapere che il bene esiste, è utilizzabile da qualcuno o è preservato per le future generazioni</i> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Individuazione attraverso interviste qualitative ad esperti e residenti locali;</li> <li>- Somministrazioni pilota.</li> </ul> | Sono da includere solo se tale inclusione è coerente con gli obiettivi dell'esperimento.   |

Tabella 17 - Non utenti portatori di interesse e campione dell'esperimento

Gli utenti diretti e indiretti dei beni ambientali interessati (Tabella 16 e Tabella 17) sono inclusi in quasi tutti i campioni per un questionario di scelta sperimentale, salvo il caso in cui il beneficio indiretto sia talmente limitato da essere irrilevante, troppo difficile da individuare o nel caso in cui altri metodi di stima siano più agevoli. Ad esempio, il beneficio ambientale che deriva ai proprietari di alcune abitazioni dal fatto di avere accesso al panorama attraverso le finestre è più agevolmente stimato confrontando il prezzo di mercato del loro immobile con quello di immobili analoghi ma senza panorama.

L'insieme degli utenti diretti e indiretti costituisce una soluzione ragionevole per campionare i portatori di interessi di beni ambientali che hanno un interesse preminentemente locale. In questi casi, il beneficio ricevuto da soggetti non utenti può facilmente essere troppo limitato per costituire un'informazione determinante e giustificare l'estensione della popolazione da campionare. In queste circostanze, la popolazione interessata viene tipicamente circoscritta entro una certa distanza dal bene ambientale. In taluni casi, la natura del bene ambientale è tale per cui anche i beneficiari diretti e indiretti non sono circoscrivibili ad una limitata distanza dal punto dell'intervento, come nel caso del clima rispetto alle emissioni di gas serra o in quello delle acque marine e terrestri nei confronti di molti tipi di sostanze inquinanti.

L'insieme dei non utenti portatori di interesse è parte del campione quando il bene ambientale produce una proporzione significativa di benefici immateriali, che non si esauriscono con l'uso del bene. Si tratta di fenomeni estremamente variabili nel tempo e a seconda delle circostanze, ma che si possono facilmente interpretare se si considera che, plausibilmente, esiste una disponibilità a pagare in Europa per la sopravvivenza della tigre siberiana in cattività o per microorganismi estremofili che popolano proibitivi ambienti sottomarini. La rilevanza dei beni ambientali discende dal valore che viene loro attribuito a prescindere dal motivo per cui ciò avviene. Dunque, l'ipotesi che questi possano offrire benefici diretti o

indiretti in futuro, che siano ancora presenti per le future generazioni o il semplice fatto che esistano sono ragione sufficiente per riconoscere che tali beni apportano beneficio a qualcuno.

L'inclusione dei non utenti nel campione dell'esperimento è consigliabile quando è plausibile che la disponibilità a pagare per questi beni, anche da parte di chi non li utilizza, sia tale da incidere in modo avvertibile sul valore totale del bene. La loro esclusione è possibile e, in qualche caso, necessaria, quando gli obiettivi dell'esperimento sono in conflitto con la definizione di una popolazione di portatori di interesse così ampia. Ad esempio, interventi pianificati su scala regionale o nazionale possono non tener conto dell'intera platea dei portatori di interessi se non è possibile o ragionevole attribuire al bene porzioni di valore attribuite da persone che non risiedono nella giurisdizione interessata o se non è possibile estendere la scala dell'esperimento al di fuori della giurisdizione interessata.

## **Implementazione dell'esperimento**

### ***Tecnica di somministrazione***

La somministrazione del questionario può essere realizzata con qualunque metodo compatibile con la sua struttura, quindi anche in formato elettronico, postale e, nel caso di questionari con pochi attributi e livelli, anche in formato telefonico. Deve comunque essere possibile, per il rispondente, avere una completa rappresentazione delle alternative in mente nel momento in cui opera la scelta. Nel caso di questionari non elementari, dunque, la disponibilità di schede da visualizzare è essenziale e le interviste telefoniche non sono quindi possibili. I rispondenti possono ricevere o meno un incentivo a partecipare e possono essere lasciati liberi di compilare la scheda, altrimenti la compilazione può essere a cura dell'intervistatore nel caso delle interviste faccia a faccia.

Gli intervistatori devono tenere traccia degli intervistati che rifiutano di rispondere alle schede di scelta sperimentale, qualora possibile compilando almeno la parte anagrafica del questionario. Può essere opportuno inserire una domanda rivolta a chi rifiuta di rispondere alla sezione con le schede di scelta sperimentale o all'intero questionario, allo scopo di indagare il motivo dell'indisponibilità a rispondere. A chi svolgerà l'analisi spetta di utilizzare queste informazioni, ad esempio con lo scopo di verificare se intere categorie di portatori di interessi hanno rifiutato l'intervista e non sono dunque rappresentate.

Le schede di scelta sperimentale devono essere precedute da un testo scritto con linguaggio semplice, che presenti le istruzioni per rispondere alla domanda e collochi la domanda in un contesto che incentivi risposte veritiere e ragionate. Nello specifico, supponendo che il rispondente tragga un beneficio dal bene ambientale coinvolto, occorre presentare le alternative presenti sulla scheda, incluso lo status quo, come possibili situazioni future. Al rispondente deve essere chiarito che la sua risposta servirà all'assunzione di una decisione in merito e avrà il potere di influenzarla.

Il testo in questione è preferibilmente letto dall'intervistatore, se il formato ne prevede uno, e questi deve essere formato allo scopo di poter rispondere ad eventuali dubbi del rispondente in modo comprensibile e neutro. I casi in cui il rispondente rifiuti specificamente di rispondere alla scheda di scelta sperimentale devono essere documentati e deve essere riportata un' indicazione sui motivi di tale rifiuto, se possibile.

### ***Somministrazioni pilota***

La somministrazione principale del questionario deve essere preceduta da una o più campagne pilota, finalizzate a mettere alla prova il questionario stesso. Il questionario di scelta sperimentale somministrato in fase pilota è generalmente lo stesso che si intende utilizzare nella somministrazione principale, ma se necessario possono essere ridotte le sezioni che contengono le informazioni sul rispondente.

Scopo delle somministrazioni pilota è verificare se, posti di fronte al questionario, i rispondenti sono in grado di fornire una risposta consapevole e sensata e se tale risposta dimostra che gli attributi con cui sono descritte le alternative sono effettivamente rilevanti.

Ciascuna campagna pilota può essere indirizzata ad un campione ristretto, anche considerevolmente più piccolo rispetto a quello della campagna principale. Piccole campagne pilota iniziali possono essere indirizzate a poche decine di persone se realizzate con il limitato obiettivo di verificare che il testo del questionario risulti comprensibile.

Almeno una campagna pilota deve essere completata con un minimo di 100-150 schede compilate, allo scopo di verificare l'efficacia degli attributi e dei livelli selezionati. Questo tipo di campagna pilota si conclude con una analisi preliminare che deve chiarire se gli attributi che descrivono le alternative e i rispettivi livelli consentono di interpretare le scelte fatte dai rispondenti. In caso contrario può essere necessario riformulare il questionario e ripetere la campagna pilota.

### ***La somministrazione principale***

La somministrazione principale deve svolgersi in un arco limitato di tempo (poche settimane) allo scopo di evitare che elementi estranei all'esperimento possano influire sulle risposte di alcuni intervistati. Se alcuni degli attributi impattati dalla localizzazione di nuovi elementi della rete GNL hanno un ciclo di utilizzo fortemente stagionale (ad es. una spiaggia) è preferibile che la somministrazione avvenga nei mesi di maggiore utilizzo, oppure è utile ripetere brevi campagne complete in diversi momenti dell'anno, tenendo traccia della stagione di somministrazione.

Allo scopo di evitare comportamenti strategici, non è consigliabile dare comunicazione pubblicamente, con largo anticipo e con ricchezza di dettagli, riguardo alla campagna di somministrazione. Per lo stesso motivo, un'eccessiva presenza del tema GNL sui mezzi di comunicazione determina possibili distorsioni non desiderabili nel comportamento dei rispondenti che andrebbero evitate: l'organizzazione della campagna principale può beneficiare dell'esistenza di servizi giornalistici che hanno fornito informazioni equilibrate e neutre sulla materia, ma se il livello di attenzione e polemica sul tema fosse eccessivo, è preferibile per quanto possibile rimandare la somministrazione.

Per quanto possibile, i dati raccolti in tutte le campagne di somministrazione, in particolare in quella principale, dovrebbero essere digitalizzati in origine o a brevissima distanza temporale dalla somministrazione, meglio se con l'intervento diretto degli stessi intervistatori.

### ***La digitalizzazione dei dati***

I dati raccolti attraverso un questionario di scelta sperimentale devono essere digitalizzati per poter procedere con l'analisi dei risultati. Per semplificare la fase di analisi, è utile che il database di digitalizzazione rispetti il formato c.d. di *long data format* che è compatibile, eventualmente dopo limitati

aggiustamenti, con i principali software di analisi statistica. La Tabella 18 presenta un esempio di questo formato che è immediatamente utilizzabile con il noto software commerciale STATA:

| N. di riga | Id rispondente | Scheda di scelta | Alternativa | Scelta | Attributo 1 | Attributo 2 | Attributo di costo (€) | Caratteristiche del rispondente |  |  |
|------------|----------------|------------------|-------------|--------|-------------|-------------|------------------------|---------------------------------|--|--|
| 1          | 1              | 1                | A           | 0      | Basso       | Basso       | 0                      |                                 |  |  |
| 2          | 1              | 1                | B           | 0      | Alto        | Molto basso | 10                     |                                 |  |  |
| 3          | 1              | 1                | C           | 1      | Medio       | Alto        | 0                      |                                 |  |  |
| 4          | 1              | 2                | A           | 0      | Alto        | Medio       | 5                      |                                 |  |  |
| 5          | 1              | 2                | B           | 1      | Molto alto  | Medio       | 5                      |                                 |  |  |
| 6          | 1              | 2                | C           | 0      | Medio       | Alto        | 0                      |                                 |  |  |
| 7          | 2              | 1                | A           | 0      | Alto        | Medio       | 10                     |                                 |  |  |
| 8          | 2              | 1                | B           | 1      | Molto alto  | Basso       | 5                      |                                 |  |  |
| 9          | 2              | 1                | C           | 0      | Medio       | Alto        | 0                      |                                 |  |  |
| 10         | 2              | 2                | A           | 1      | Alto        | Alto        | 10                     |                                 |  |  |
| 11         | 2              | 2                | B           | 0      | Alto        | Medio       | 5                      |                                 |  |  |
| 12         | 2              | 2                | C           | 0      | Medio       | Alto        | 0                      |                                 |  |  |

Tabella 18 -Formato dei dati per analisi (long data format)

La prima colonna rappresenta un numero progressivo di riga senza alcun significato ulteriore. La seconda colonna riporta un indice identificativo univoco per ciascun rispondente. In questo ipotetico estratto di database sono dunque registrate le risposte di due intervistati. Nella terza colonna è riportato il numero progressivo di scheda di scelta sottoposta a quel rispondente: in questo esempio ciascun rispondente doveva compilare due schede di scelta. Nella quarta colonna, è riportata una lettera identificativa dell'alternativa: si può quindi osservare come ciascuna alternativa su ciascuna scheda di scelta abbia una riga propria. Nella quinta colonna è riportato il valore 1 per l'alternativa selezionata in una data scheda di scelta e il valore 0 è invece assegnato alle alternative che non sono state scelte. Ogni tre righe devono quindi contenere un solo uno e due zeri. Le colonne successive sono assegnate ciascuna ad un attributo, di cui viene riportato il livello in quella data alternativa. Ad esempio, la riga 8 ci dice che il secondo rispondente nella sua prima scheda di scelta aveva una alternativa B, che ha selezionato, in cui l'attributo 1 aveva livello "molto alto" mentre l'attributo 2 aveva livello "basso" e il costo dell'alternativa era 5 Euro. Le colonne successive riportano i valori numerici relativi alle caratteristiche del rispondente che sono stati raccolti attraverso le altre sezioni del questionario. Trattandosi di caratteristiche del rispondente, i valori non variano da riga a riga finché non si raggiunge il rispondente successivo: ad esempio, avremmo gli stessi valori tra la riga 1 e la 6 e un'altra serie di valori tra la riga 7 e la 12.

## Analisi

I dati derivanti dalla campagna di somministrazione e organizzati secondo la struttura di Tabella 18 possono a questo punto essere utilizzati per l'analisi. Non è possibile esaurire in questo documento tutti gli aspetti rilevanti, teorici e pratici, che governano l'analisi di dati da scelta sperimentale. Nei prossimi paragrafi si cercherà quindi di trasmettere informazioni di base, utili ad orientare l'azione istituzionale che accompagna l'analisi vera e propria, svolta necessariamente da soggetti qualificati appositamente inseriti nel gruppo di lavoro.

### I modelli comportamentali

La raccolta di dati attraverso un questionario come quello di Tabella 15 ha essenzialmente un obiettivo: comprendere il processo comportamentale che porta l'intervistato a scegliere proprio una tra le alternative che gli vengono presentate e non le altre due. L'ipotesi è che ci siano dei fattori che determinano la scelta dell'intervistato e che ne sono la causa. Alcuni tra questi fattori sono stati osservati attraverso il questionario: quanto più il lavoro di preparazione del questionario sarà stato accurato, tanto più i fattori osservati attraverso di esso rappresenteranno gli elementi principali che causano la scelta. Tuttavia, una serie di circostanze (o fattori), rilevanti per la scelta resteranno comunque non osservati e non sarà dunque possibile stabilire in modo deterministico che, dati i fattori da noi osservati, l'intervistato sicuramente sceglierà una certa alternativa. Dovremo invece derivare informazioni sulla probabilità di una certa scelta rispetto ad altre, dati i fattori osservati.

In estrema sintesi, seguendo Train (2003, pg. 20 e sgg. ), i modelli comportamentali adottati nell'analisi dei dati da scelta sperimentale prendono la seguente forma generale. L'individuo  $n$  deve scegliere tra  $J$  alternative. La decisione comporta un certo livello di utilità da ciascuna alternativa. L'utilità dell'individuo  $n$  ottiene dall'alternativa  $j$  è  $U_{nj}$  con  $j = 1, \dots, J$ . Questa utilità è nota a chi assume la decisione ma non a chi la osserva in conseguenza dei fattori non osservati. Si assume, però, che l'intervistato scelga l'alternativa che gli assicura maggiore utilità, cioè l'alternativa  $i$  è selezionata se e solo se  $U_{ni} > U_{nj} \forall j \neq i$ . Chi osserva la scelta è informato solo su alcuni attributi delle alternative tra cui è stata fatta la scelta, indicati con  $x_{nj} \forall j$  e alcune caratteristiche dell'intervistato indicate con  $s_n$ . Risulta quindi possibile specificare una funzione che mette in relazione i fattori osservati con l'utilità ottenuta per cui  $V_{nj} = V(x_{nj}, s_n) \forall j$  e che dipende da parametri sconosciuti all'osservatore e deve essere stimata statisticamente. Nello specifico, poiché ci sono aspetti dell'utilità che non possono essere osservati,  $V_{nj} \neq U_{nj}$  e l'utilità viene scomposta come  $U_{nj} = V_{nj} + \varepsilon_{nj}$  dove  $\varepsilon_{nj}$  rappresenta tutti i fattori che influenzano l'utilità ma non sono inclusi in  $V_{nj}$ . Dal momento che  $\varepsilon_{nj}$  non è noto, deve essere trattato come casualmente distribuito, con densità congiunta del vettore casuale  $\varepsilon_n = \langle \varepsilon_{n1}, \dots, \varepsilon_{nJ} \rangle$  indicata come  $f(\varepsilon_n)$ . A questo punto è possibile caratterizzare il processo comportamentale così che l'individuo  $n$  sceglie l'alternativa  $i$  con probabilità:

$$\begin{aligned} P_{ni} &= \text{Prob}(U_{ni} > U_{nj} \forall j \neq i) \\ &= \text{Prob}(V_{ni} + \varepsilon_{ni} > V_{nj} + \varepsilon_{nj} \forall j \neq i) \\ &= \text{Prob}(\varepsilon_{nj} - \varepsilon_{ni} < V_{ni} - V_{nj} \forall j \neq i) \end{aligned}$$

Utilizzando  $f(\varepsilon_n)$  è possibile riscrivere questa probabilità come

$$P_{ni} = Prob(\varepsilon_{nj} - \varepsilon_{ni} < V_{ni} - V_{nj} \quad \forall j \neq i) = \int_{\varepsilon} I(\varepsilon_{nj} - \varepsilon_{ni} < V_{ni} - V_{nj} \quad \forall j \neq i) f(\varepsilon_n) d\varepsilon_n$$

dove  $I(\cdot)$  è una funzione indicatore che assume valore 1 quando il termine in parentesi è vero e 0 quando è falso. Selezionando opportune specificazioni della densità  $f(\varepsilon_n)$  sarà possibile stimare i parametri del modello (cioè il “peso” di ciascun fattore osservato che interviene in  $V_{nj}$  nel determinare il risultato). In particolare, nel nostro caso, sarà disponibile il peso attribuito a ciascun attributo ambientale impattato e l’effetto delle caratteristiche individuali del rispondente su questo peso. Inoltre, l’opposto del rapporto tra il peso di un qualunque attributo impattato e il peso dell’attributo monetario potrà essere interpretato come la DAP/DAA per variazioni del livello dell’attributo impattato.

### *La selezione di uno stimatore econometrico e la stima di uno specifico modello*

Tutti i principali software commerciali di analisi statistica e diversi prodotti gratuiti sono in grado di utilizzare, in modo più o meno semplice, diversi stimatori econometrici che interpretano la scelta dei rispondenti in funzione delle caratteristiche delle alternative presenti nella scheda di scelta e delle caratteristiche individuali del rispondente. Ciascun stimatore attribuisce alla densità  $f(\varepsilon_n)$  una specificazione diversa, riferendosi per il resto alla struttura di base del modello comportamentale vista nella sezione precedente. Sono frequentemente utilizzati (e ampiamente presentati nella manualistica scientifica disponibile in lingua inglese e italiana, a vari livelli di complessità) stimatori come il (alternative specific) conditional logit, il mixed logit, i conditional logit a classi latenti, logit nidificati e varie specificazioni dello stimatore probit.

In questa sede, piuttosto che sulle caratteristiche tecniche di questi approcci alla stima dei dati provenienti da questionari di scelta sperimentale, può essere utile soffermarsi su alcune scelte di fondo che vengono fatte al momento della stima e che sono facilmente interpretabili senza necessità di particolari competenze in materia statistica.

- Nella stima dei risultati possono essere fatte le seguenti assunzioni a priori circa le preferenze dei rispondenti: preferenze tendenzialmente omogenee tra tutti i rispondenti; preferenze omogenee all’interno di gruppi di rispondenti; presenze eterogenee da individuo a individuo in base alle caratteristiche personali. La seconda e la terza assunzione, certamente più realistiche, conducono potenzialmente a risultati più precisi ma richiedono maggiori informazioni sui rispondenti e un numero maggiore di questionari. La difficoltà di rilevare le caratteristiche personali che motivano la scelta, talvolta imponderabili, non osservabili, ecc., può condurre l’assunzione apparentemente irrealistica di preferenze omogenee tra tutti i rispondenti ad offrire comunque i risultati più attendibili;
- I tradizionali modelli economici di interpretazione della scelta individuale assumono, in termini molto sintetici, che le scelte individuali non siano indifferenti al prezzo. Nel caso dei beni ambientali, però, la possibilità che un rispondente selezioni sempre la soluzione che ritiene più ambientalmente preferibile indipendentemente dal prezzo non può essere esclusa a priori e, se

molto frequente, deve essere interpretata come una scelta errata nei livelli dell'attributo di prezzo, il che richiede una riformulazione del questionario, oppure come un segnale di indisponibilità alla transazione. Se questo è il caso, cioè se nessuna somma è in grado di far cambiare idea al rispondente, il formato sperimentale non è in grado di estrarre informazioni dal questionario. Questo fenomeno non invalida, di per sé, l'intera campagna di somministrazione ma deve essere trattato da personale qualificato in sede di analisi e occorre che ne sia tenuta traccia con grande precisione.

### *I risultati e la risposta agli obiettivi dell'esperimento*

L'interpretazione dei risultati e, in particolare, il confronto dei risultati con gli obiettivi dell'esperimento deve essere svolto in collaborazione tra il gruppo di lavoro e l'ente che ha deliberato la realizzazione dell'esperimento. Anche in questo caso, per gli aspetti tecnici del problema si rimanda alla già citata letteratura in materia, secondo il criterio per cui si presuppone che l'analisi sia svolta da esperti dei metodi di scelta sperimentale e sia invece richiesto all'ente di disporre di una idea generale di quali risultati possono essere ottenuti e di come possono essere utilizzati.

Presentiamo quindi, qui di seguito, un riepilogo dei principali elementi informativi che possono essere estratti dall'analisi dei dati.

- 1) Per ciascuna coppia di attributi presenti nell'esperimento, è possibile determinare un saggio marginale di sostituzione tra i due, ovvero il decremento che i rispondenti sono disposti a tollerare nel livello di uno dei due attributi in cambio di un aumento unitario nell'altro. Questo valore offre informazioni sull'importanza relativa assegnata dai rispondenti a ciascun attributo, cioè sulle loro preferenze, e permette di disegnare interventi ottimizzati in tal senso. Inoltre, con una adeguata modellistica, è possibile stimare separatamente le preferenze di gruppi differenti di rispondenti o testare l'ipotesi di preferenze variabili secondo un dato schema;
- 2) Per ciascun attributo, è possibile stabilire la DAP o la DAA per una variazione unitaria del suo livello. Questo valore offre una informazione cruciale circa la valutazione economica fatta dai rispondenti riguardo a quell'attributo e, anche in questo caso, è possibile stimare preferenze eterogenee a questo proposito;
- 3) Con apposita modellistica, è possibile rilevare la presenza di forti bias a favore o contro lo status quo, individuando categorie di rispondenti che manifestano scarsa disponibilità a completare transazioni di natura ambientale o che esprimono una posizione di forte protesta rispetto allo stato attuale delle cose;
- 4) I parametri stimati nell'analisi dei dati possono essere utilizzati per calcolare in termini monetari il valore di benessere associato allo status quo o a sue specifiche variazioni;
- 5) In particolare, in assenza di gravi criticità sull'accettabilità del progetto (discusse nella sezione 2.2 di questo documento) la variazione di benessere complessiva è ottenuta moltiplicando DAP o DAA per il numero totale di individui nella popolazione interessata.

I risultati elencati sopra possono rispondere a domande di diverso tipo: 'l'intervento aumenterà o diminuirà (e di quanto) il benessere dei rispondenti?' 'Qual è la sua configurazione ottimale da un punto di vista ambientale, se esistono alternative?' 'Quali componenti della popolazione portatrice di interessi beneficiano maggiormente e quali sono maggiormente danneggiate?' 'Quanto spazio esiste per realizzare compensazioni?'

Se in fase di definizione degli obiettivi, gli obiettivi dell'esperimento sono stati fissati in modo preciso, i risultati ottenuti dovrebbero dunque, in termini generali, rispondere in modo esaustivo. Tuttavia, deve

essere sottolineato che, anche in presenza di variazioni positive del valore, sottostante alla sua stima vi è una popolazione che probabilmente ha bisogni e preferenze eterogenee e spetta dunque all'ente determinare se direttamente oppure attraverso compensazioni plausibili, l'intervento sia complessivamente desiderabile e vantaggioso per la collettività.

## **Bibliografia ragionata sulla scelta sperimentale**

### ***Aspetti preliminari (ricerca sociale)***

Acocella I (2015) Il focus group: teoria e tecnica. Franco Angeli, Milano.

Corbetta P (2014) Metodologia e tecniche della ricerca sociale. Il Mulino, Bologna.

### ***Introduzione alla scelta sperimentale***

Hensher DA, Rose JM, Greene WH (2005) Applied Choice Analysis: A Primer. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Johnstone R, Boyle K, Adamowicz W, et al (2017) Contemporary guidance for stated preference studies. Journal of the Association of Environmental and Resource Economists 4:319–402.

Louviere J, Hensher DA, Swait JD (2000) Stated Choice Methods. Analysis and Applications. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

### ***Valutazione di welfare ed economica con la scelta sperimentale***

McConnell KE (1995) Consumer surplus from discrete choice models. Journal of Environmental Economics and Management 29:263–270.

### ***Nel campo della valutazione ambientale***

Adamowicz W, Hanley N, Wright R (1998) Using Choice Experiments to Value the Environment. Environmental and Resource Economics 11:413–428.

Hanley N, Mourato S, Wright RE (2001) Choice modelling approaches: a superior alternative for environmental valuation? Journal of Economic Surveys 15:435–462.

Hoyos D (2010) The state of the art of environmental valuation with discrete choice experiments. Ecological Economics 69:1595–1603.

### ***In campo energetico***

Scarpa R, Willis K (2010) Willingness-to-pay for renewable energy: Primary and discretionary choice of British households' for micro-generation technologies. Energy Economics 32:129–136.

Vecchiato D, Tempesta T (2015) Public preferences for electricity contracts including renewable energy: A marketing analysis with choice experiments. Energy 88:168–179.

### ***Metodi statistici di stima***

Hole AR (2007) Fitting mixed logit models by using maximum simulated likelihood. Stata Journal 7:388–401.

Hole AR, Kolstad JR (2012) Mixed logit estimation of willingness to pay distributions: A comparison of models in preference and WTP space using data from a health-related choice experiment. Empirical Economics 42:445–469.

McFadden D (1974) Conditional logit analysis of qualitative choice behavior. In: Zarembka P (ed) Frontiers in Econometrics. Academic Press, New York, pp 105–142

Pacifico D, Yoo H II (2013) Lclogit: A stata command for fitting latent-class conditional logit models via the expectation-maximization algorithm. Stata Journal 13:625–639.

Train KE (2003) Discrete Choice Methods with Simulation. Cambridge University Press 1–388.