



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Progetto TDI RETE-GNL

Tecnologie e Dimensionamento di Impianti per la RETE di distribuzione primaria di GNL nei porti dell'area transfrontaliera

Output T2.1.1 “Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale”



TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 “Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale”



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Sommario

1. DESCRIZIONE PROGETTO E OUTPUT T2.1.1 (STUDIO PER UN PIANO D'AZIONE CONGIUNTO PER IL GNL IN AMBITO PORTUALE)	9
2. SCHEDA DI SINTESI DEL PRODOTTO T2.1.1 (“REVIEW DEI PROGETTI E DEGLI STUDI DEDICATI ALLA DOMANDA E ALL’OFFERTA DI SERVIZI DI BUNKERING NEI PORTI”)	14
2.1. Finalità del prodotto T2.1.1	14
2.2. Sezione A: Progetti europei	16
2.3. Sezione C: Paper accademici	22
2.3.1. Le dimensioni spaziali e temporali	29
2.3.2. La prospettiva teorica adottata (theoretical perspective)	30
2.3.3. La tipologia di documento e il metodo applicato	32
2.3.4. Tecnologie di bunkering	33
3. SCHEDA DI SINTESI DEL PRODOTTO T2.1.2 (“REPORT PER LA MAPPATURA DELLA DOMANDA”)	36
3.1. Finalità del prodotto T2.1.2	36
3.2. La domanda di GNL: caratteristiche e specificità	36
3.3. La domanda di GNL in ambito marittimo-portuale: il modello concettuale proposto	37
3.3.1. Domanda marittima	37
3.3.2. Domanda portuale di GNL	39
3.3.3. Domanda terrestre di GNL	39
3.4. Profili metodologici connessi all’analisi della domanda di GNL	40
3.4.1. Domanda marittima di GNL: delimitazione del campo di indagine, fonti per la raccolta dei dati e struttura del questionario agli armatori.	40
3.5. Mappatura della domanda marittima di GNL: risultati dell’analisi empirica	43
3.5.1. Analisi dello stato attuale e prospettico della flotta internazionale a propulsione GNL	43
3.5.2. Analisi della flotta a propulsione GNL operante in Europa	47
3.5.3. Analisi della flotta a propulsione GNL operata da armatori italiani e francesi	51
3.5.4. Analisi della flotta a propulsione GNL nell’area del Mediterraneo e nell’area di Programma	53
3.6. Mappatura della domanda portuale di GNL: risultati dell’analisi empirica	54
3.6.1. Terminal general cargo	54
3.6.2. Rinfuse liquide	55
3.6.3. Rinfuse solide	55
3.6.4. Cantieristica	55
3.6.5. Terminal passeggeri	55
3.6.6. Marine	55
3.6.7. Altro	56
3.6.8. Calcolo dei KPI connessi ai consumi energetici portuali	56
3.6.9. Metodologia utilizzata	57
3.6.10. Analisi dei fabbisogni energetici del porto di Genova	59

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 “Studio per un piano d’azione congiunto per il GNL in ambito portuale”



Interreg



UNION EUROPÉENNE
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



3.6.11.	<i>Analisi dei fabbisogni energetici del porto di Livorno</i>	59
3.6.12.	<i>Analisi dei fabbisogni energetici del porto di Tolone</i>	59
3.7.	Mappatura della domanda terrestre di GNL: risultati dell'indagine empirica	61
3.7.1.	<i>Domanda di bunkering di GNL connessa alla flotta veicolare terrestre a GNL</i>	61
3.7.2.	<i>Riflessioni sui potenziali consumi di GNL in area industriale</i>	63
4.	SCHEDA DI SINTESI DEL PRODOTTO T2.1.3 (“REPORT PER LA MAPPATURA DELL’OFFERTA”)	65
4.1.	Finalità del prodotto T2.1.3	65
4.2.	Esame dei sistemi di offerta per il bunkering, lo stoccaggio e la distribuzione di GNL: soluzioni tecnologiche principali.	66
4.3.	Profili metodologici	67
4.3.1.	<i>Attività di tipo “on-line research”</i>	67
4.3.2.	<i>Attività di tipo “on-field research”</i>	70
4.4.	Risultati empirici della ricerca	70
4.4.1.	<i>Posizionamento del sistema infrastrutturale per il GNL dell’Area di Programma rispetto alla supply chain complessiva europea e del bacino del Mediterraneo</i>	70
4.4.2.	<i>Infrastrutture per il GNL in Italia: lo stato dell’arte</i>	73
4.4.3.	<i>Infrastrutture per il bunkering e lo stoccaggio di GNL nei porti della Liguria</i>	77
4.4.4.	<i>Infrastrutture per il bunkering e lo stoccaggio di GNL nei porti della Toscana</i>	80
4.4.5.	<i>Infrastrutture per il bunkering e lo stoccaggio di GNL nei porti della Sardegna</i>	82
4.4.6.	<i>Infrastrutture per il GNL in Francia: lo stato dell’arte</i>	87
4.4.7.	<i>Infrastrutture per il bunkering e lo stoccaggio di GNL nei porti della Region PACA</i>	87
4.4.8.	<i>Infrastrutture per il bunkering e lo stoccaggio di GNL nei porti della Corsica</i>	88
4.4.9.	<i>Considerazioni complessive sullo stato attuale e prospettico delle infrastrutture per il bunkering e lo stoccaggio di GNL nei porti dell’Area Obiettivo.</i>	88
4.5.	Business cases e best practices nei porti del Mediterraneo	92
5.	SCHEDA DI SINTESI DEL PRODOTTO T2.2.1 (“LINEE GUIDA PER LA LOCALIZZAZIONE E DIMENSIONAMENTO DI IMPIANTI/DEPOSITI PORTUALI DI GNL”)	93
5.1.	Finalità del prodotto T2.2.1	93
5.2.	Aspetti introduttivi	93
5.2.1.	<i>Il quadro normativo di riferimento</i>	93
5.2.2.	<i>Considerazioni tecniche sull’utilizzo come combustibile navale</i>	94
5.2.3.	<i>Criticità connesse all’impiego di GNL per la propulsione navale</i>	94
5.2.4.	<i>Sistemi di bunkering e filiere di approvvigionamento</i>	95
5.3.	Componenti di impianti e depositi portuali di GNL	97
5.3.1.	<i>L’utenza navale</i>	98
5.3.2.	<i>Trasferimento di GNL: autocisterne e container ISO</i>	98
5.3.3.	<i>Trasferimento via nave</i>	98
5.3.4.	<i>Stoccaggio a terra</i>	99
5.4.	La macro-localizzazione degli impianti e depositi portuali di GNL	99
5.4.1.	<i>Esempi di reti di bunkering e reti SSLNG</i>	100

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 “Studio per un piano d’azione congiunto per il GNL in ambito portuale”



Interreg



UNION EUROPÉENNE
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



5.4.2.	<i>Opportunità di rifornimento</i>	101
5.4.3.	<i>Esempi di valutazione entro l'area obiettivo</i>	101
5.4.4.	<i>Riferimenti normativi</i>	102
5.4.5.	<i>Processi autorizzativi</i>	103
5.5.	La micro-localizzazione degli impianti GNL	103
5.6.	Il dimensionamento degli impianti e dei depositi di GNL in ambito marittimo-portuale	103
6.	SCHEDA DI SINTESI DEL PRODOTTO T2.2.2 (“BEST PRACTICES PER LA PIANIFICAZIONE DEL LAYOUT E DELL’ORGANIZZAZIONE DEI PROCESSI”)	107
6.1.	Finalità del prodotto T2.2.2	107
6.2.	Business cases porto di Genova.	108
6.2.1.	<i>Introduzione.</i>	109
6.2.2.	<i>Descrizione dell'impianto.</i>	110
6.2.3.	<i>Aspetti progettuali, autorizzativi e realizzativi.</i>	110
6.2.4.	<i>Localizzazione.</i>	110
6.2.5.	<i>Modalità di approvvigionamento del bunker.</i>	111
6.2.6.	<i>Utenze e distribuzione.</i>	111
6.2.7.	<i>Dimensionamento e Key Performance Indicators.</i>	111
6.2.8.	<i>Layout e processi.</i>	112
6.2.9.	<i>Procedure di Safety & Security.</i>	112
6.2.10.	<i>Vincoli ambientali.</i>	112
6.3.	Business cases porto di Savona-Vado ligure.	113
6.3.1.	<i>Introduzione.</i>	113
6.3.2.	<i>Descrizione dell'impianto.</i>	113
6.3.3.	<i>Aspetti progettuali, autorizzativi e realizzativi.</i>	114
6.3.4.	<i>Localizzazione.</i>	114
6.3.5.	<i>Modalità di approvvigionamento del bunker.</i>	114
6.3.6.	<i>Utenze e distribuzione.</i>	114
6.3.7.	<i>Dimensionamento e Key Performance Indicators.</i>	115
6.3.8.	<i>Layout e processi.</i>	115
6.3.9.	<i>Procedure di Safety & Security.</i>	115
6.3.10.	<i>Vincoli ambientali.</i>	115
6.4.	Business cases porto di Livorno.	115
6.4.1.	<i>Introduzione.</i>	116
6.4.2.	<i>Descrizione dell'impianto.</i>	116
6.4.3.	<i>Aspetti progettuali, autorizzativi e realizzativi.</i>	116
6.4.4.	<i>Localizzazione.</i>	117
6.4.5.	<i>Modalità di approvvigionamento del bunker.</i>	117
6.4.6.	<i>Utenze e distribuzione.</i>	117
6.4.7.	<i>Dimensionamento e Key Performance Indicators.</i>	118

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 “Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale”



Interreg



UNION EUROPÉENNE
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



6.4.8.	<i>Procedure per la Safety e la Security.</i>	118
6.4.9.	<i>Vincoli ambientali.</i>	118
6.5.	Business cases porto di Cagliari.	118
6.5.1.	<i>Introduzione.</i>	119
6.5.2.	<i>Descrizione dell'impianto.</i>	120
6.5.3.	<i>Aspetti progettuali, autorizzativi e realizzativi.</i>	121
6.5.4.	<i>Localizzazione.</i>	121
6.5.5.	<i>Modalità di approvvigionamento del bunker.</i>	122
6.5.6.	<i>Utenze e distribuzione.</i>	123
6.5.7.	<i>Dimensionamento e Key Performance Indicators.</i>	124
6.5.8.	<i>Layout e processi.</i>	124
6.5.9.	<i>Procedure per la Safety & Security.</i>	125
6.5.10.	<i>Vincoli ambientali.</i>	125
6.6.	Business cases porto di Oristano.	126
6.6.1.	<i>Introduzione.</i>	127
6.6.2.	<i>Descrizione dell'impianto.</i>	127
6.6.3.	<i>Aspetti progettuali, autorizzativi e realizzativi.</i>	128
6.6.4.	<i>Localizzazione.</i>	129
6.6.5.	<i>Modalità di approvvigionamento del bunker.</i>	129
6.6.6.	<i>Utenze e distribuzione.</i>	130
6.6.7.	<i>Dimensionamento e Key Performance Indicators.</i>	131
6.6.8.	<i>Layout e Processi.</i>	132
6.6.9.	<i>Procedure per la Safety & Security.</i>	133
6.6.10.	<i>Vincoli ambientali.</i>	134
6.7.	Business cases porto di Tolone.	136
6.7.1.	<i>Introduzione.</i>	136
6.7.2.	<i>Descrizione dell'impianto.</i>	136
6.7.3.	<i>Aspetti progettuali, autorizzativi e realizzativi.</i>	137
6.7.4.	<i>Localizzazione.</i>	138
6.7.5.	<i>Modalità di approvvigionamento del bunker.</i>	138
6.7.6.	<i>Utenze e distribuzione.</i>	138
6.7.7.	<i>Dimensionamento e Key Performance Indicators.</i>	138
6.7.8.	<i>Layout e Processi.</i>	138
6.7.9.	<i>Procedure per la Safety & Security.</i>	139
6.7.10.	<i>Vincoli ambientali.</i>	139
7.	SCHEDA DI SINTESI DEL PRODOTTO T2.3.1 (“TOOL MANAGERIALI PER VALUTAZIONE INVESTIMENTI IN IMPIANTI RIFORNIMENTO/STOCCAGGIO GNL IN AMBITO PORTUALE”)	140
7.1.	Finalità del prodotto T2.3.1	141
7.2.	Profili metodologici	142

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 “Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale”



Interreg



UNION EUROPÉENNE
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



7.3.	Descrizione voci di costo	143
7.4.	Valutazione economica-finanziaria delle diverse soluzioni di bunkering GNL	144
7.4.1.	<i>Ship to Ship (STS)</i>	145
7.4.2.	<i>Truck to Ship (TTS)</i>	148
7.4.3.	<i>Pipe to Ship (PTS)</i>	151
7.4.4.	<i>Confronto tra i costi OPEX-CAPEX delle diverse soluzioni di bunkering GNL analizzate</i> 155	
7.5.	Analisi mark up multi-scenario	158
7.6.	Meccanismi di incentivazione per investimenti in tecnologie di tipo “green”	170
8.	SCHEDA DI SINTESI DEL PRODOTTO T2.3.2 (“REPORT SU SINERGIE: PROFILI ECONOMICI, RISPARMIO ENERGETICO E SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE”)	171
8.1.	Finalità del prodotto T2.3.2	171
8.2.	Analisi dello stato dell’arte sui cicli cogenerativi e trigenerativi	172
8.2.1.	<i>Tecnologie di cogenerazione</i>	173
8.2.2.	<i>Benefici derivanti dall’impiego della cogenerazione</i>	177
8.3.	Aspetti termodinamici e riduzione dell’impatto ambientale degli impianti cogenerativi	179
8.4.	Valutazione economico-finanziaria dei costi relativi alle tecnologie di cogenerazione	179
8.5.	Fabbisogni energetici delle aree portuali dell’area di riferimento	183
8.6.	Esempi applicativi di impianti cogenerativi e trigenerativi	187
8.7.	Stato dell’arte ed esame dei profili empirici connessi ad applicazioni di impianti di co- e trigenerazione a GNL in ambito marittimo portuale a livello nazionale	189
8.8.	Co- e tri-generazione in ambito marittimo portuale: best practices a livello internazionale 191	
9.	SCHEDA DI SINTESI DEL PRODOTTO T2.4.1 (“REPORT CLASSIFICAZIONE ED ESAME DEL RISCHIO IMPIANTI GNL IN AMBITO PORTUALE”)	193
9.1.	Finalità del prodotto T2.4.1	193
9.2.	I principi normativi internazionali, europei e nazionali	194
9.3.	Metodologia di analisi del rischio	195
9.3.1.	<i>Il concetto di rischio</i>	196
9.3.2.	<i>I metodi di valutazione</i>	196
9.3.3.	<i>Valori di soglia e criteri di accettabilità</i>	197
9.4.	Caratteristiche del GNL e tassonomia dei rischi	197
9.4.1.	<i>Limiti di infiammabilità</i>	198
9.4.2.	<i>Confronto GNL/GPL</i>	198
9.4.3.	<i>Gas di evaporazione (boil-off gas)</i>	198
9.4.4.	<i>Contatto con il GNL</i>	199
9.4.5.	<i>Stratificazione e roll-over</i>	199
9.4.6.	<i>Sloshing</i>	199
9.4.7.	<i>Transizione rapida di fase (Rapid Phase Transition)</i>	199
9.4.8.	<i>BLEVE (boiling liquid expanding vapour explosion)</i>	199
9.4.9.	<i>Esplosione nube di vapore (Vapor Cloud Explosion - VCE)</i>	200

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 “Studio per un piano d’azione congiunto per il GNL in ambito portuale”



9.4.10.	<i>Jet fire, pool fire e flash fire</i>	200
9.4.11.	<i>Asfissia</i>	200
9.4.12.	<i>Terrorismo</i>	200
9.4.13.	<i>Terremoti</i>	200
9.4.14.	<i>Perdite di GNL</i>	200
9.5.	Sistemi di trasferimento del gas GNL	201
9.6.	La gestione del rischio in ambito portuale	202
9.6.1.	<i>La definizione delle zone</i>	202
9.7.	Applicazione preliminare in ambito portuale	204
10.	SCHEDA DI SINTESI DEL PRODOTTO T2.4.2 (“DATABASE INCIDENTI E RISCHI”) .211	
10.1.	Finalità del prodotto T2.4.2	212
10.2.	Classificazione dei diversi tipi di rischi e pericoli	212
10.3.	Classificazione dei rischi adottata nel Database e altri profili metodologici	213
10.4.	Sintesi dei principali risultati emersi	216
10.5.	Un esempio di applicazione di analisi del rischio: il caso francese	218
11.	SCHEDA DI SINTESI DEL PRODOTTO T2.4.3 (“LINEE GUIDA METODOLOGIA LCA NEI SISTEMI DI VALUTAZIONE AMBIENTALE”)	220
11.1.	Finalità del prodotto T2.4.3	221
11.2.	Aspetti generali del bunkering di GNL	221
11.2.1.	<i>Natura e caratteristiche del gas naturale liquefatto (GNL)</i>	221
11.2.2.	<i>Vantaggi ambientali del GNL</i>	222
11.2.3.	<i>Catena logistica del GNL</i>	222
11.2.4.	<i>Modalità di bunkering di GNL</i>	223
11.3.	Il metodo Life Cycle Assessment (LCA)	225
11.3.1.	<i>Generalità e obiettivi del metodo Life Cycle Assessment (LCA)</i>	225
11.3.2.	<i>La normativa di riferimento per il Life Cycle Assessment</i>	225
11.3.3.	<i>Quadro concettuale di riferimento all’LCA del bunkering di GNL</i>	226
11.4.	Elementi di impatto ambientale connessi all’utilizzo del GNL	231
11.4.1.	<i>Impianto di interfaccia porto – nave</i>	232
11.4.2.	<i>Impianto lato porto (Port Side)</i>	235
11.4.3.	<i>BREF - Best Available Techniques Reference</i>	243
11.5.	Linee guida per l’applicazione del metodo LCA al bunkering di GNL	243
11.5.1.	<i>Elementi per l’analisi dell’inventario (LCI) e la valutazione degli impatti (LCIA) del ciclo di vita</i>	244
11.6.	Specificità geografiche nell’applicazione dell’LCA	251
11.7.	Aree di applicazione dell’LCA	252
12.	SCHEDA DI SINTESI DEL PRODOTTO T2.4.4 (“BEST PRACTICES PER LA RIDUZIONE RISCHI E IMPATTI DA GNL”)	254
12.1.	Finalità del prodotto T2.4.4	255
12.2.	Rischi e pericoli del GNL	255



12.2.1.	<i>Pericoli legati alle caratteristiche del GNL</i>	255
12.2.2.	<i>Rischi connessi alle operazioni di stoccaggio e di bunkering del GNL</i>	256
12.2.3.	<i>Rischi legati ad aspetti esterni agli impianti</i>	257
12.3.	Situazione delle principali direttive, codici, norme e guide sul bunkeraggio di GNL	258
12.3.1.	<i>Direttive europee</i>	258
12.3.2.	<i>Codici internazionali</i>	258
12.3.3.	<i>Altre normative di riferimento</i>	259
12.4.	Buone pratiche per la riduzione dei rischi e degli impatti	260
12.4.1.	<i>Principali principi di attuazione</i>	260
12.4.2.	<i>Principali principi di sicurezza</i>	261
12.4.3.	<i>Disposizioni costruttive e barriere tecniche</i>	262
12.4.4.	<i>Misure organizzative</i>	262
12.5.	Analisi dei rischi applicata al caso della Corsica	262
12.5.1.	<i>Pericolo: Bunkeraggio di GNL</i>	262
12.5.2.	<i>Esempio di zona di sicurezza</i>	263
12.6.	Raccomandazioni di buona pratica (contributo CCIVAR/Technip FMC)	263
12.6.1.	<i>Linee di collegamento di stoccaggio a pressione e linee di collegamento per magazzini non pressurizzati</i>	263
12.6.2.	<i>Catena di sicurezza / MMR chiamato strumentato</i>	264
12.6.3.	<i>Rilevazione</i>	265
12.6.4.	<i>Sistemi di azione d'emergenza</i>	267
12.6.5.	<i>Sistemi di raccolta dello sfiato</i>	268
12.6.6.	<i>Sistemi di raccolta delle perdite</i>	268
12.6.7.	<i>Sistema di protezione antincendio</i>	269
12.6.8.	<i>Effetti domino</i>	269

1. DESCRIZIONE PROGETTO E OUTPUT T2.1.1 (STUDIO PER UN PIANO D'AZIONE CONGIUNTO PER IL GNL IN AMBITO PORTUALE)

Il progetto Interreg Italia-Francia Marittimo 1420 “Tecnologie e Dimensionamento di Impianti per la RETE di distribuzione primaria di GNL nei porti dell’area transfrontaliera” (TDI RETE-GNL) è finalizzato a migliorare la sostenibilità delle attività portuali commerciali, contribuendo alla riduzione delle emissioni attraverso il supporto alla pianificazione e allo sviluppo di infrastrutture per il rifornimento e lo stoccaggio di GNL nei porti dall’area di Programma. L’obiettivo perseguito è infatti quello di favorire l’impiego del gas naturale liquefatto (GNL) come combustibile alternativo per il trasporto navale, con riferimento a diverse tipologie di naviglio. Il progetto TDI RETE-GNL è un progetto afferente alla categoria “semplice”, della durata di 30 mesi il cui partenariato è costituito da:

- ✓ Capofila: Università di Genova - Centro Italiano di Eccellenza sulla logistica le infrastrutture e i trasporti (UNIGE-CIELI), Responsabile Scientifico di progetto Prof. Giovanni Satta,
- ✓ Partner 2: Università di Pisa, Responsabile Scientifico partner Prof. Romani Giglioli,
- ✓ Partner 3: Università di Cagliari -Dipartimento di Scienze Economiche e Aziendali (UNICA-CIREM), Responsabile scientifico partner Prof. Paolo Fadda,
- ✓ Partner 4: Office des Transports de la Corse (OTC), Responsabile partner Dott. Josè Bassu,
- ✓ Partner 5: Chambre de Commerce et d’Industrie du Var (CCIV), Responsabile partner Dott.ssa Elena Tonon.

Tenuto conto della necessità di sviluppare un approccio sistemico e integrato al problema relativo alla disponibilità di servizi di bunkering e di storage di GNL nell’ambito dei porti dell’area di Programma, il progetto ha identificato le basi comuni da adottare nello spazio transfrontaliero marittimo Italia-Francia che consentano la realizzazione di una rete di distribuzione primaria di GNL basata su caratteristiche tecnologiche omogenee e sull’adozione di procedure attinenti alle operations di bunkering che siano quanto meno note e condivise tra gli attori della relative supply chain nei medesimi porti.

Il sistema complessivo d’offerta di servizi di bunkering di GNL in ambito marittimo portuale e la relativa supply chain dovranno infatti essere pianificati (in termini di localizzazione, dimensionamento e selezione delle opzioni tecnologiche da adottare) sia dai policy makers competenti sia dei soggetti privati interessati alle suddette attività (es. terminalisti, compagnie di navigazione, ecc.), allo scopo di rispondere alle esigenze quantitative e qualitative espresse dalla domanda armatoriale e da altri potenziali utilizzatori e clienti della filiera tecnologico-produttiva. A questo fine, il progetto si è posto l’obiettivo di identificare operativamente soluzioni innovative in risposta alle esigenze di trasporto e di connessione logistica tra aree geograficamente prossime, che consentano di incrementare la sostenibilità nel lungo termine delle attività marittimo-portuali, mediante la diffusione del GNL quale combustibile alternativo.

Il progetto, attraverso lo sviluppo di specifici prodotti tecnici e scientifici dedicati (descritti e sinteticamente esaminati nel proseguito) ha conseguito gli output conoscitivi previsti in sede di definizione del formulario di progetto. Nel dettaglio, il progetto TDI RETE-GNL ha previsto la realizzazione di due output finale che consistono nella predisposizione di un report per la definizione degli standard tecnologici e delle procedure comuni per il bunkering di GNL (a cui si riferisce il presente documento), e di un piano d’azione integrato a beneficio dei porti. Complessivamente inteso, il progetto, mediante la collaborazione e l’integrazione tra i diversi partner e il continuo dialogo con gli stakeholder rilevanti, permette di definire:

TDI RETE-GNL

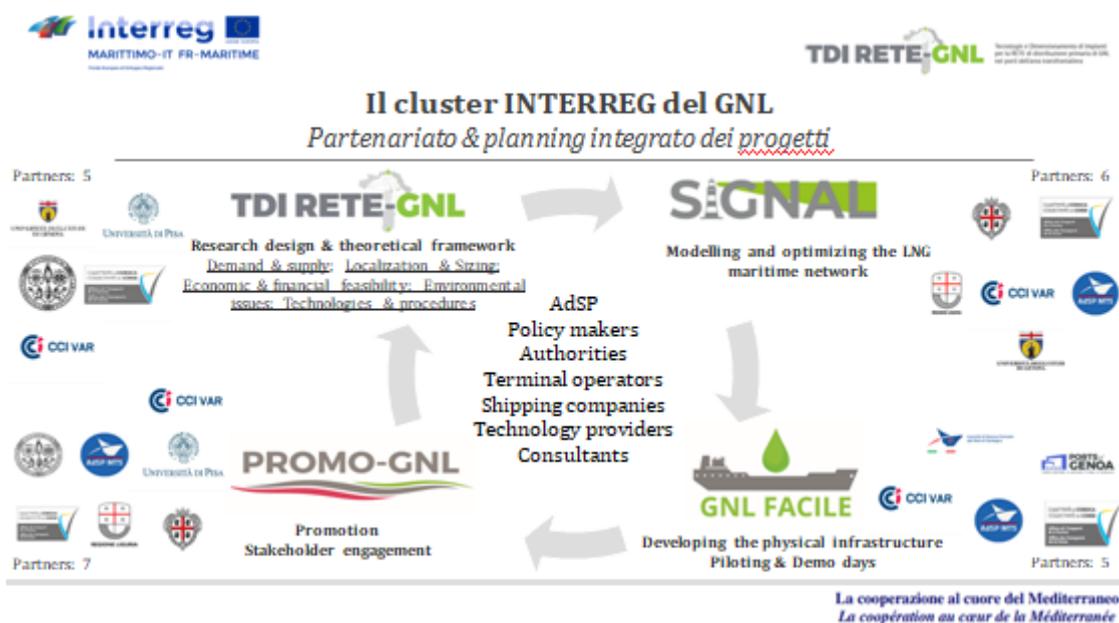
Output T2.1.1 “Studio per un piano d’azione congiunto per il GNL in ambito portuale”

- le possibili soluzioni tecnologiche standardizzate nonché le possibili procedure e protocolli operativi condivisi da applicare nell'ambito delle attività di rifornimento e stoccaggio di GNL nei porti dell'area di Programma (Componente T1 "Linee guida per la standardizzazione delle opzioni tecnologiche e delle procedure operative per il rifornimento e lo stoccaggio di GNL nei porti dell'area di Programma");
- uno studio propedeutico alla realizzazione di un piano d'azione comune per i porti che consideri simultaneamente la possibile localizzazione e il dimensionamento (ottimale) degli impianti/depositi della rete di distribuzione primaria, verificandone le esternalità e la sostenibilità finanziaria (Componente T2 "Predisposizione del Piano d'azione comune integrato per la pianificazione e lo sviluppo di impianti per il bunkering di GNL nei porti dell'area di Programma").

Nel portare avanti le azioni e gli obiettivi progettuali comuni, il partenariato del progetto TDI RETE-GNL ha sempre perseguito un approccio sistemico prevedendo durante la vita del progetto molteplici azioni di capitalizzazione e diffusione dei risultati.

Ciò è avvenuto attraverso l'attività di coordinamento tecnico e scientifico rispetto al CLUSTER GNL (progetti del II Avviso Interreg Marittimo Italia Francia :TDI RETE-GNL, SIGNAL, PROMO, GNL FACILE), ma anche mediante la partecipazione a vari eventi organizzati nell'ambito Westmed- Blue Economy Initiative-National Hub, supportato dalla Commissione Europea (si veda in tal senso la partecipazione all'Euromaritime di Marsiglia), e il coinvolgimento in altre iniziative di collaborazione quali la partecipazione al tavolo di dialogo con il MIT e MISE per individuare nuovi scenari nell'ambito della cooperazione sulle tematiche del GNL.

Figura 1. Il cluster INTERREG del GNL: partenariato & planning integrato dei progetti.



Inoltre, il Capofila di Progetto UNIGE-CIELI ha aderito in qualità di soggetto firmatario insieme a Regione Liguria, Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Occidentale e Orientale, Capitaneria di Porto, Città Metropolitana e Comune di Genova e altre istituzioni al protocollo d'intesa per la

promozione, diffusione, realizzazione e accettazione sociale di una rete di distribuzione del gas naturale liquefatto in Liguria, a partire dal 2 dicembre 2019¹.

Figura 2. Adesione al protocollo d'intesa per la promozione, diffusione, realizzazione e accettazione sociale di una rete di distribuzione del gas naturale liquefatto in Liguria.



Tanto premesso, il presente documento costituisce l'output T2.1.1 "Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale" di progetto. Il documento è la sintesi e la rilettura in chiave analitica dei diversi prodotti tecnici sviluppati dal partenariato nell'ambito dell'Attività T2.1, 2.2., 2.3, 2.4 di cui alla componente T2:

- Attività T2.1: Analisi delle principali condizioni della domanda e dell'offerta a livello attuale/prospettico nell'area di Programma
- Attività T2.2: Studio in merito alla localizzazione e al dimensionamento delle diverse infrastrutture e dei relativi componenti dei sistemi di GNL
- Attività T2.3: Valutazione economico-finanziaria
- Attività T2.4: Linee guida per la valutazione delle esternalità e dell'impatto ambientale

Dette attività, in particolare, sono finalizzate a:

- definire un corpo comune e condiviso di conoscenze in merito allo stato attuale e prospettico della domanda e dell'offerta di servizi di bunkering di GNL in ambito marittimo-portuale nei porti dell'area obiettivo,
- fornire dei modelli concettuali per il supporto alle decisioni di localizzazione e dimensionamento di impianti per il rifornimento e lo stoccaggio di GNL nei porti target,

¹ Il protocollo siglato rappresenta un unicum nel territorio nazionale e ha l'obiettivo di introdurre il GNL come carburante alternativo per attività portuali più rispettose dell'ambiente e fornire una risposta alla crescente domanda di GNL lato-terra, oltre che rappresentare un quadro interpretativo unitario per spiegarne i vantaggi in termini ambientali e di sicurezza. Il protocollo, inoltre, consente agli attori che lo hanno firmato di partecipare attivamente all'individuazione di luoghi dove collocare eventuali impianti di bunkeraggio e storage per la domanda lato-mare.



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



- predisporre primi modelli teorici e tool manageriali operativi funzionali a supportare le valutazioni preliminari di sostenibilità economico-finanziaria dei progetti relativi a facilities per il GNL in area portuale
- sviluppare un corpo condiviso di conoscenze funzionali a garantire la massima attenzione nella valutazione delle esternalità e degli impatti ambientali connessi al GNL, considerando rischi e potenziali criticità.

L'utilità e la validità dell'Output dipendono anche dall'effettiva capacità di diffondere e disseminare i risultati di ricerca in oggetto, raggiungendo in modo mirato i diversi gruppi target e le varie categorie di stakeholders di natura pubblica, privata o mista che risultano interessati dalle attività in esame.

Proprio per questo, le attività sopra richiamate, la predisposizione dei relativi prodotti e la formulazione dell'Output relativo alla componente T2 sono state progettate e sviluppate in stretta collaborazione fra tutti i partner di progetto che hanno concorso ai risultati finali e si sono occupati, ciascuno per la parte di competenza di sviluppare un network tecnico funzionale a ottenere un'ampia disseminazione sul territorio transfrontaliero dei risultati tecnici e scientifici condivisi e la massima diffusione dei risultati tecnico-scientifici.

L'output poggia sulla realizzazione di una serie di studi congiunti tra loro integrati al fine di pervenire a un documento di sintesi che presenta una struttura logica «a scheda». Tale soluzione formale, scelta dal partenariato, è strettamente funzionale a far sì che il documento possa diventare uno strumento «agile» e «smart», ma al tempo stesso tecnicamente dettagliato, per veicolare i risultati di progetto alle diverse categorie di gruppi target e di stakeholders che presentano fabbisogni informativi, competenze tecniche, know-how ed esigenze funzionali rispetto al tema di GNL assai eterogenee.

La struttura formale scelta risulta anche congeniale alla necessità di mettere a disposizione dei suddetti gruppi target e stakeholder una serie di strumenti analitici a supporto dei processi decisionali che risultino sufficientemente snelli ed efficienti da assicurarne la natura user-friendly e l'efficacia di impiego. Detto profilo appare particolarmente rilevante se si considera che tali strumenti devono anche consentire di supportare i policy makers nell'ambito delle decisioni relative alle tematiche del GNL nel contesto marittimo-portuale. Ovviamente, oltre al presente output di progetto, rimane la possibilità per tutte le categorie di gruppi target e di stakeholder di consultare ed esaminare i singoli prodotti tecnici di progetto riconducibili alle attività T.2.1, T.2.2., T.2.3, T.2.4. La relativa documentazione è infatti disponibile presso la sezione dedicata a TDI RETE-GNL della piattaforma web messa a disposizione dal Programma INTERREG ITA-FRA Marittimo 1420 (<https://web.regione.toscana.it/marittimo>).

È inoltre appena il caso di evidenziare che, tenuto conto della natura dei principali partner di progetto e del ruolo del progetto medesimo rispetto al cluster GNL, le attività, i prodotti tecnici e gli output finali di TDI RETE-GNL, presentano anche un valore e una rilevanza di natura accademica e scientifica, che risulta significativa rispetto all'imparzialità dei risultati e alle finalità di ricerca. Larga parte dei findings, infatti, hanno avuto validazione tecnica e scientifica attraverso la condivisione e il feedback ottenuto nell'ambito di importanti consessi accademici e scientifici quali The International Association of Maritime Economists (IAME) Conference 2019 di Atene, la IAME Conference 2020 di Hong Kong e la partecipazione a eventi quali la Genoa Shipping Week del 2019, la Conferenza GNL del 2019 e la Naples Shipping week del 2020 .

Sempre con riferimento alla natura condivisa e partecipativa del progetto, è necessario evidenziare come lo stesso poggia sul coinvolgimento di gruppi target identificati, in linea con il formulario di progetto, in 3 categorie fondamentali, ovvero:

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale"

- ✓ **Organismi di diritto pubblico:** il progetto ha previsto il coinvolgimento di autorità portuali e port manager ed altri enti territoriali competenti nell'ambito delle attività di definizione degli standard tecnologici e procedurali per lo stoccaggio e il rifornimento di GNL. Il coinvolgimento attivo nel progetto di organismi di diritto pubblico provenienti da diverse zone geografiche incluse nell'area di Programma rafforza la valenza transfrontaliera del progetto e diviene essenziale al fine di assicurare concrete opportunità di diffusione sul territorio dei risultati tecnici e scientifici condivisi.
- ✓ **Organismi pubblici:** il progetto ha previsto una strategia volta a costruire un network di relazioni esistenti tra i partner scientifico-tecnologici inclusi nell'iniziativa e una molteplicità di enti regionali e territoriali di natura pubblica interessati all'area di Programma e allo sviluppo di soluzioni nei porti di Genova, Savona, La Spezia, Cagliari, Tolone e Bastia. Il coinvolgimento attivo nel progetto di organismi pubblici ha rappresentato una fonte importante di informazioni in ragione della loro conoscenza dei territori interessati dal progetto e delle problematiche relative al GNL sia dal punto di vista della domanda di trasporto sia dei sistemi attuali di offerta di infrastrutture di trasporto legate al progetto, e per il loro potenziale ruolo nella promozione e diffusione del GNL in ambito portuale.
- ✓ **Organismi privati:** il progetto prevede ha visto il significativo coinvolgimento di player privati quali terminalisti, armatori, fornitori di servizi portuali operanti nelle aree portuali del Programma e anche molteplici consulenti ed esperti esterni con estese competenze sul GNL al fine di assicurare la piena rispondenza dei profili scientifici e teorici rispetto all'effettive esigenze funzionali e tecniche empiricamente riscontrabili nell'ambito oggetto di approfondimento. Il coinvolgimento attivo di tale gruppo target ha rappresentato una fonte indiscutibile di informazione e di know how tecnico in ragione della conoscenza che questi operatori hanno in relazione alla definizione degli standard tecnologici da adottare nei singoli contesti, da un punto di vista economico e organizzativo-operativo. Questo gruppo target, unitamente ai due cluster precedentemente descritti, ha quindi contribuito alle diverse attività tecniche di cui al presente output.

Di seguito si riporta l'elenco puntuale relativo agli 11 prodotti tecnici previsti a formulario in relazione alle attività T2.1, T2.2., T2.3, T2.4 e che sono oggetto di esame dell'Output

1. Prodotto T2.1.1: Review dei progetti e degli studi dedicati alla domanda e all'offerta di servizi di bunkering nei porti.
2. Prodotto T2.1.2: Report per la mappatura della domanda.
3. Prodotto T2.1.3: Report per la mappatura dell'offerta.
4. Prodotto T2.2.1: Linee guida per la localizzazione e il dimensionamento di impianti/depositi portuali di GNL.
5. Prodotto T2.2.2: Best practices per la pianificazione del layout e dell'organizzazione del processi.
6. Prodotto T2.3.1: Tool manageriali per la valutazione di investimenti in impianti di rifornimento/ stoccaggio di GNL in ambito portuale.
7. Prodotto T2.3.2: Report su sinergie: profili economici, risparmio energetico, sostenibilità ambientale.
8. Prodotto T2.4.1: Report classificazione ed esame del rischio impianti GNL in ambito portuale
9. Prodotto T2.4.2: Database incidenti e rischi.
10. Prodotto T2.4.3: Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione di impatto ambientale.
11. Prodotto T2.4.4: Best practices per la riduzione rischi e impatti da GNL.

2. SCHEDA DI SINTESI DEL PRODOTTO T2.1.1 (“REVIEW DEI PROGETTI E DEGLI STUDI DEDICATI ALLA DOMANDA E ALL’OFFERTA DI SERVIZI DI BUNKERING NEI PORTI”)

I report realizzati nell’ambito del prodotto T2.1.1 “Review dei progetti e degli studi dedicati alla domanda e all’offerta di servizi di bunkering nei porti” sono stati realizzati dal CF UNIGE-CIELI in collaborazione con i partner:

- P2 UNIPI;
- P3 UNICA-CIREM;
- P5 CCIVAR; secondo la ripartizione dei task previsti a formulario.



2.1. Finalità del prodotto T2.1.1

Il prodotto T2.1.1 “Review dei progetti e degli studi dedicati alla domanda e all’offerta di servizi di bunkering nei porti”, secondo quanto previsto nel formulario di progetto, si sostanzia nella realizzazione di un database volto a monitorare lo stato degli studi, delle ricerche e dei progetti a valenza europea e nazionale in merito allo stato attuale e alle prospettive future della domanda e dell’offerta di infrastrutture per il rifornimento di GNL in ambito portuale.

In particolare, il Capofila del progetto UNIGE-CIELI con il supporto del Partner P3 (UNICA-CIREM), dopo aver concordato con tutti i partner di progetto lo schema concettuale da impiegare per realizzare il DB in esame, coerentemente alle finalità del Prodotto T2.1.1. ha predisposto un DB realizzato in modalità excel articolato in 3 sezioni relative a documenti di diversa tipologia:

- Sezione A: Progetti europei;
- Sezione B: Studi di società di consulenza privata o enti pubblici;
- Sezione C: Paper accademici.

Il DB complessivo, costituito dalle 3 sezioni sopradette è stato successivamente vagliato e validato dai partner di progetto.

Tenuto conto di quanto previsto a formulario e delle specificità del progetto nel suo complesso, le attività di ricerca si sono focalizzate sulla raccolta dei dati funzionali alla predisposizione delle sezioni A e C. Tuttavia, per completezza si è proceduto a verificare anche il contenuto dei principali studi sviluppati da società di consulenza privata o enti pubblici (Sezione B). La Figura 3 mostra il DB sviluppato con riferimento alla Sezione B.



Figura 3. DB “Review dei progetti e degli studi dedicati alla domanda e all’offerta di servizi di bunkering nei porti” - Sezione B

CODE	Autore	Titolo del progetto/report	Tipo di documento/progetto_Categoria	Anno di pubblicazione del report (o di inizio del progetto)	Fonte del report	Focus	Mappatura domanda bunkering GNL	Mappatura offerta bunkering GNL	Copertura geografica	Paesi inclusi nell'analisi	Orizzonte temporale del report
B1	CIELI	LNG-fuelled deep sea shipping. The outlook for LNG bunker and LNG-fuelled newbuild demand up to 2025	Report	2012	Lloyd's register	Shipping industries e infrastrutture bunkering GNL	SI	SI	Mondiale	Vari	2012/2025 (report in corso)
B2	CIELI	Maritime Gas Fuel Logistics Developing LNG as a clean fuel for ships in the Baltic and North Seas	Report	2008	Report from the MAGALOG project	GNL facilities nei porti del Nord Europa (Bergen, Gothenburg, Gdynia, Gwinoujscie)	SI	SI	Europa del Nord	Norvegia, Svezia, Germania, Polonia	2008/2018 (reporto in corso)
B3	CIELI	Natural gas for ship propulsion in Denmark – Possibilities for using LNG and CNG on ferry	Report	2010	Danish ministry of the environment	Sviluppo attuale delle navi e dei terminali GNL per il settore ferry e short sea small cargo	SI	SI	Europa del Nord	Danimarca, Norvegia	Non viene quantificato un orizzonte temporale di
B4	CIELI	Forecasting port-level demand for LNG as a ship fuel: the case of the port of Antwerp	Report	2016	Journal of Shipping and Trade	Porto di Anversa: Domanda potenziale futura di GNL (forecasting LNG demand at port level)	SI	SI	Europa del Nord	Belgio	2016/2025 (report in corso)
B5	CIELI	LNG BUNKERING PROCEDURES IN PORTS AND TERMINALS IN THE SOUTH BALTIC SEA REGION	Report	2014	MarTech LNG* funded by European Regional	Procedure di bunkeraggio GNL nei porti e terminali GNL di tutta la regione del Mar Baltico meridionale	SI	SI	Europa del Nord / Mar Baltico	Vari	2014/2025 (report in corso)
B6	CIELI	LNG as ship fuel Benefits and challenges for conversions to LNG fuel	Report	2016	DNV GL	Shipping industries	SI	SI	Mondiale	Vari	2016-2022 (report in corso)
B7	CIELI	LNG AS SHIP FUEL THE FUTURE – TODAY	Report	11/2014	DNV GL	Shipping industries	SI		Mondiale	Vari	2014-2018 (report in corso)
B8	CIELI	LNG – A COST-EFFICIENT FUEL OPTION? Drivers, status and economic viability	Report	15/05/2014	DNV GL	Shipping industries e infrastrutture bunkering GNL	SI	SI	Mondiale	Vari	2014-2020 (report in corso)
B9	CIELI	INNOVAZIONI TECNOLOGICHE PER LA RIDUZIONE DELLE EMISSIONI DA TRASPORTO MARITTIMO	Report	08/04/2015	ISPRRA	Bunkering infrastructure	SI	SI	Europa	Italia, Norvegia	2015-2020 (report in corso)
B10	CIELI	The role of port authorities in the development of LNG bunkering facilities in North European ports	Report	14/01/2015	World Maritime University 2015	Bunkering infrastructure		SI	Europa del Nord	Belgio, Olanda, Germania, Svezia	2015/2016 (report concluso)
B11	CIELI	The world's LNG-fuelled fleet in service in 2017	Report	2017	LNG World shipping	Shipping industries	SI		Mondiale	Vari	2017/2022 (report in corso)
B12	CIELI	IN FOCUS: THE LNG FUELLED FLEET - AN EXPANDING SECTOR WITHIN THE SHIPPING FLEET	Report	2017	Ocean shipping consultants	Shipping industries	SI		Mondiale	Vari	2017/2026 (report in corso)
B13	CIELI	DNVGL Technology Week 2016, Update on Alternative Maritime fuels	Report	10/10/2016	DNV GL	Shipping industries e bunkering infrastructure	SI	SI	Mondiale	Vari	2016/2018 (report in corso)
B14	CIELI	Uptake of LNG as a fuel for shipping	Report	22/11/2017	DNV GL	Shipping industries e bunkering infrastructure	SI	SI	Mondiale	Vari	2017/2020 (report in corso)
B15	CIELI	HIGHLIGHT PROJECTS IN THE LNG AS FUEL HISTORY	Report		DNV GL	Shipping industries	SI		Mondiale	Vari	
B16	CIELI	THE DEVELOPMENT OF THE LNG-FUELLED FLEET AND THE LNG-BUNKERING INFRASTRUCTURE WITHIN THE BALTIC AND NORTH SEA REGION	Report	2015		Shipping industries e bunkering infrastructure	SI	SI	Europa del Nord	Vari	2015/next years

Fonte: Ns. elaborazione.

La Figura 4 riporta una delle slide presentate durante il II CdP svoltosi a Pisa in data 21/02/2019, con riferimento allo stato avanzamento lavori del prodotto T2.1.1 “Review dei progetti e degli studi dedicati alla domanda e all’offerta di servizi di bunkering nei porti”.

Figura 4. Prodotto T2.1.1: presentazione dello stato avanzamento dei lavori durante il II CdP di Pisa del 21/02/2019.

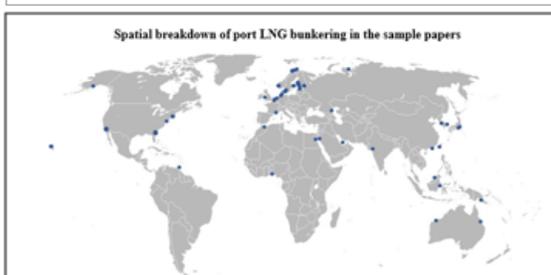
Analisi implementazione del prodotto T2.1.1 relativo a
"Review dei progetti e degli studi dedicati alla domanda e all'offerta di servizi di bunkering nei porti"
Fine Tuning

➤ **Tipologia di documenti considerati**

- ❖ Progetti europei (Sezione A)
- ❖ Studi di società di consulenza privata o enti pubblici (Sezione B)
- ❖ Paper accademici (Sezione C - completata)

- ❖ Creazione sezione dedicata ai contributi accademici e scientifici individuati con apposite keywords **56 paper**, analizzati poiché inerenti al progetto TDI RETE-GNL **26 paper**.
 - ❖ Esame dettagliato documenti fuori area obiettivo rilevanti sotto il profilo delle tecnologie di bunkering.
- Nel dettaglio i **26 paper** sono così suddivisi: **12** relativi alla **domanda di servizi di bunkering/storage di GNL**, **12** relativi all'**offerta** e **2** relativi a **domanda/offerta**

Bunkering technologies discussed in the sample contributions	
Bunkering technologies	No of papers ⁴²
Ship-to-Ship (STS) (including Floating LNG Terminals)	10
Truck-to-Ship (TTS)	5
Port-to-Ship (PTS) and Terminal to Ship (TPS)	2
Mobile Fuel Tanks (MFT)	2
Equipment for bunkering LNG-fuelled ships (including: pressure pumps, seawater pumps, technologies related to bunkering procedures for LNG-fuelled ships, etc.	9
Not specified	8



La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au cœur de la Méditerranée

Fonte: Ns. elaborazione.

2.2. Sezione A: Progetti europei

Al fine di realizzare un'analisi completa delle evidenze empiriche in relazione alla domanda e all'offerta di infrastrutture per il rifornimento di GNL in ambito portuale, sono stati analizzati i principali progetti europei e nazionali con focus sul gas naturale liquefatto.

In questo contesto il partenariato del progetto TDI RETE-GNL ha sviluppato un database dedicato ai progetti europei e nazionali. In particolare, dopo un'attenta attività di ricerca ed analisi il Capofila del Progetto (UNIGE-CIELI) e il Partner 3 (UNICA-CIREM) hanno individuato 77 progetti con focus europeo così suddivisi: 44 progetti europei di tipo TEN-T e CEF, 24 progetti europei di tipo H2020, 4 progetti europei Interreg, 1 progetto europeo (tipo di progetto non specificato), e i restanti 4 progetti di tipo nazionale-regionale. Dei 77 progetti che formano il database iniziale sono stati selezionati 43 progetti afferenti con il GNL. È stata successivamente individuata l'area di competenza dei progetti ed è stata fatta una conseguente selezione sul criterio geografico.

Tabella 1. Area geografica dei progetti europei e nazionali afferenti il GNL

Progetti Europei e Nazionali Afferenti GNL: Area Geografica	Totali
Europa del Nord	19
Europa Area del Mediterraneo	20
Europa Multiarea	4

Fonte: Ns. elaborazione.



Per le finalità del progetto è stata realizzata una ulteriore selezione seguendo il criterio dell'Area Obiettivo; sono stati infatti scelti come campione finale della ricerca 23 progetti, 22 dei 43 precedentemente selezionati per il loro focus su una o entrambe le nazioni dell'Area Obiettivo del progetto TDI RETE-GNL (Tabella 2), ai quali è stato aggiunto un ulteriore progetto intitolato "GoGNL" importante ai fini dell'analisi svolta in ragione del contenuto (focalizzato sull'area dell'Europa del Nord).

Tabella 2. Progetti europei e nazionali con focus l'Area Obiettivo.

Area Obiettivo					
<i>Progetti Europei e nazionali (PON) e regionali (POR) Afferenti GNL: Area del Mediterraneo</i>	Comprendenti entrambe le Nazioni Area Obiettivo	Comprendenti solo Francia	Comprendenti solo Italia	Non comprendenti né Italia né Francia	Totale
20	5	4	9	2	18
<i>Progetti Europei Afferenti GNL: Multiarea</i>	Comprendenti entrambe le Nazioni Area Obiettivo	Comprendenti solo Francia	Comprendenti solo Italia	Non comprendenti né Italia né Francia	Totale
4	3	1	0	0	4
<i>Progetti inclusi nel campione finale</i>					22

Fonte: Ns. elaborazione.

Dei 23 progetti inclusi nel campione il Capofila UNIGE-CIELI ha realizzato l'analisi di 19 documenti, mentre i restanti 4 sono stati esaminati dal Partner 3 UNICA-CIREM. Il partenariato ha creato un Database in cui sono state approfondite le seguenti dimensioni analitiche:

- Autore;
- Titolo del report;
- Focus;
- Mappatura domanda bunkering GNL (si/no);
- Mappatura offerta bunkering GNL (si/no);
- Paesi;
- Porti dell'area obiettivo esaminati nel documento;
- Orizzonte temporale del report.

Qui di seguito, nelle Tabella 3, Tabella 4 e Tabella 5 viene riportato il Database dedicato ai progetti europei e nazionali nella sua versione integrale.

Tabella 3. DB “Review dei progetti e degli studi dedicati alla domanda e all’offerta di servizi di bunkering nei porti” - Sezione A: progetti europei
 (1/3)

<i>Autore</i>	<i>Titolo del report</i>	<i>Focus</i>	<i>Mappatura domanda bunkering GNL</i>	<i>Mappatura offerta bunkering GNL</i>	<i>Copertura geografica_ Area/Paese</i>	<i>Paesi</i>	<i>Porti dell'area obiettivo esaminati nel documento</i>	<i>Orizzonte temporale del report</i>
CIELI	Costa II East-Poseidon Med	Infrastrutture per GNL	-	-	Europa (Mediterraneo)	Grecia, Cipro, Italia, Croazia, Slovenia	n.a.	12/2013-12/2015 (progetto concluso)
CIELI	SEAGAS	Implementazione impianti di bunkeraggio GNL	-	Sì	Europa (Mediterraneo)	Francia e Spagna	Porto di Roscoff (Francia) e di Santander (Spagna)	01/2012-12/2015 (progetto concluso)
CIELI	LNG Masterplan for Rhine-Main-Danube	Implementazione GNL come carburante	Sì	Sì	Europa (Multiarea)	Austria, Belgio, Bulgaria, Repubblica Ceca, Francia, Germania, Italia, Lussemburgo, Paesi Bassi, Romania, Slovacchia, Cipro	n..a	01/2013-12/2015 (progetto concluso)
CIELI	Green technologies and eco-efficient alternatives for cranes & operations at port container terminals (GREENCRANES)	Green technologies	-	-	Europa (Mediterraneo)	Spagna, Slovenia, Italia	Porto di Valencia (Spagna), Koper (Slovenia), Livorno (Italia)	08/2012-05/2014 (progetto concluso)
CIELI	COSTA	GNL come sistema propulsivo delle navi	-	-	Europa (Mediterraneo)	Spagna, Portogallo, Italia, Grecia	n.a.	02/2012-04/2014 (progetto concluso)
CIELI	S/F SamueLNG for a Blue Atlantic Arch	GNL come sistema propulsivo delle navi	Sì	-	Europa (Multiarea)	Francia, Spagna, Germania	Porto di Nantes Saint-Nazaire, Gijon, Vigo, le Havre, Rouen	08/2016-06/2019 (processo in corso)
CIELI	Sustainable LNG Operations for Ports and Shipping - Innovative Pilot Actions (GAINN4MOS)	Progetto di bunkeraggio del GNL	Sì	Sì	Europa (Mediterraneo)	Spagna, Francia, Italia, Portogallo e Slovenia	Porti di Capodistria, La Spezia, Venezia, Fos-Marseille, Nantes-Saint-Nazaire	01/2015-09/2019 (progetto in corso)

Fonte: Ns. Elaborazione.

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 “Studio per un piano d’azione congiunto per il GNL in ambito portuale”

Tabella 4. DB “Review dei progetti e degli studi dedicati alla domanda e all’offerta di servizi di bunkering nei porti” - Sezione A: progetti europei
 (2/3)

<i>Autore</i>	<i>Titolo del report</i>	<i>Focus</i>	<i>Mappatura domanda bunkering GNL</i>	<i>Mappatura offerta bunkering GNL</i>	<i>Copertura geografica_ Area/Paese</i>	<i>Paesi</i>	<i>Porti dell'area obiettivo esaminati nel documento</i>	<i>Orizzonte temporale del report</i>
CIELI	GAINN4CORE	Reti italiane per la distribuzione di GNL	-	Sì	Europa (Mediterraneo)	Italia	Genova, La Spezia, Livorno (rete Tirreno-Ligure), Ravenna e Venezia (rete Adriatico-Ionica)	06/2015-09/2019 (progetto in corso)
CIELI	LNG Logistics	Sviluppare una rete di distribuzione europea di GNL per vie navigabili interne	-	-	Europa (Mediterraneo)	Francia	Porto di Marseille fino al porto di Dijon	08/2016-10/2018 (progetto in corso)
CIELI	BioMovLNG	Infrastrutture per produzione stoccaggio di GNL	-	Sì	Europa (Mediterraneo)	Francia	n.a.	01/2015-09/2018 (progetto in corso)
CIELI	Boosting Energy Sustainable fuels for freight Transport in European motorWays (BESTWay)	Infrastrutture bunkering GNL	-	Sì	Europa (Mediterraneo)	Spagna, Francia	n.a.	09/2014-06/2018 (progetto in corso)
CIELI	GAINN4MED 2016-IT-TM-0284-S Italy	Promuovere utilizzo di combustibili alternativi, trasporti multimodali	-	Sì	Europa (Mediterraneo)	Italia	n.a.	03/2017-03/2020 (progetto in corso)
CIELI	HDGAS Heavy Duty Gas Engines integrated into Vehicles	“GREEN VEHICLES” PRIORITY	Sì	-	Europa (Multiarea)	Austria, Italia, Germania, Francia	No	2015-05-01 to 2018-10-31 (progetto in corso)
CIELI	LeanShips Low Energy And Near to zero emissions Ships	“WATERBORNE” Priority	Sì	-	Europa (Multiarea)	Italy, Germany, France, Switzerland	No	2015-05-01 to 2019-04-30 (progetto in corso)
CIELI	GoLNG	Sviluppo della domanda e dell'accessibilità del GNL nella regione del Mar Baltico (BSR)	-	Sì	Europa del Nord	Paesi Mar Baltico	No	(progetto in corso)

Fonte: Ns. Elaborazione.

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 “Studio per un piano d’azione congiunto per il GNL in ambito portuale”

Tabella 5. DB “Review dei progetti e degli studi dedicati alla domanda e all’offerta di servizi di bunkering nei porti” - Sezione A: progetti europei
 (3/3)

<i>Autore</i>	<i>Titolo del report</i>	<i>Focus</i>	<i>Mappatura domanda bunkering GNL</i>	<i>Mappatura offerta bunkering GNL</i>	<i>Copertura geografica Area/Paese</i>	<i>Paesi</i>	<i>Porti dell'area obiettivo esaminati nel documento</i>	<i>Orizzonte temporale del report</i>
CIELI	GNL Fonte ACcessibile Integrata per la Logistica Efficiente GNL FACILE	Migliorare la sostenibilità delle attività portuali commerciali contribuendo alla riduzione delle emissioni di carbonio.	Sì	Sì	Europa (Mediterraneo)	Italia, Francia	Genova, Tolone, La Spezia, Marina di Carrara, Livorno, Bastia, Cagliari	2018-2021 (progetto in corso)
CIELI	Tecnologie e Dimensionamento di Impianti per la RETE di distribuzione primaria di GNL nei porti dell’area transfrontaliera TDI RETE-GNL	Migliorare la sostenibilità delle attività portuali commerciali contribuendo alla riduzione delle emissioni di carbonio.	Sì	Sì	Europa (Mediterraneo)	Italia, Francia	Genova, Tolone, La Spezia, Marina di Carrara, Livorno, Bastia, Cagliari	2018-2021 (progetto in corso)
CIELI	Strategie transfrontaliere per la valorizzazione del Gas NATurale Liquido SIGNAL	Migliorare la sostenibilità delle attività portuali commerciali contribuendo alla riduzione delle emissioni di carbonio.	Sì	Sì	Europa (Mediterraneo)	Italia, Francia	Genova, Tolone, La Spezia, Marina di Carrara, Livorno, Bastia, Cagliari	2018-2020 (progetto in corso)
CIELI	PROMO GNL	Migliorare la sostenibilità delle attività portuali commerciali contribuendo alla riduzione delle emissioni di carbonio.	-	-	Europa (Mediterraneo)	Italia, Francia	Genova, Tolone, La Spezia, Marina di Carrara, Livorno, Bastia, Cagliari	2018-2020 (progetto in corso)
UNICA	Accosto e deposito costiero di GNL nel Porto di Oristano. EDISON.	Deposito costiero per usi multipli (civile, ind.le, bunkering)	No	Sì	Europa (Mediterraneo)	Italia (Sardegna)	No	2020-2050 (progetto in corso)
UNICA	Terminal GNL nel Porto Canale di Cagliari - Impianto di stoccaggio e rigassificazione di GNL. ISGAS	Deposito costiero per usi multipli (civile, ind.le, bunkering)	No	Sì	Europa (Mediterraneo)	Italia (Sardegna)	No	2020-2050 (progetto in corso)
UNICA	Progetto di ampliamento del deposito costiero di Santa Giusta (OR). IVI PETROLIFERA	Deposito costiero per usi multipli (civile, ind.le, bunkering)	No	Sì	Europa (Mediterraneo)	Italia (Sardegna)	No	2020-2050 (progetto in corso)
UNICA	Impianto di stoccaggio di GNL da 9.000 mc a Santa Giusta (Or). HIGAS	Deposito costiero per usi multipli (civile, ind.le, bunkering)	No	Sì	Europa (Mediterraneo)	Italia (Sardegna)	No	2020-2050 (progetto in corso)

Fonte: Ns.Elaborazione.

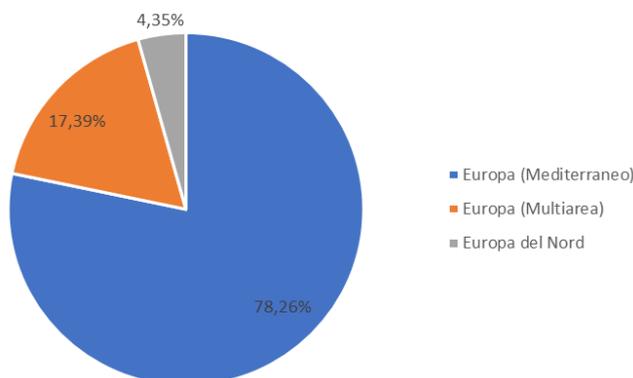
TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 “Studio per un piano d’azione congiunto per il GNL in ambito portuale”

Dall'analisi realizzata, è stata evidenziata, oltre alla dimensione geografica del campione che ne rappresenta il criterio di selezione principale, anche la dimensione temporale, ovvero l'orizzonte temporale dei progetti. Dei 23 progetti inclusi nel campione finale solo 5 risultavano conclusi alla data di predisposizione del DB (data di conclusione compresa tra il 2014 e il 2017), mentre i restanti 18 sono in corso di progettazione in quanto la tematica del gas naturale liquefatto è oggetto dell'attenzione di accademici ed esperti soprattutto negli ultimi anni, e anche in ragione del numero crescente di call della CE funzionali a supportare studi a favore dell'introduzione e diffusione del GNL come combustibile alternativo in ambito marittimo-portuale.

Per quanto attiene all'analisi del focus geografico di studio caratterizzante il sample oggetto di approfondimento, come si evidenzia nella Figura 5, il 78,26% (18 progetti su 23 totali) presenta un focus sull'area del Mediterraneo, il 17,39% (4 su 23) è contraddistinto da un approccio "multi-area", mentre il 4,35% (1 progetto) è relativo all'area del Nord Europa. Quest'ultimo studio è stato incluso nel DB nonostante non consideri il contesto Mediterraneo in quanto il partenariato lo ha considerato particolarmente rilevante rispetto alle finalità del Progetto TDI RETE-GNL. Ovviamente se si fossero considerati tutti i progetti europei relativi al GNL in ambito marittimo-ambientale a prescindere dal coverage geografico si sarebbe riscontrata una forte preponderanza dei progetti focalizzati sulle nazioni del Nord Europa che tradizionalmente hanno una maggiore vocazione per questo tipo di combustibile.

Figura 5. Copertura geografica DB Sezione A



Fonte: Ns. elaborazione.

I progetti selezionati dedicati tutti alla tematica del gas naturale liquefatto come soluzione alternativa in ambito marittimo portuale sono caratterizzati da differenti focus tematici come indicato in Tabella 6. Sotto questo profilo, i temi che risultano prevalentemente approfonditi riguardano: il miglioramento della sostenibilità ambientale delle attività portuali nei porti commerciali (4 su 23); la valutazione in merito alla possibilità di realizzare depositi costieri di GNL per usi multipli (2 su 23) e l'impiego del GNL come combustibile alternativo per la propulsione navale (2 su 23); i restanti progetti si focalizzano su argomenti di taglio molto eterogeneo come indicato in Tabella 6.

Tabella 6. Focus DB Sezione A

<i>Focus progetti</i>	<i>N° progetti</i>
"GREEN VEHICLES" PRIORITY	1
"WATERBORNE" Priority	1
Deposito costiero per usi multipli (civile, ind.le, bunkering)	4
GNL come sistema propulsivo delle navi	2



Green technologies	1
Implementazione GNL come carburante	1
Implementazione impianti di bunkeraggio GNL	1
Infrastrutture bunkering GNL	1
Infrastrutture per GNL	1
Infrastrutture per produzione stoccaggio di GNL	1
Migliorare sostenibilità attività portuali commerciali	4
Progetto di bunkeraggio del GNL	1
Promuovere utilizzo di combustibili alternativi, trasporti multimodali	1
Reti italiane per la distribuzione di GNL	1
Sviluppare una rete di distribuzione europea di GNL per vie navigabili interne	1
Sviluppo della domanda e dell'accessibilità del GNL nella regione del Mar Baltico (BSR)	1
Totale complessivo	23

Fonte: Ns. elaborazione

2.3. Sezione C: Paper accademici

Nell'ambito del progetto TDI RETE-GNL è stato realizzato un Database specifico con oggetto i più rilevanti contributi accademici dedicati all'analisi della domanda e/o dell'offerta di infrastrutture per il rifornimento di GNL in ambito marittimo e portuale. Al fine di svolgere un'analisi dettagliata relativa alla crescente importanza assunta dal gas naturale liquefatto come possibile carburante marittimo alternativo, e alla conseguente domanda e offerta di servizi di bunkering nei porti, il partenariato di progetto ha realizzato una "systematic literature review" avente ad oggetto contributi accademici rilevanti.

A tale scopo, è stata seguita una procedura composta da tre fasi, ovvero (i) planning, (ii) execution, (iii) reporting, secondo quanto indicato e suggerito da Tranfield et al. (2003). Per prima cosa, nella **fase di pianificazione**, attraverso il database Scopus di Elseviers, ossia il più grande database di abstract, note, citazioni di letteratura (che include riviste scientifiche, libri e conference) sono stati estratti i documenti pubblicati su riviste e giornali scientifici internazionali o conference escludendo documenti pubblicati prima del 2005 al fine di includere nell'analisi le sole pubblicazioni aggiornate. In questo modo, attraverso l'utilizzo di query composte da differenti parole chiave specifiche sono stati individuati articoli accademici in linea con lo scopo della seguente ricerca.

In secondo luogo, la **fase execution** è suddivisa in tre sottofasi in linea con Crossan and Apaydin (2003): a) definizione dei criteri iniziali di selezione (*definition of initial selection criteria*); b) creazione di gruppi per pertinenza delle pubblicazioni (*grouping publications by pertinence*); c) analisi e sintesi (*analysis and synthesis*).

Con riferimento alla **definizione dei criteri iniziali di selezione** (*definition of initial selection criteria*) il database Scopus è stato analizzato attraverso query ad hoc con l'utilizzo di differenti parole chiave coerenti con il fine dello studio, ovvero la domanda e offerta di infrastrutture di bunkering di GNL nei porti. In particolare, sono state eseguite 6 query utilizzando le seguenti keywords:

- Id.1: LNG, propulsion, bunkering, ports;
- Id.2: LNG, propulsion, terminal;



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



- Id.3: LNG, bunkering, terminal;
- Id.4: LNG, bunkering, ports;
- Id.5: LNG, facilities, ports;
- Id.6: LNG, terminal, maritime.

Attraverso tale processo metodologico sono stati individuati 53 articoli accademici a cui sono stati aggiunti 6 paper presentati durante la Conferenza IAME del 2018 con focus il gas naturale liquefatto nell'ambito marittimo portuale; i 59 articoli del database iniziale sono pubblicati in differenti riviste di rilevanza internazionale quali tra le altre l'Energy Policy, il Journal of Natural Gas Science and Engineering, il Transport Reviews and Transportation Research Part D - Transport and Environment.

Con riferimento allo step relativo alla *creazione di gruppi per pertinenza delle pubblicazioni (grouping publications by pertinence)*, il database di riferimento è stato attentamente analizzato al fine di scartare gli studi accademici non allineati allo scopo della ricerca. A tale scopo, sono stati analizzati gli abstract di ciascun documento, e, quelli che non sono risultati pertinenti rispetto al focus dello studio sono stati eliminati. Conseguentemente, si è ottenuto un elenco di 35 articoli potenzialmente rilevanti. Infine, dopo aver analizzato la versione complete dei seguenti articoli, dopo aver escluso gli stessi contributi individuati attraverso due o più queries e dopo aver scartato gli articoli non disponibili attraverso i motori di ricerca utilizzati (quali ad esempio Google Scholar²), 26 articoli sono stati inclusi nel campione finale analizzato ai fini della ricerca.

Infine, nella fase relativa all'*analisi e sintesi (analysis and synthesis)* ogni articolo appartenente al campione finale è stato oggetto di un'analisi completa dettagliata; il campione è stato infatti esaminato con riferimento ad un'elevata serie di dimensioni analitiche tra cui:

- Autori;
- Anno;
- Giornale;
- Titolo;
- Subject area;
- Principali topic/Focus_Label; Principali topic/Focus_Descrittivo;
- Lato domanda (nave); Lato domanda (navi)_Dummy;
- Lato offerta (stazioni di bunkering); Lato offerta (stazioni di bunkering)_Dummy;
- Tecnologie di bunkering_Label; Tecnologie di bunkering_Descrittivo;
- Obiettivi del documento_Long;
- Abstract;
- Theoretical perspective_Label;
- Tipologia del documento;
- Metodo;
- Unità di Analisi;
- Dimensione del campione;
- Case Study_Dummy; Case Study;
- Copertura geografica (area); Copertura geografica (paese); Copertura geografica (porto);
- Area Obiettivo (Si/No/Parzialmente);
- Copertura temporale_Inizio/fine; Copertura temporale;
- Principali risultati_Label/Principali risultati_Descrittivo;

² Motore di ricerca che consente di individuare articoli della letteratura accademici attraverso parole chiave specifiche



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



- Tipologia di dati forniti;
- Note.

La systematic literature review realizzata dal CF di progetto con il supporto del partenariato ha evidenziato importanti insights relativi al GNL in ambito marittimo portuale; in particolare sono stati approfondite le seguenti tematiche:

- i) le dimensioni spaziali e temporali;
- ii) la prospettiva teorica adottata (theoretical perspective);
- iii) la tipologia di documento e il metodo applicato;
- iv) le tecnologie di bunkering investigate.

Le tabelle riportate qui di seguito mostrano i principali risultati derivanti dalla ricerca sviluppata. Il DB nella versione integrale è disponibile sul portale del Programma Interreg Marittimo14-20 (<https://web.regione.toscana.it/marittimo>).

Tabella 7. DB “Review dei progetti e degli studi dedicati alla domanda e all’offerta di servizi di bunkering nei porti” - Sezione C: Paper accademici (1/4)

<i>Autori</i>	<i>Anno</i>	<i>Principali topic/Focus</i>	<i>Tecnologie di bunkering_Label</i>	<i>Theoretical perspective_Label</i>	<i>Tipologia del documento</i>	<i>Metodo</i>	<i>Copertura geografica (area)</i>	<i>Principali risultati (focus)</i>
Lee S.-Y., Jo C., Pettersen B., Chung H., Kim S., Chang D.	2018	Operations	n.a.	Structural design theories & Investment decision perspectives	Research paper (quantitative)	Structural design based on finite element analysis; Numerical approaches (hydrodynamic diffraction analysis and hydrodynamic time response analysis); Costs/Benefits analysis, for estimating economic feasibility	Far East	Economics/Investment decisions; Environment & impacts/risks
Kwak D.-H., Heo J.-H., Park S.-H., Seo S.-J., Kim J.-K.	2018	Import/Export -Gas-liq	LNG ship technologies	Structural design theories & Energy evaluation	Research paper (quantitative)	Thermodynamic analysis; Sensitivity analysis	n.a.	Technical operations
Kim Y., Jug D., Cho S., Sung H.	2018	Operations	Ship to Ship (STS)	Potential theory	Research paper (quantitative)	Wave Green function method; Experiments (HOBEM: higher-order boundary element method)	n.a.	Environmental & impacts/risks; Technical operations
Shibasaki R., Kanamoto K., Suzuki T.	2018	Import/Export -Gas-liq	n.a.	Route choice analysis and modelling	Research paper (quantitative)	Network mapping analysis; Automatic Identification System (AIS)	Mondiale	Economics/Investment decisions; Market dynamics
Cassar M., Ballini F., Dalaklis D.	2018	Normative	Ship to Ship (STS); Truck to Ship (TTS)	Not applicable	Research paper (qualitative)	Single case study	Baltic	Economics/Investment decisions; Market dynamics; Regulations
Henesey L., Gerlitz L., Jankowki S.	2018	Investment decisions	Ship to Ship (STS); Truck to Ship (TTS); Mobile Fuel Tanks (MFT)	Strategic management theories (value-chain theory)	Research paper (qualitative / quantitative)	Triangulation strategy (literature review, case studies, interviews)	Baltic	Environmental & impacts/risks; Technical operations
Henesey L., Jankowski S.; Gerlitz L.	2018	Environment & impacts/risks	Ship to Ship (STS); Truck to Ship (TTS); Terminal/Pipeline to Ship (PTS)	Risk Assessment	Research paper (qualitative / quantitative)	Literature review, interviews, Monte Carlo simulation (MCS) model	n.a.	Technical operations

Fonte: Ns. Elaborazione.

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 “Studio per un piano d’azione congiunto per il GNL in ambito portuale”

Tabella 8. DB “Review dei progetti e degli studi dedicati alla domanda e all’offerta di servizi di bunkering nei porti” - Sezione C: Paper accademici (2/4)

<i>Autori</i>	<i>Anno</i>	<i>Principali topic/Focus</i>	<i>Tecnologie di bunkering_Label</i>	<i>Theoretical perspective_Label</i>	<i>Tipologia del documento</i>	<i>Metodo</i>	<i>Copertura geografica (area)</i>	<i>Principali risultati_Label</i>
Yang D.; Xu H.	2018	Investment decisions	n.a.	Investment decision perspectives	Research paper (quantitative)	Cost Model, Empirical test	Europe	Economics/Investment decisions; Environment & impacts/risks
Duru O.; Tan R.	2018	Market dynamics	n.a.	Not applicable	Research paper (quantitative)	Cost-based valuation; energy content approach and predictive analytics	n.a.	Economics/Investment decisions; Environment & impacts/risks
Hua J., Wu Y., Chen H.	2017	Types of fuel	LNG ship technologies	Life-Cycle Assessment (LCA) & Risk Assessment	Research paper (qualitative)	Multiple case study	Far East	Environment & impacts/risks
Lee S.-G., Park J.-L.	2017	Operations	Ship to Ship (STS)	Information technologies (Space-Based Augmentation System)	Research paper (quantitative)	Single case study; Experiment	Mondiale	Technical operations
Schinas O., Butler M.	2016	Market dynamics	LNG ship technologies	Energy evaluation	Literature review	Literature review	Mondiale	Economics/Investment decisions; Environment & impacts/risks
Calderón M., Illing D., Veiga J.	2016	Market dynamics	Ship to Ship (STS); Truck to Ship (TST); Mobile Fuel Tanks (MFT); Terminal to Ship (TPS)	Not applicable	Research paper (quantitative)	Descriptive statistics	Mondiale	Economics/Investment decisions; Environment & impacts/risks
Lee S., Seo S., Chang D	2015	Environment & impacts/risks	LNG ship technologies	Risk Evaluation & Computational Fluid Dynamics (CFS) analysis	Research paper (quantitative)	Fire Frequency analysis; CFD-based consequence analysis	Americas	Technical operations; Environment & impacts/risks

Fonte: Ns. Elaborazione.

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 “Studio per un piano d’azione congiunto per il GNL in ambito portuale”

Tabella 9. DB “Review dei progetti e degli studi dedicati alla domanda e all’offerta di servizi di bunkering nei porti” - Sezione C: Paper accademici (3/4)

<i>Autori</i>	<i>Anno</i>	<i>Principali topic/Focus</i>	<i>Tecnologie di bunkering_Label</i>	<i>Theoretical perspective_Label</i>	<i>Tipologia del documento</i>	<i>Metodo</i>	<i>Copertura geografica (area)</i>	<i>Principali risultati_Label</i>
Yun S., Ryu J., Seo S., Lee S., Chung H., Seo Y., Chang D	2015	Operations	Ship to Ship (STS)	Life-Cycle Assesment (LCA) & Risk Evaluation	Research paper (qualitative)	Simulation method (single case study)	Far East	Technical operations; Environment & impacts/risks
Aymelek M., Boulougouris E.K., Konovessis D.	2015	Types of fuel	n.a.	Network Theory & Genetic algorithm	Research paper (qualitative)	Network design approach	Mondiale	Economics/Investment decisions; Environment & impacts/risks
Elgohary M.M., Seddiek I.S., Salem A.M.	2015	Types of fuel	LNG ship technologies	Life-Cycle Assesment (LCA) & Risk Assessment	Research paper (quantitative)	Benchmark analysis (focused on fuel consumption, cost saving, environmental benefits, gas storage, weight and volume change, conversion of engines, etc)	n.a.	Environment & impacts/risks
Seddiek I.S.	2015	Environment & impacts/risks	LNG ship technologies	Energy evaluation & Investment decision perspectives	Research paper (qualitative)	Multiple case study; Emission reduction analysis; Economic analysis	Europe	Environment & impacts/risks
Thomson H., Corbett J.J., Winebrake J.J.	2015	Environment & impacts/risks	n.a.	Energy evaluation & Life-Cycle-Assessment (LCA)	Research paper (quantitative)	Technology warming potential (TWP)	Baltic	Economics/Investment decisions; Environment & impacts/risks; Market dynamics; Technical operations
Wang S., Notteboom T.	2015	Others	Ship to Ship (STS); Truck to Ship (TTS)	Strategic management theories (Green and sustainable strategies; Regional Innovation System; Port governance)	Research paper (qualitative)	Multiple case study	Europe	Environmental & impacts/risks; Technical operations; Regulations
Wang S., Notteboom T.	2014	Types of fuel	n.a.	Strategic management theories	Literature review	Conceptual models (Porter's five forces model); Systematic literature review; PEST (Political, Economic, Social, Technologica) analysis	Mondiale	Economics/Investment decisions; Envrionment & impacts/risks; Technical operations

Fonte: Ns. Elaborazione.

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 “Studio per un piano d’azione congiunto per il GNL in ambito portuale”

Tabella 10. DB “Review dei progetti e degli studi dedicati alla domanda e all’offerta di servizi di bunkering nei porti” - Sezione C: Paper accademici
 (4/4)

<i>Autori</i>	<i>Anno</i>	<i>Principali topic/Focus</i>	<i>Tecnologie di bunkering_ Label</i>	<i>Theoretical perspective_ Label</i>	<i>Tipologia del documento</i>	<i>Metodo</i>	<i>Copertura geografica (area)</i>	<i>Principali risultati_Label</i>
Gritsenko D., Yliskylä- Peuralaht J. Stanivuk T., Tokic T.	2013	Environment & impacts/risks	LNG ship technologies	Stakeholder Relationship Management (SRM)	Research paper (qualitative)	Single case study; Qualitative analysis of documents' content.	Baltic	Economics/Investment decisions; Environment & impacts/risks; Technical operations; Regulations
Parfomak P.W., Vann A. Franklin	2013	Operations	n.a.	Not applicable	Research paper (quantitative)	Simulation methods	Mondiale	Environmental & impacts/risks; Market dynamics
D.,Reeve H., Hubbard B.	2011	Import/Export -Gas-liq Operations	n.a.	Risk Assessment	Conceptual paper	Conceptual framework; Hazard Models	Americas	Environmental & impacts/risks
D.,Reeve H., Hubbard B.	2010	Operations	Floating LNG Terminal; LNG ship technologies	Investment decision perspectives	Research paper (qualitative/quantitative)	Costs/Benefits analysis; Financial criteria (Net Present Value - NPV; Internal Rate of Return - IRR)	Worldwide	Economics/Investment decisions; Environment & impacts/risks; Technical operations
Dundović C., Basch D., Dobrota D.	2009	Operations	Pressure Pump; Seawater Pump	Not applicable	Research paper (quantitative)	General Purpose Simulation System (GPSS)	Europe	Technical operations; Market dynamics

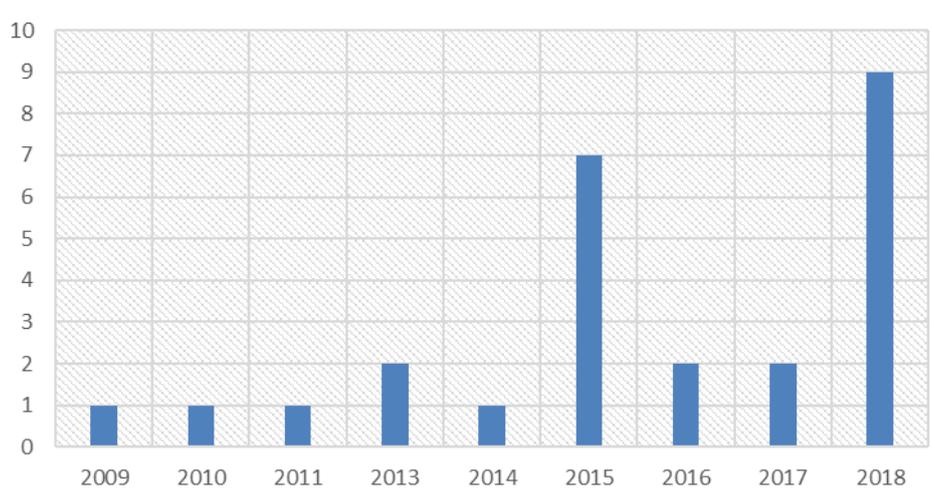
Fonte: Ns. Elaborazione.

2.3.1. *Le dimensioni spaziali e temporali*

Al fine di ottenere un quadro generale della dimensione spaziale e temporale per quanto riguarda la tematica oggetto di analisi, ovvero la domanda e/o offerta di soluzioni di bunkering di GNL nei porti, sono stati presi in considerazione, per l'aspetto temporale gli anni di pubblicazione degli articoli appartenenti al campione finale, per l'aspetto spaziale le aree geografiche identificate e i principali porti oggetto degli articoli accademici.

Per quanto riguarda il timing delle pubblicazioni accademiche incluse nel campione finale, la Figura 6 mostra la crescente importanza assunta dall'argomento in oggetto negli ultimi anni. Infatti, l'attenzione degli accademici e degli esperti alla tematica del gas naturale liquefatto come possibile carburante marittimo alternativo è cresciuta esponenzialmente negli ultimi 4 anni; 20 dei 26 articoli inclusi nel campione, infatti, sono stati pubblicati tra l'anno 2015 e l'anno 2018

Figura 6. Distribuzione temporale DB "Review dei progetti e degli studi dedicati alla domanda e all'offerta di servizi di bunkering nei porti" - Sezione C



Fonte: Ns. Elaborazione.

Al fine di evidenziare la copertura spaziale dei documenti vengono individuate le principali aree considerate: i documenti assumono spesso una prospettiva internazionale (8 articoli su 26 non fanno riferimento ad una area geografica precisa ma considerano l'internazionale e presentano il termine "Mondiale" nel database realizzato), mentre una serie di contributi accademici privilegia invece un focus regionale. In particolare, le aree maggiormente studiate sono: Baltic (4), Europe (4), Far East (3), e Americas (2). Al contrario, 5 delle 26 pubblicazioni considerate non forniscono informazioni circa i profili spaziali. Per ciascuna area geografica vengono poi individuati i principali paesi, e ancora più nel dettaglio i porti oggetto di analisi e di case studies (cfr. Figura 7).

I principali porti interessati alla tematica della sostenibilità ambientale sono concentrate nell'area Nord Europa, essendo questa zona un'area pionieristica all'introduzione e allo sviluppo di tecnologie per il bunkering di GNL carburanti; in particolare il Mar del Nord e il Mar Baltico rappresentano due Emission Control Areas, ovvero zone marittime sottoposte a controlli più severi al fine di ridurre e minimizzare le emissioni nell'atmosfera derivanti dalle navi nel rispetto delle normative internazionali in cui il gas naturale liquefatto come carburante marittimo alternativo rappresenta un'ottima soluzione possibile per il rispetto dei limiti ambientali. I business cases oggetto di analisi fanno riferimento anche

l'area geografica del Medio Oriente, in particolare la Cina. Infine, anche i principali porti americani sviluppatore soluzioni per permettere il rifornimento di GNL.

Figura 7. Distribuzione spaziale DB "Review dei progetti e degli studi dedicati alla domanda e all'offerta di servizi di bunkering nei porti" - Sezione C



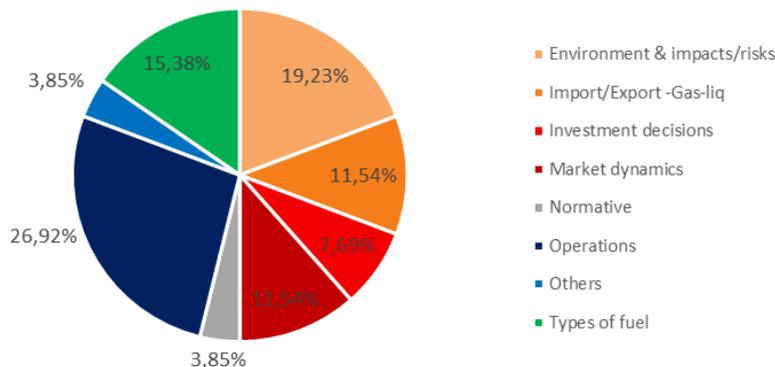
Fonte: Ns. Elaborazione.

2.3.2. La prospettiva teorica adottata (theoretical perspective)

L'economics/social sciences, l'energy, l'environmental science e l'engineering rappresentano le principali aree scientifiche in cui si inquadrano i contributi scientifici inclusi nel sample finale esaminato dal progetto di lavoro del progetto. Questi risultati non appaiono sorprendenti in quanto si prevede che l'adozione di queste tecnologie avranno un impatto significativo sia sulle tematiche ambientali (e.g., Hua et al., 2017; Cassar et al., 2018) sia sulla gestione energetica (e.g., Gritsenko and Yliskyla-Peuralaht, 2013). Inoltre, alcune pubblicazioni si focalizzano su dimensioni tecnico-ingegneristiche (e.g., Kwak et al., 2018; Henesey et al., 2018) e di natura prevalentemente economico-finanziaria (e.g., Wang and Notteboom, 2014; Duru and Tan, 2018) circa l'introduzione e lo sviluppo di soluzione di bunkering di GNL nei porti. L'esame e l'approfondimento dei documenti in oggetto ha consentito di mettere in evidenza alcuni profili utili sia per i manager sia per i decision makers coinvolti nel settore.

La systematic literature review condotta ha inoltre consentito di mettere in evidenza i profili di studio più significativi e i principali risultati scientifici già conseguiti dall'accademica sul tema dell'introduzione e diffusione del GNL in ambito marittimo-portuale. Le operazioni (*operations*), gli impatti e i rischi ambientali (*environmental impacts/risks*), e i tipi di carburante (*types of fuel*) rappresentano i principali topic affrontati negli articoli accademici oggetto di analisi (Figura 8). Inoltre, gli accademici pongono una particolare attenzione anche allo studio dei flussi import/export nei porti (*import/export-gas-liq*), le relative dinamiche del mercato del gas naturale liquefatto (*market dynamics*), e le decisioni di investimento (*investment decisions*) e le problematiche legali (*normative*).

Figura 8. Principali argomenti trattati nei contributi scientifici inclusi nel DB “Review dei progetti e degli studi dedicati alla domanda e all’offerta di servizi di bunkering nei porti” - Sezione C



Fonte: Ns. Elaborazione.

Nella Tabella 11 per ogni argomento affrontato nei contributi scientifici inclusi nel campione finale viene fornita una descrizione di dettaglio.

Tabella 11. Descrizione di dettaglio dei principali argomenti trattati nei contributi scientifici inclusi nel DB “Review dei progetti e degli studi dedicati alla domanda e all’offerta di servizi di bunkering nei porti” - Sezione C

Principali topic_Focus	N° documenti
Environment & impacts/risks	5
Studio che analizza differenti soluzioni per ridurre le emissioni delle navi. Case study relativo a due navi passeggeri ad alta velocità.	1
Studio empirico relativo alla riduzione del contenuto di zolfo nei carburanti marittimi nella regione del Mar Baltico.	1
Studio relativo al gas naturale liquefatto come carburante marittimo finalizzato alla quantificazione delle emissioni.	1
Valutazione del rischio connesso alle tecnologie automatizzate per il bunkeraggio di GNL	1
Valutazione del rischio di incendio di due tipi di sistemi di fornitura di gas naturale liquefatto.	1
Import/Export -Gas-liq	3
Analisi delle proposte per nuovi terminali costieri di importazione di GNL in tutti gli Stati Uniti.	1
Processo di liquefazione BOG su piccola scala utilizzato per le navi alimentate a gas naturale liquefatto.	1
Stima di un modello di spedizione globale tra porti di gas naturale attraverso l'analisi di un database relativo ai movimenti delle navi ed un metodo basato su informazioni provenienti da terminal di export e import mondiali.	1
Investment decisions	2
Importanza dell'inclusione delle industrie locali e del settore energetico nelle scelte di investimento per lo sviluppo di infrastrutture gnl	1
Valutazione della fattibilità economica di impiego di navi container alimentate a gnl sulle Northern Sea Route	1
Market dynamics	3
Analisi relativa ai possibili meccanismi di determinazione del prezzo del mercato del gas naturale liquefatto e alle strategie di pricing	1
Metodo di valutazione delle iniziative commerciali finalizzate a promuovere il LNG come carburante marittimo.	1
Panoramica relativa all'utilizzo del GNL per l'industria marittima ed analisi del potenziale di crescita futura sulla base della flotta alimentata a GNL (corrente e in ordine) e dell'espansione pianificata degli impianti di bunkeraggio del GNL, principalmente nei porti europei.	1
Normative	1
Case study relativo alla normativa dello stato di Malta sul gas naturale liquefatto	1

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 “Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale”

Operations	7
<i>Analisi delle caratteristiche idrodinamiche e della fattibilità operativa di un terminale di bunkeraggio a gas naturale liquefatto galleggiante (GNL) affiancato con una nave metaniera e due navette di rifornimento di GNL durante il processo di trasferimento di GNL.</i>	1
<i>Analisi di fattibilità relativa ad un nuovo sistema di ormeggio composto da una piattaforma galleggiante ancorata tramite pali al fondo marino al fine di realizzare un terminal LNG offshore</i>	1
<i>Analisi relativa alle caratteristiche richieste agli impianti di stoccaggio di gas naturale liquefatto a seconda delle condizioni meteorologiche presenti.</i>	1
<i>Metodo di simulazione per la valutazione della capacità di ricezione del terminale GNL.</i>	1
<i>Progettazione concettuale di un terminale di bunkeraggio di gas naturale liquefatto offshore</i>	1
<i>Studio relativo alla crescente opportunità di convertire le attuali navi metaniere (lng carriers ovvero LNGC) in centrali galleggianti di rifornimento di GNL.</i>	1
<i>Sviluppo e testing del Multiple Docking Aid System per un terminal di bunkering lng galleggiante</i>	1
Others	1
<i>Analisi del ruolo delle autorità portuali nello sviluppo di terminal di bunkering GNL nei porti del Nord Europa.</i>	1
Types of fuel	4
<i>Analisi di due differenti navi alimentate ad heavy fuel oil (HFO) e a liquified natural gas (LNG).</i>	1
<i>Analisi e confronto dei differenti carburanti alternativi esistenti in ambito marittimo, evidenziando l'importanza assunta del gas naturale liquefatto.</i>	1
<i>Analisi relativa all'utilizzo del LNG come combustibile marittimo per navi portacontainer in acque profonde sulle principali rotte marittime di linea.</i>	1
<i>Revisione sistematica di 33 studi pubblicati relativi all'utilizzo del GNL come combustibile per le navi.</i>	1
Totale complessivo	26

Fonte: Ns. Elaborazione.

I principali fenomeni analizzati nei documenti selezionati risultano essere: Life-Cycle Assessment (LCA) perspectives (e.g., Thomson et al., 2015), Risk assessment models (e.g., Henesey et al., 2018b), Structural Design theories (e.g., Kwak et al., 2018), Network Theories & Genetic Algorithms (e.g., Aymelek et al., 2015) e Energy Evaluation approaches (e.g. Schinas and Butler, 2016). Quest'ultima sezione include anche gli approfondimenti dedicati all'esame dell'indice finalizzato a promuovere l'utilizzo più efficiente dell'energia da parte di motori e apparecchiature di bordo, ovvero l'EEDI (Energy Efficiency Design Index). Inoltre, vengono sempre più utilizzati approcci relativi alle decisioni ambientali, economiche sociali e legati alla gestione strategica,

2.3.3. La tipologia di documento e il metodo applicato

Con riferimento alla tipologia e al metodo applicato, il campione finale è rappresentato principalmente da articoli di ricerca (research paper) per l'88.5%, dove le literature reviews (7.7%) e i conceptual studies (3.8%) costituiscono solo la porzione residuale dell'intero campione. Non sorprende che i metodi quantitativi superino i metodi qualitativi utilizzati nella categoria research paper (50.0% vs. 26.9%): in tre casi (11.5%), gli autori uniscono metodi quantitativi e qualitativi nella stessa analisi.

Tabella 12. Tipologia del documento/Metodo DB "Review dei progetti e degli studi dedicati alla domanda e all'offerta di servizi di bunkering nei porti" - Sezione C

Tipologia del documento/Metodo	N° documenti	%
Conceptual paper	1	3,85%
Conceptual framework; Hazard Models	1	3,85%
Literature review	2	7,69%
Conceptual models (Porter's five forces model); Systematic literature review; PEST (Political, Economic, Social, Technologica) analysis	1	3,85%

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale"

Literature review	1	3,85%
Research paper (qualitative)	7	26,92%
Multiple case study	2	7,69%
Multiple case study; Emission reduction analysis; Economic analysis	1	3,85%
Network design approach	1	3,85%
Simulation method (single case study)	1	3,85%
Single case study	1	3,85%
Single case study; Qualitative analysis of documents' content.	1	3,85%
Research paper (qualitative/quantitative)	3	11,54%
Costs/Benefits analysis; Financial criteria (Net Present Value - NPV; Internal Rate of Return - IRR)	1	3,85%
Literature review, interviews, Monte Carlo simulation (MCS) model	1	3,85%
Triangulation strategy (literature review, case studies, interviews)	1	3,85%
Research paper (quantitative)	13	50,00%
Benchmark analysis (focused on fuel consumption, cost saving, environmental benefits, gas storage, weight and volume change, conversion of engines, etc)	1	3,85%
Cost Model, Empirical test	1	3,85%
Cost-based valuation; energy content approach and predictive analytics	1	3,85%
Descriptive statistics	1	3,85%
Fire Frequency analysis; CFD-based consequence analysis	1	3,85%
General Purpose Simulation System (GPSS)	1	3,85%
Network mapping analysis; Automatic Identification System (AIS)	1	3,85%
Simulation methods	1	3,85%
-Single case study; Experiment	1	3,85%
Structural design based on finite element analysis; Numerical approaches (hydrodynamic diffraction analysis and hydrodynamic time response analysis); Costs/Benefits analysis, for estimating economic feasibility	1	3,85%
Technology warming potential (TWP)	1	3,85%
Thermodynamic analysis; Sensitivity analysis	1	3,85%
Wave Green function method; Experiments (HOBEM: higher-order boundary element method)	1	3,85%
Totale complessivo	26	100,00%

Fonte: Ns. Elaborazione.

La Tabella 12 evidenzia non soltanto la tipologia dei documenti oggetto dell'analisi svolta dal partenariato ma anche i relativi metodi di analisi impiegati, con una predominanza dei metodi di natura quantitativa ma anche una presenza non trascurabile di contributi di tipo "qualitativo" prevalentemente riconducibili all'impiego di tecniche di tipo "single case study" e "multiple cases studies".

2.3.4. *Tecnologie di bunkering*

Infine, sempre nell'ambito della systematic literature review sviluppata, si è valutata la propensione di ogni documento incluso ad affrontare tematiche relative alla domanda e all'offerta di infrastrutture di bunkering di GNL nei porti. Questo passaggio ha consentito al team di lavoro del Capofila UNIGE CIELI di attribuire una variabile dummy ad ogni paper (1 nel caso affronti la tematica offerta e/o domanda, 0 nel caso non affronti nessuna tematica legata all'offerta e/o domanda). È emerso da tale analisi che 12 documenti assumono una prospettiva sea-side riguardante le navi alimentate a GNL, con focus la domanda; 12 assumono una landside perspective, ovvero riguardano le stazioni di bunkering

di GNL, con focus l'offerta; mentre i restanti 2 studi riguardano entrambi gli aspetti. Con riferimento all'offerta di servizi di bunkering di GNL, e, dunque delle soluzioni tecnologiche per permettere il rifornimento di gas naturale liquefatto sono state mappate 4 bunkering solutions, in linea con la letteratura esistente in materia (EMSA, 2018):

- i) Port-to-Ship (PTS) and Terminal-to-Ship (TPS);
- ii) Truck-to-Ship (TTS);
- iii) Ship-to-Ship (STS) (including Floating LNG Terminals);
- iv) Mobile Fuel Tanks.

Sono stati inoltre aggiunti due label ulteriori al fine di categorizzare i contributi focalizzati sull'equipment per il bunkering di GNL (Equipment for bunkering LNG-fuelled ships) e i contributi scientifici privi di una specifica analisi delle opzioni tecnologiche disponibili per il bunkering e stoccaggio di GNL (not specified).

La Tabella 13 evidenzia la maggiore frequenza di paper dedicati all'esame della soluzione tecnologica STS (Ship-to-Ship) per garantire il bunkering di GNL alle navi alimentate a GNL, seguita dalle soluzioni tecnologiche di tipo TTS (Truck-to-Ship) e dalle altre due configurazioni.

Tabella 13. Tecnologie di bunkering DB "Review dei progetti e degli studi dedicati alla domanda e all'offerta di servizi di bunkering nei porti" Sezione C

<i>Tecnologie di bunkering</i>	<i>N° documenti</i>
Ship-to-Ship (STS) (including Floating LNG Terminals)	10
Truck-to-Ship (TTS)	5
Port-to-Ship (PTS) and Terminal to Ship (TPS)	2
Mobile Fuel Tanks (MFT)	2
Equipment for bunkering LNG-fuelled ships (including: pressure pumps, seawater pumps, technologies related to bunkering procedures for LNG-fuelled ships, etc.	9
Not specified	8

Fonte: Ns. Elaborazione.

Le attività di ricerca connesse al Prodotto T2.1.1 sono state anche validate e supportate scientificamente mediante la presentazione dei risultati di ricerca alla conferenza internazionale IAME 2019 mediante la presentazione e la discussione del full paper di seguito indicato:

- Satta G., Parola F., Duru O., Leotta C. (2019), "LNG bunkering solutions in ports: A literature review and research agenda", International Association of Maritime Economists (IAME) Conference 2019, 25th-28th June 2019, Athens (Greece).

Si precisa inoltre che nell'ambito del medesimo evento è stato discusso anche i due extended abstract di seguito indicati che hanno beneficiato dei risultati delle attività tecniche condotte sempre nell'ambito del Progetto TDI RETE-GNL:

- Acciaro M., Parola F., Resta M., Satta G., Vitellaro F. (2019), "Demand Estimation for LNG Bunkering and Storage Services in Ports Using Bayesian Networks", International Association of Maritime Economists (IAME) Conference 2019, 25th-28th June 2019, Athens (Greece).
- Satta G., Parola F., Fedi L., Giannoni M. (2019), "Funding LNG bunkering systems for

European ports: from theory to practice”, International Association of Maritime Economists (IAME) Conference 2019, 25th-28th June 2019, Athens (Greece).

3. SCHEDA DI SINTESI DEL PRODOTTO T2.1.2 (“REPORT PER LA MAPPATURA DELLA DOMANDA”)

Il Prodotto T2.1.2 “Report per la mappatura della domanda”, coerentemente rispetto a quanto previsto nel formulario di progetto è stato realizzato dal capofila, partner P1 (UNIGE-CIELI) a cui va attribuita la predisposizione del report con l’apporto diretto dei partner P2 (UNIPI) e P3 (UNICA-CIREM). Ai Partner P2 e P3 va imputata anche la predisposizione del capitolo 7 del Prodotto finale T2.1.2. Inoltre, i partner P4 (OTC) e P5 (CCIVAR) hanno supportato le attività in itinere e validato la formulazione finale del relativo prodotto. I singoli partner di progetto, inoltre, si sono occupati di mappare e raccogliere i dati relativi alle aree di relativa competenza geografica.



3.1. Finalità del prodotto T2.1.2

Il Prodotto T2.1.2 “Report per la mappatura della domanda” esamina e sintetizza le principali caratteristiche attuali e prospettiche della domanda di GNL nei porti dell’area di Programma, ponendo una particolare enfasi sull’esame della flotta a GNL (e tipo di servizi di trasporto dalla stessa erogati e dei relativi fabbisogni energetici), e sui possibili impieghi del GNL in ambito portuale e terrestre in una logica di supporto alla supply chain marittimo-portuale. Inoltre, il documento fornisce alcune linee guida e metodologie tecniche, volte alla misurazione e alla stima delle diverse grandezze e variabili coinvolte nell’analisi complessiva del mercato del GNL rilevante con riferimento al contesto marittimo-portuale. Il Prodotto identifica anche opportuni strumenti metodologici per lo studio e l’analisi di mercato che i diversi decisori pubblici e privati sono chiamati a compiere con riferimento alle scelte di pianificazione, progettazione, realizzazione, gestione e finanziamento del sistema infrastrutturale di tipo SSLNG (Small Scale LNG) in ambito marittimo portuale. Il report costituisce una prima base per impostare le valutazioni in merito al dimensionamento degli impianti di bunkering e di stoccaggio di GNL nei porti dell’Area di Programma al fine di supportarne l’introduzione come combustibile alternativo marittimo. All’interno del Prodotto, vengono dapprima esaminate brevemente le principali caratteristiche del mercato del GNL e successivamente viene proposto un modello concettuale volto a facilitare l’analisi della domanda relativa ad un mercato relativamente recente, complesso e caratterizzato negli ultimi anni da trend e driver di sviluppo significativi.

3.2. La domanda di GNL: caratteristiche e specificità

Per meglio comprendere le specificità della domanda di GNL, è opportuno in primo luogo delimitare il campo di indagine esaminato all’interno del progetto, considerando quindi la filiera tecnologico-produttiva costituita da 5 stadi quali: estrazione/produzione; liquefazione; trasporto; rigassificazione; logistica distributiva/mercati di sbocco.

All’interno della filiera del GNL, in particolare, si definisce “Small Scale LNG” (SSLNG) l’insieme di soluzioni tecnologico-produttive che attengono alle diverse modalità attraverso cui il GNL viene gestito in piccole/medie quantità direttamente in forma liquida (Remelje e Hoadley, 2006; Jokinen et al., 2015). I servizi SSLNG possono essere forniti mediante diverse soluzioni che includono tra l’altro terminali di rigassificazione adattati, navi bunker, autobotti/ISO-container, depositi costieri funzionali alla catena logistica complessiva del GNL.

Sulla base di quanto analizzato, nell'ambito dei mercati di sbocco, si è soliti articolare la domanda di GNL nei seguenti segmenti di mercato (Assocostieri, 2018; REF-E 2019; Liquigas, 2018):

- Settore navale (bunkering di GNL);
- Usi industriali e civili off grid (produzione di energia elettrica con gruppi elettrogeni per l'autoproduzione azienda o per sistemi isolati e alla produzione di calore per uso industriale o civile);
- Autotrazione (comprensivi di veicoli stradali pesanti e veicoli stradali leggeri);
- Settore ferroviario (treni a propulsione GNL).

I singoli usi e i relativi segmenti di mercato presentano significative disomogeneità in relazione sia ai volumi attualmente richiesti sia alle dinamiche e ai trend che li caratterizzano. L'autotrazione e gli usi industriali/civile off grid costituiscono attualmente i principali segmenti di mercato. Tuttavia, dal punto di vista dell'evoluzione e della dinamica connessa alla domanda riconducibile ai singoli segmenti, sono le navi e i camion a GNL a presentare tassi crescenti di sviluppo e prospettive di mercato più rilevanti. Secondo le stime di REF-E (2017), nel 2020, è previsto che la richiesta assorbita dalla filiera del downstream del GNL possa arrivare a circa 120,000 to/anno, di cui più del 60% per il trasporto stradale (pesante e leggero), il 24% dalle utenze industriali off-grid, il 12% per il trasporto marittimo mentre le reti di distribuzione isolate dovrebbero costituire meno del 3% del mercato complessivo.

3.3. La domanda di GNL in ambito marittimo-portuale: il modello concettuale proposto

Nell'ambito delle attività di ricerca riconducibili al Prodotto T2.1.2, il partenariato ha sviluppato e validato un modello concettuale atto a:

1. definire i diversi segmenti di domanda rilevanti al fine di quantificare la domanda attuale e futura di servizi di bunkering e stoccaggio di GNL in ambito marittimo-portuali nei porti compresi nell'Area di Programma;
2. identificare, in relazione ai diversi segmenti e aggregati, opportune metodologie e tecniche per la quantificazione dei volumi richiesti ad oggi e stimati per il futuro.

A tale scopo, il CF e i partner P2 (UNIP) e P3 (UNICA-CIREM) hanno congiuntamente sviluppato un modello concettuale per l'analisi e la mappatura della domanda di servizi di bunkering e stoccaggio di GNL in ambito marittimo-portuale che include tre diversi macro-segmenti, corrispondenti alle macroaree in cui si generano i relativi bisogni energetici, ovvero:

- Domanda marittima;
- Domanda portuale;
- Domanda terrestre.

Per le finalità e gli scopi del Progetto, con “domanda marittima” si intende la domanda di GNL riconducibile direttamente al bunkering di GNL per la propulsione navale; con “domanda portuale” ci si riferisce ai fabbisogni energetici che si generano nell'ambito delle aree portuali e che possono essere soddisfatti mediante l'impiego del GNL come combustibile per produzione di energia; con “domanda terrestre” infine si intende la domanda di servizi di bunkering e stoccaggi di GNL in ambito marittimo-portuale che pur non originandosi necessariamente all'interno del porto, potrebbe comunque essere soddisfatta da impianti localizzati all'interno delle medesime aree portuali.

Tale framework è stato validato dai partner di Progetto e dai Capofila degli altri progetti del CLUSTER GNL a valere sul II Avviso.

3.3.1. Domanda marittima

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 “Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale”

La misurazione della domanda marittima (attuale) di servizi di bunkering e di stoccaggio di GNL e la stima di quella futura appaiono complesse in ragione delle seguenti considerazioni:

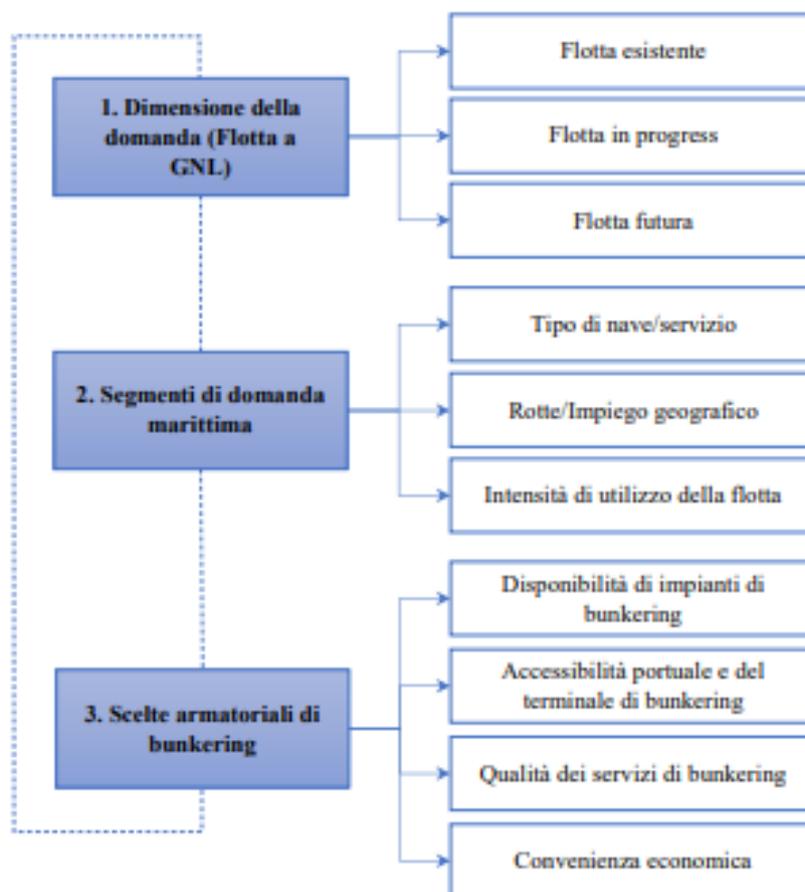
- Analisi della domanda in relazione a investimenti infrastrutturali (a reti e complessi): tali investimenti e progetti infrastrutturali presentano specificità riconducibili ai concetti di indivisibilità di scala e tecniche, indivisibilità di tempo e finanziarie, e di “minimo quanto misto”.
- Metodologie di misurazione, stima e forecasting a breve e a medio/lungo termine: la domanda marittima deve essere esaminata sia conferimento alla sua attuale consistenza sia alla sua prevedibile evoluzione futura (orizzonti temporali più estesi che impongono l’adozione congiunta di modelli di misurazione della domanda attuale e tecniche di forecasting).
- Compresenza di una pluralità degli attori pubblici e privati: le scelte di pianificazione e programmazione degli investimenti infrastrutturali devono contemperare interessi pubblici e privati.

Dalle considerazioni svolte appare necessario sviluppare un modello concettuale per lo studio della domanda marittima di GNL finalizzato a misurare e stimare sia lo stato attuale della flotta (2019) sia le sue prospettive di evoluzione futura nel breve (2021/2022), nel medio (2025/2026) e nel lungo termine (2030).

La mappatura della domanda marittima di bunkering di GNL, nelle sue dimensioni attuali e prospettive, richiede l’esame congiunto dei seguenti profili fondamentali (Figura 9):

- Dimensione della domanda/Flotta a GNL: stima flotta esistente, flotta in refitting, flotta on order book, flotta da ordini futuri, flotta da refitting e riconversioni future.
- Segmenti di domanda marittima: per ogni segmento esame di elementi quali tipo di nave/servizio, rotte di impiego, intensità di utilizzo della flotta.
- Scelte armatoriali di bunkering: driver quali disponibilità di impianti di bunkering, accessibilità tecnico/nautica del porto/terminal di bunkering di GNL, qualità dei servizi di bunkering erogati, convenienza economica della scelta i bunkering.

Figura 9. Domanda marittima di servizi di bunkering di GNL: modello teorico di riferimento



Fonte: Ns. elaborazione

3.3.2. Domanda portuale di GNL

Per realizzare l'analisi della domanda portuale di GNL appare necessario delimitare puntualmente il fabbisogno energetico portuale complessivo e per ciascun uso energetico, individuare gli usi per il quale il GNL rappresenta una soluzione fattibile al fine di soddisfare i relativi fabbisogni energetici, misurare la parte dei fabbisogni energetici portuali soddisfatta ad oggi dal GNL, stimare l'incidenza del GNL come fonte di produzione di energia in ambito portuale. La complessità delle stime è resa ancora più elevata in ragione della necessità di individuare il soggetto utilizzatore del fabbisogno energetico o preposto alla scelta di un eventuale passaggio al GNL, dall'individuazione degli investimenti effettuati a tal fine e di quelli programmati e dall'eterogeneità dei flussi energetici.

Con riferimento agli usi, nell'ambito del macro-segmento relativo ai fabbisogni energetici portuali possono identificarsi 6 aree di utilizzo: infrastrutture marittime; spazi e aree comuni; scali ferroviari di manovra; terminal commerciali; cantieristica e attività industriali; attività turistico-crociéristiche.

3.3.3. Domanda terrestre di GNL

La domanda terrestre di GNL è costituita dai fabbisogni di servizi di stoccaggio di GNL in ambito marittimo-portuale non necessariamente interni al porto. I segmenti considerati per la valutazione della domanda terrestre, per gli scopi e le finalità del presente elaborato sono:

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale"

- GNL per mezzi terrestri pesanti e leggeri: interesse di impiegare il GNL nel prossimo futuro per il rifornimento di mezzi terrestri a livello regionale.
- GNL per usi civili e industriali “off grid”: la produzione combinata di energia elettrica e calore può ridurre la spesa complessiva permettendo un utilizzo efficiente del combustibile; il contesto altamente energivoro nel porto rende tale soluzione particolarmente interessante.
- Depositi satellite “inland”: elemento fondamentale nella filiera del GNL fondamentali a garantire la continuità del servizio e stabilire la localizzazione e il dimensionamento degli impianti di bunkering e stoccaggio in ambito portuale.

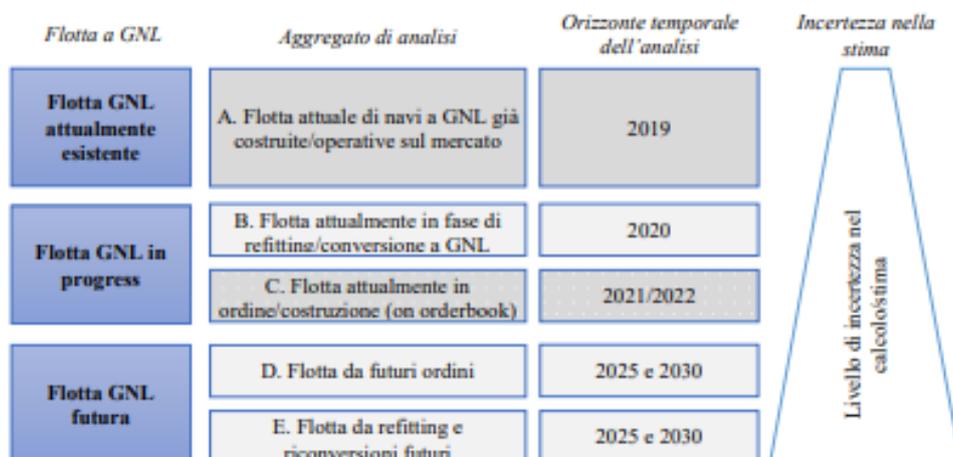
3.4. Profili metodologici connessi all’analisi della domanda di GNL

3.4.1. Domanda marittima di GNL: delimitazione del campo di indagine, fonti per la raccolta dei dati e struttura del questionario agli armatori.

Dal punto di vista metodologico, per mappare e quantificare la domanda attuale e futura di servizi di bunkering di GNL nei porti dell’ Area di Programma per ciascun aggregato individuato (Flotta esistente; Flotta in refitting; Flotta on order book; Flotta da ordini futuri; Flotta da refitting e riconversioni future) occorre assumere le seguenti scelte:

- Delimitazione del campo di indagine: tipo di navi a includere nel campione, copertura geografica/nazionalità delle navi;
- Definizione del livello di aggregazione/disaggregazione della domanda marittima di servizi di bunkering di GNL: definizione dei singoli segmenti di mercato considerati;
- Definizione del livello di precisione della quantificazione dalla domanda attuale e delle previsioni relative alla domanda futura: applicazione di un approccio di tipo analitico in relazione agli aggregati individuati, precisione e puntualità dell’analisi, seguito da approccio sintetico;
- Selezione dell’orizzonte temporale in relazione alla previsione della domanda futura;
- Selezione delle specifiche metodologie/tecniche statistico/matematiche (qualitative o quantitative) per la misurazione e la stima dei singoli aggregati oggetto di studio.

Figura 10. Approcci per l’analisi della flotta a GNL e stima relativa domanda marittima



Fonte: Ns. elaborazione.



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Attraverso la raccolta, la sistematizzazione e l'analisi dei dati forniti dal database IHS-SEAWEB è stato possibile mappare gli aggregati "A. Flotta attuale di navi a GNL" (al 2019) e l'aggregato "C. Flotta attualmente in ordine/in costruzione" (al 2021/2022 per la maggior parte delle tipologie navali e al 2025/2026 per il settore crocieristico). Per gli aggregati "B. Flotta attualmente in fase di refitting/conversione a GNL", "D. Flotta da futuri ordini" e "E. Flotta da refitting e riconversioni future", il tentativo di applicazione del metodo analitico ha richiesto la somministrazione di uno specifico questionario dedicato agli armatori che è stato inoltrato alle compagnie di shipping italiane e francesi. Tenuto conto dell'oggettiva difficoltà connessa all'applicazione di un metodo analitico per gli aggregati B, D ed E, si è deciso successivamente di fare ricorso anche ad approcci sintetici per la previsione e la stima della domanda futura.

La complessità delle stime da compiere nell'ambito del progetto e la volatilità dei segmenti di domanda impongono il ricorso anche ad analisi di sensibilità e analisi di scenario, finalizzate a identificare dei possibili range di variazione attesi con riferimento alla domanda marittima di GNL in diversi orizzonti temporali di previsione.

3.4.1.1. Dati per l'analisi della domanda marittima

In relazione all'attività di raccolta delle informazioni e dei dati rilevanti per lo studio della flotta a GNL, il gruppo di lavoro del CF ha provveduto a sviluppare un apposito database relativo alla flotta attualmente esistente e alla flotta "on order" di navi a GNL, a partire dalla piattaforma online IHS seamarket (Database "Seaweb"), utilizzato sia da accademici che practitioners del settore. Tale scelta deriva dalla semplicità di utilizzo della piattaforma e dall'ampiezza delle funzionalità offerte.

Ai fini dello studio, dalla piattaforma è stata effettuata un'estrazione in cui sono state inserite tutte le navi "LNG propelled" rilevate a livello globale da cui è stato possibile identificare la lista completa delle navi a GNL esistenti o nello stato "on order" a livello internazionale. Il DB sviluppato ai fini del presente progetto risulta inizialmente composto da 658 navi LNG propelled, di proprietà di 176 diversi gruppi armatori e gestite da 229 diversi operatori. Della flotta LNG individuata, 457 sono attualmente operanti o "launched" sul mercato nel corso del 2019 ("flotta attualmente sul mercato"), mentre le restanti 201 sono on orderbook con consegna successiva a tale data. Da questo database si è proceduto a individuare le navi di proprietà o in gestione di group owner/registered owner/operators aventi nazionalità europea, esaminando successivamente il dettaglio di quelle italiane e francesi. Il database include 34 variabili di natura tecnica, operativo/gestionale e commerciali.

3.4.1.2. Struttura contenuto e modalità di somministrazione del questionario per gli armatori

Per integrare le informazioni di cui al punto precedente, il partenariato ha anche predisposto e somministrato agli stakeholder rilevanti un apposito questionario. La struttura del questionario (per la cui analisi di dettaglio si rimanda alla versione completa del Prodotto T2.1.2) oltre alle informazioni relative al soggetto intervistato e alla compagnia armatoriale analizzata, 10 domande sull'impiego del GNL come forma di propulsione navale ed è articolato in tre sezioni:

- Sezione A: Informazioni sul soggetto intervistato e sulla shipping company;
- Sezione B: Informazioni relative alle navi a GNL appartenenti alla flotta;
- Sezione C: Profili operativi ed economico-finanziari connessi alla flotta a GNL.

La versione finale del questionario (predisposta sia in italiano che in francese) è stata condivisa nell'ambito del "Tavolo di Lavoro sui Carburanti Alternativi", promosso dalla Regione Liguria e dalle CCIAA di Genova, che vede la presenza di diversi stakeholders interessati alle tematiche del GNL. In relazione al contesto nazionale italiano, il questionario è stato inoltrato alle principali associazioni di

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale"



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



categoria Confitarma e Assoarmatori che hanno effettuato l'inoltro ai propri associati e successivamente re-inoltro i questionari compilati al CF (4 da Confitarma, 6 da Assoarmatori). Con riferimento alla Francia, il CF ha contattato 14 armatori (individuati dai partner P4 e P5) e non ha ricevuto, nonostante i re-call, nessuna risposta. Complessivamente si evidenzia come la somministrazione del questionario ha incontrato una serie di ostacoli dovuti alla scarsa disclosure realizzata sul tema una parte degli armatori a diffondere informazioni che ritengono strategiche in un'ottica di competitività e di concorrenza con i competitors.

3.4.1.3. Domanda portuale di GNL: delimitazione dell'oggetto di studio e struttura del questionario alle ADSP

Nell'ambito dell'attività T2.1. "Analisi delle principali condizioni della domanda e dell'offerta a livello attuale/prospettico nell'area di Programma" si è proceduto a raccogliere informazioni relative alla domanda portuale di servizi di bunkering/stoccaggio di GNL non solo mediante metodologie di tipo "online" (desk research) ma anche attraverso la progettazione e la somministrazione di un apposito questionario alle AdSP e alle Port Authority di cui all'Area di Programma (che rappresenta la principale fonte informativa sui fabbisogni energetici in ambito portuale).

In particolare, all'interno del questionario "Mappatura dei consumi energetici portuali e dell'offerta di servizi di bunkering di GNL in ambito marittimo-portuale: Intervista alle AdSP e alle Port Authority" è stata inclusa una sezione (Sezione C) funzionale all'esame dei fabbisogni energetici attuali e futuri delle aree portuali (e di quelle attigue) che potrebbero essere soddisfatti mediante impianti alimentati a GNL e alle altre possibili forme di impiego del GNL stesso (sezione attentamente dettagliata nel prodotto integrale T2.1.2). Si rimanda alla versione integrale del Prodotto T2.1.2 per un approfondimento dettagliato dell'argomento.

3.4.1.4. Domanda terrestre: definizione dei segmenti di domanda e struttura del questionario per lo studio della flotta veicolare terrestre

Sempre nell'ambito dell'attività T2.1. al fine di dimensionare correttamente gli impianti per il bunkering e lo stoccaggio di GNL in ambito marittimo-portuale, sono state previste anche attività volte a quantificare e stimare i volumi di GNL potenzialmente rilevanti in relazione al macro-segmento "domanda terrestre", ovvero:

- i. GNL per la propulsione di mezzi terrestri (voce più interessante da considerare);
- ii. GNL per usi civili e industriali "off grid" (voce che assume particolare rilievo esclusivamente in relazione a quelle aree geografiche che non risultano collegate alla rete nazionale (per esempio la Sardegna);
- iii. Depositi satellite di tipo "inland" che non risultano collegati alla rete gas nazionale (in parte già mappata nel prodotto T2.1.3 del progetto TDI RETE-GNL).

Tanto premesso, il CF con il supporto del rappresentante degli stakeholder e in modo concertato con i propri partner ha progettato e sviluppato un altro specifico questionario da somministrare agli autotrasportatori che operano all'interno o in prossimità delle aree portuali appartenenti all'Area di Programma interessati alle diverse modalità di impiego di GNL come carburante alternativo per mappare lo stato attuale e prospettico delle flotte di mezzi pesanti e le prospettive di conversione a GNL delle medesime.

Il questionario è stato condiviso con un elevato numero di operatori dell'autotrasporto per conto terzi, grazie a contatti quali la Camera di Commercio di Genova, la Confederazione Nazionale

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale"

dell'Artigianato e della Piccola e Media Impresa, il CNH INDUSTRIAL – IVECO, l'Assessorato Industria della Regione Sardegna, e singoli autotrasportatori. Complessivamente si segnala il fattivo impegno per la somministrazione dei numerosi questionari; il partenariato ha inviato complessivamente 111 questionari e ne ha ricevuti 18 compilati.

3.5. Mappatura della domanda marittima di GNL: risultati dell'analisi empirica

Al fine di mappare la domanda marittima di GNL all'interno dell'area di Programma, tenuto conto della scarsità di dati in relazione all'impiego di questa tipologia navale nell'area oggetto di studio (in ragione del fatto che gli investimenti in navi a GNL da parte degli armatori operanti nel Mediterraneo si sono manifestati solo recentemente e con tassi di crescita significativi) e della necessità di effettuare un'attività di forecasting su orizzonti temporali sia di breve (2019-2021) che di medio (2025) e lungo termine (2030-2035) appare necessario in primo luogo analizzare i trend relativi alla flotta a GNL esistente e in orderbook sia a livello internazionale sia europeo al fine di disporre di statistiche sufficientemente robuste per comprendere i segmenti di domanda di maggiori dimensioni e quelli che presentano maggiori opportunità di crescita. Successivamente per gli scopi del presente elaborato sono stati esaminati i seguenti aggregati:

- flotta a GNL operata da armatori italiani
- flotta a GNL operata da armatori francesi
- flotta a GNL operata nell'area del Mediterraneo

Integrando le analisi regionali di dettaglio con la definizione di tassi attesi di crescita relativi ai singoli comparti dello shipping interessati maggiormente da questo tipo di innovazione tecnologica, si è infine proceduto a:

- calcolare la domanda di servizi di bunkering di GNL per l'area di Programma in relazione all'orizzonte 2019/2021
- stimare i livelli di domanda di servizi di bunkering di GNL per l'area di Programma in relazione agli orizzonti 2025, 2030 e 2035.

3.5.1. Analisi dello stato attuale e prospettico della flotta internazionale a propulsione GNL

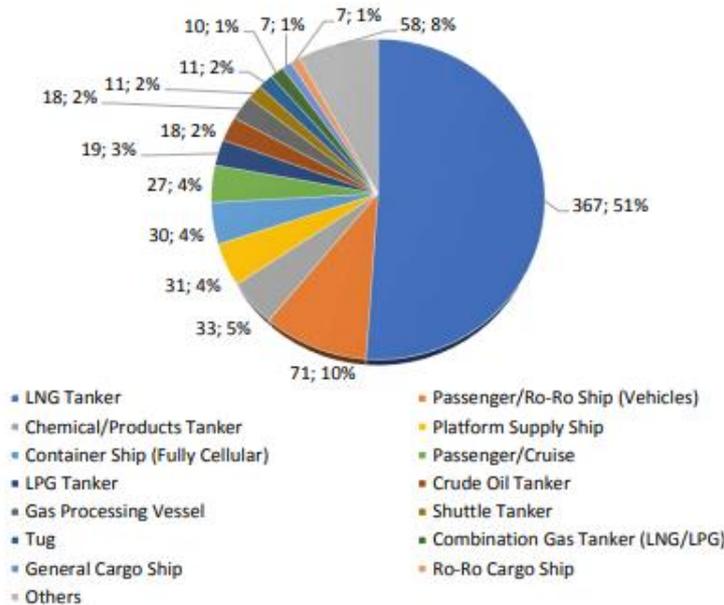
L'esame dei dati raccolti all'interno del DB evidenzia come la soluzione GNL sia stata già scelta a livello internazionale alla data di analisi (ottobre 2019) in relazione a 37 diverse tipologie di asset nave, per un totale di 718 navi, se si considerano congiuntamente le navi con stato "in service/commission" e le navi di nuova costruzione futura, ivi intendendosi "keel laid", "launched", "on order/not commenced", "Projected" e "under construction". Con riferimento alla tipologia navale, la soluzione di propulsione GNL risulta maggiormente diffusa nelle navi "LNG Tanker", ovvero le metaniere per il trasporto di GNL per 51,1% del totale che, tuttavia, non risulta particolarmente significativa per lo studio della domanda di servizi di bunkering del presente di cui al presente report in quanto, queste navi non necessitano dei servizi di rifornimento impiegando come combustibile parte dello stesso GNL che trasportando, sfruttando il fenomeno del boil-off-gas (BOG). Seguono in termini di rilevanza le tipologie di nave Passenger/Ro-ro ships (71; 9,9%), Chemical product tanker (33; 4,6%), platform supply ships (31, 4,3%), containership (fully cellular) (30; 4,2%), Cruise (27; 3,8%), LPG tanker (19; 2,6%), etc. La Figura 11 riporta i dati relativi alle prime 15 categorie navali.

Al fine di ridurre la complessità informativa i dati sono stati aggregati in 8 macrocategorie di navi da cui risulta che le LNG tanker continuano a mantenere il primato (51,1%) seguite da Other tanker (14,3%); Passenger/Ro-ro ship (10,4%); Container ship/General cargo/Vehicles carrier/Ro-RO cargo



(56; 7,8%); PSV/FPSO/OFFSHORE (56; 7,8%); Tug and auxiliary services (28; 3,9%); Cruise (27; 3,8%); Dry bulk (6; 0,8%).

Figura 11. Flotta internazionale a GNL: prime 15 categorie per ship type



Fonte: Ns. elaborazione su dati IHS Market – Seaweb (30.06.2019)

Con riferimento allo status della flotta, le navi “in service/commission” rappresentano il 60% del totale, mentre quelle di futura costruzione incidono per il 40% a livello internazionale. In particolare, le diverse categorie di navi presentano dimensioni attuali e prospettive future di crescita molto differenziate (Tabella 14). Per esempio, il settore crocieristico evidenzia un’incidenza attuale di solo 0,2% della flotta operativa, mentre le sue prospettive di crescita sono tra le più interessanti, con un peso del 9% del totale delle nuove costruzioni GNL a livello mondiale.

Tabella 14. Segmenti di mercato rilevanti per il GNL: dimensioni attuali e prospettive future

Ship type code	peso rispetto a "in service/commissions"	peso rispetto a "new buildings"
LNG Tanker	54,1%	46,7%
Other Tanker	12,4%	17,3%
Passenger/Ro-Ro Ship (Vehicles)	11,2%	9,3%
Container Ship/General cargo/Vehicles carrier/Ro-Ro cargo	6,1%	10,4%
PSV/FPSO/OFFSHORE	11,0%	3,1%
Tug and auxiliary services	4,4%	3,1%
Cruise	0,2%	9,0%
Dry bulk	0,7%	1,0%

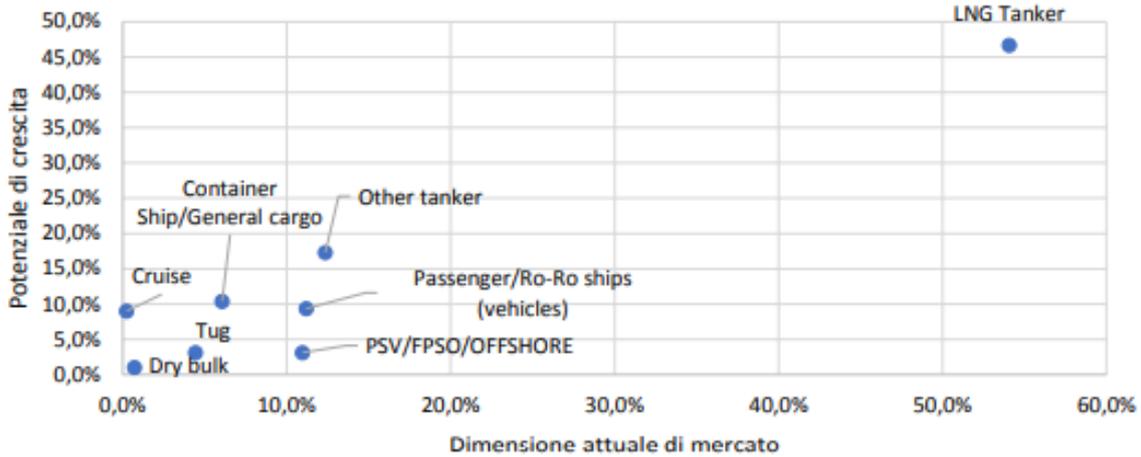
Fonte: Ns. elaborazione su dati IHS Market – Seaweb (30.06.2019)

La Figura 12 consente di evidenziare il posizionamento dei diversi comparti dello shipping come segmenti di domanda rispetto al mercato nel suo complesso. Escludendo la macrocategoria LNG Tanker si evidenzia la rilevanza attuale dei segmenti Other tanker (12,4%), passenger/Ro-Ro ship (11,2%),



PSV/FPSO/OFFSHORE (11,0%), mentre invece in prospettiva emergono il segmento other tanker (17,3%), Container ship/General cargo/Vehicles carrier/Ro-RO cargo (10,4%), passenger/Ro-Ro ship (11,2%), e il cruise (9,0%).

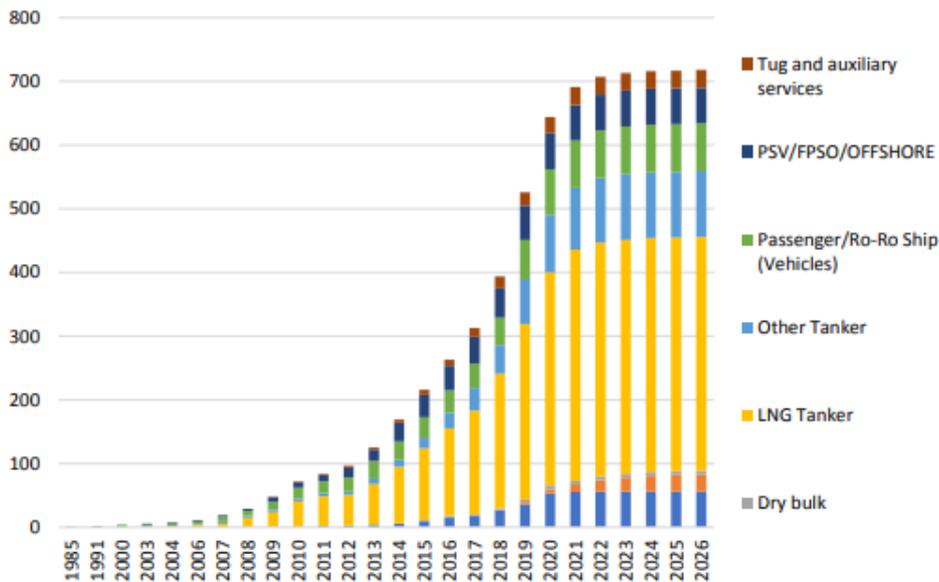
Figura 12. Ship type code di navi a GNL: dimensioni attuali e prospettive future



Fonte: Ns. elaborazione su dati IHS Market – Seaweb (30.06.2019)

La Figura 13 mostra invece l’andamento temporale dell’entrata in servizio delle diverse tipologie di navi a GNL in termini di flotta esistente in ciascun anno dal 1985 al 2026.

Figura 13. Andamento dei diversi segmenti di mercato a livello internazionale: numero di navi a GNL (anni 1985-2026)



Fonte: Ns. elaborazione su dati IHS Market – Seaweb (30.06.2019)

Nella versione completa del Prodotto T2.1.2 sono inoltre presenti grafici che evidenziano l’andamento del Dead Weight Tonnage (DWT), del Gross Tonnage (GT), e della capacità totale di stoccaggio di

GNL delle suddette navi, consentendo quindi di valutare l'andamento passato e prospettico della possibile domanda di servizi di bunkering di GNL a livello marittimo. Tali valori sono stati successivamente impiegati per calcolare i CAGR (*compounded annual growth rate*), ovvero le prospettive di crescita dei diversi segmenti di mercato di navi a GNL considerando:

- i) Evoluzione del numero di vessel
- ii) Evoluzione del DWT
- iii) Evoluzione de GT
- iv) Evoluzione della capacità di stoccaggio di GNL per la propulsione (proxy dell'andamento futuro della domanda di servizi di bunkering di GNL).

Lo scopo della stima dei CAGR è quello di disporre di parametri di confronto per il forecasting degli scenari di crescita futura dei diversi segmenti di domanda di bunkering di GNL. Il report analizza quindi per ciascun segmento di domanda a livello internazionale il trend di mercato associato; nella Tabella 15 di seguito sono presentati i principali risultati frutto di tali analisi approfondite.

Tabella 15. Trend di mercato dei segmenti di domanda a livello internazionale

Segmenti di domanda	Principali risultati trend di mercato
Container/general cargo/vehicles carries/ro-ro cargo	<ul style="list-style-type: none"> -A partire dal 2008 il segmento è cresciuto in modo significativo, riscontrando un CAGR all'interno del periodo 2008-2022 pari a oltre il 30%. -All'interno del segmento di mercato in oggetto si registra una tendenza a impiegare questa soluzione tecnologica con riferimento a size navali sempre più significativi. -Il recente andamento degli ordinativi mostra anche come in futuro, la crescita di questo segmento a livello internazionale è destinata a ridursi anche in ragione delle specifiche condizioni di mercato che caratterizzano il business a livello internazionale. -I serbatoi utilizzati in relazione a questo tipo di nave presentano dimensioni medie piuttosto significative e risulta rilevante con riferimento alle scelte di dimensionamento degli impianti di stoccaggio di GNL a supporto di sistemi di bunkering di GNL che siano prevalentemente rivolti a questo segmento di mercato.
Cruise	<ul style="list-style-type: none"> -Il mercato delle cruise alimentate a GNL è molto giovane, con la prima unità in servizio a partire da fine 2018. -A partire dal 2020 il segmento mostra una crescita significativa, riscontrando un CAGR all'interno del periodo 2020-2022 pari al 78%. -All'interno del segmento di mercato in oggetto si registra una tendenza a impiegare questa soluzione tecnologica con riferimento a size navali di media/grossa taglia. -Il recente andamento degli ordinativi mostra anche come in futuro, la crescita di questo segmento a livello internazionale è destinata ad aumentare in maniera esponenziale (CAGR da 2018 a 2022 oltre il 70%), soprattutto a causa delle specifiche condizioni di mercato che caratterizzano il business a livello internazionale. -I serbatoi utilizzati in relazione a questo tipo di nave presentano dimensioni medie piuttosto significative e risulta rilevante con riferimento alle scelte di dimensionamento degli impianti di stoccaggio di GNL a supporto di sistemi di bunkering di GNL che siano prevalentemente rivolti a questo segmento di mercato.
Other tanker	<ul style="list-style-type: none"> -A partire dal 2008 il segmento è cresciuto in modo significativo, riscontrando un CAGR all'interno del periodo 2008-2022 pari a oltre il 25-30% a seconda della variabile considerata (fleet, dwt, GT, tank capacity). -All'interno del segmento di mercato in oggetto si registra una tendenza a impiegare questa soluzione tecnologica con riferimento a size navali sempre più elevati. -Il recente andamento degli ordinativi mostra anche come in futuro, la crescita di questo segmento a livello internazionale è destinata a ridursi anche in ragione delle specifiche condizioni di mercato che caratterizzano il business a livello internazionale

	-I serbatoi utilizzati in relazione a questo tipo di nave presentano dimensioni medie significative.
Passenger/ro-ro ships (vehicles)	-A partire dal 2008 il segmento è cresciuto in modo significativo, riscontrando un CAGR all'interno del periodo 2008-2022 pari a oltre il 15-20% a seconda della variabile considerata. -All'interno del segmento di mercato in oggetto si registra una tendenza a impiegare questa soluzione tecnologica con riferimento a size navali sempre maggiori. -Il recente andamento degli ordinativi mostra anche come in futuro, la crescita di questo segmento a livello internazionale è destinata a rimanere piuttosto sostenuta anche in ragioni delle specifiche condizioni di mercato che caratterizzano il business a livello internazionale. -I serbatoi utilizzati in relazione a questo tipo di nave presentano dimensioni piccole, dato il loro impiego su rotte a corto raggio.
PSV/FPSO/Offshore	-A partire dal 2008 il segmento è cresciuto in modo significativo, riscontrando un CAGR all'interno del periodo 2008-2022 pari a oltre il 20-30% a seconda della variabile considerata (fleet, dwt, GT, fuel capacity). -All'interno del segmento di mercato in oggetto si registra una tendenza a impiegare questa soluzione tecnologica con riferimento a size navali sempre più significativi. -Il recente andamento degli ordinativi mostra anche come in futuro, la crescita di questo segmento a livello internazionale è destinata a ridursi anche in ragioni delle specifiche condizioni di mercato che caratterizzano il business a livello internazionale -I serbatoi utilizzati in relazione a questo tipo di nave presentano dimensioni di piccola dimensione e risulta rilevante con riferimento alle scelte di dimensionamento degli impianti di stoccaggio di GNL a supporto di sistemi di bunkering di GNL che siano prevalentemente rivolti a questo segmento di mercato.
Tug/auxiliary services	-A partire dal 2009 il segmento è cresciuto in modo significativo, riscontrando un CAGR all'interno del periodo 2009-2022 pari a oltre il 25-30% a seconda della variabile considerata. -All'interno del segmento di mercato in oggetto si registra una tendenza a impiegare questa soluzione tecnologica con riferimento a size navali sempre più significativi. -Il recente andamento degli ordinativi mostra anche come in futuro, la crescita di questo segmento a livello internazionale è destinata a ridursi anche in ragioni delle specifiche condizioni di mercato che caratterizzano il business a livello internazionale. -I serbatoi utilizzati in relazione a questo tipo di nave presentano piccole dimensioni.
Dry bulk	-A partire dal 2015 il segmento è cresciuto in modo significativo, riscontrando un CAGR all'interno del periodo 2015-2022 pari a oltre il 25% considerando il numero di vessel e oltre il 60% considerando il tonnellaggio delle navi (dwt e GT) -All'interno del segmento di mercato in oggetto si registra una tendenza a impiegare questa soluzione tecnologica con riferimento a size navali sempre più significativi. -Il recente andamento degli ordinativi mostra anche come in futuro, la crescita di questo segmento a livello internazionale è destinata a ridursi anche in ragioni delle specifiche condizioni di mercato che caratterizzano il business a livello internazionale. -I serbatoi utilizzati in relazione a questo tipo di nave presentano dimensioni medie piccole e risulta rilevante con riferimento alle scelte di dimensionamento degli impianti di stoccaggio di GNL a supporto di sistemi di bunkering di GNL che siano prevalentemente rivolti a questo segmento di mercato.

Fonte: Ns. elaborazione.

3.5.2. *Analisi della flotta a propulsione GNL operante in Europa*

Al fine di analizzare lo stato attuale e le prospettive future della flotta a GNL operante in Europa, all'interno del DB si è identificato l'impiego commerciale nell'ultimo anno solare di ciascuna nave a GNL. Tutti i vessel impiegati nell'ultimo anno in almeno una rotta all'interno dell'Europa sono stati quindi inclusi nell'analisi che segue. Per brevità nel proseguo ci si riferirà a questo aggregato di navi a

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale"

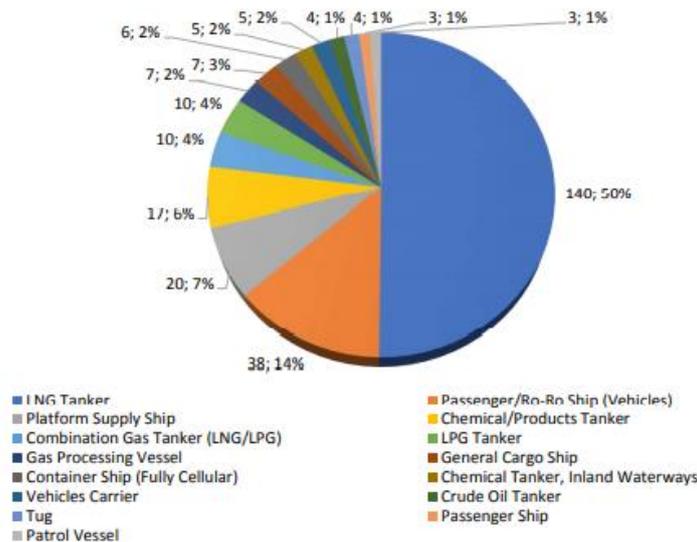


GNL riferendosi come flotta europea, a prescindere dalla nazionalità del soggetto proprietario (ship owner) dell'asset e/o dell'armatore o dello ship manager che utilizza la medesima.

L'esame dei dati raccolti all'interno del DB per lo studio della flotta europea a GNL evidenzia come la soluzione relativa alla propulsione a GNL sia stata già scelta a livello europeo alla data di giugno 2019 in relazione a 26 diverse tipologie di asset nave, per un totale di 297 navi, se si considerano congiuntamente le navi con stato "in service/commission" e le navi di nuova costruzione futura, ivi intendendosi "keel laid", "launched", "on order/not commenced", "Projected" e "under construction".

In ragione dello "ship type" le LNG tanker (47,1% di 297 navi) sono seguite dalle categorie passenger/Ro-ro ships (12,8%), platform supply ships (6,7%), chemical product tanker (5,7%), combination gas tanker (3,4%), LPG tanker (2,4%), general cargo ship (2,4%). Sotto questo profilo, appare di sicuro interessante notare una prima significativa differenza rispetto al quadro internazionale: la flotta europea a GNL risulta concentrata in modo significativo sul segmento relativo al trasporto di persone via mare in ragione delle specificità del continente europeo e del ruolo che questo tipo di business presenta rispetto a realtà quali i paesi del Baltico e del Mare del Nord, l'Inghilterra, la Grecia, l'Italia ma anche la Francia. La Figura 14 riporta i dati relativi alla distribuzione di flotta delle categorie navali impiegate nell'area europea.

Figura 14. Flotta europea a GNL: prime 15 categorie per ship type



Fonte: Ns. elaborazione su dati IHS Market – Seaweb (30.06.2019)

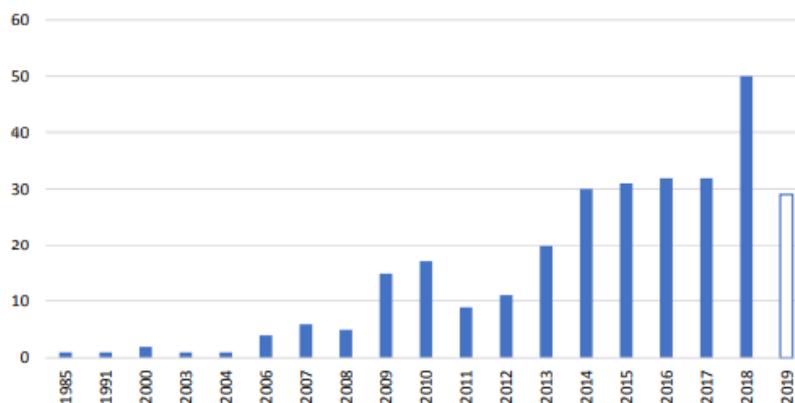
La stessa analisi con riferimento alle 8 macrocategorie indicate nella sezione precedente (5.1) conferma il primato delle navi LNG tanker (140; 47,1%) seguite da Other tanker (47; 15,8%), Passenger/Ro-ro ship (41; 13,8%); PSV/FPSO/OFFSHORE (31; 10,4%); Container ship/General cargo/Vehicles carrier/Ro-RO cargo (22; 7,4%); Tug and auxiliary services (12; 4%); Cruise (2; 0,7%); Dry bulk (2; 0,7%).

È fondamentale evidenziare come il segmento "cruise" risulti particolarmente ridimensionato all'interno di questo aggregato in ragione del fatto che ovviamente la flotta crocieristica a GNL è in larga parte in corso di costruzione e per tali navi, dunque, ovviamente non appare possibile conoscere ad oggi la dislocazione geografica dell'asset nave. Per questa ragione, tenuto conto del fatto che una

porzione significativa di navi da crociera a GNL saranno impiegate nei mercati del Mare del Nord e del Mediterraneo, in relazione a questa categoria navale, si è proceduto a effettuare una stima in merito alla domanda seguendo una logica differente.

La Figura 15 riporta i valori relativi alla distribuzione temporale dell'ingresso delle navi sul mercato (delivery) in relazione alle categorie navali rilevanti ai fini dell'analisi della domanda di bunkering di GNL (escludendo la categoria LNG tanker).

Figura 15. Distribuzione temporale dell'ingresso delle navi a GNL (delivery) a livello europeo (anni 1985-2019)



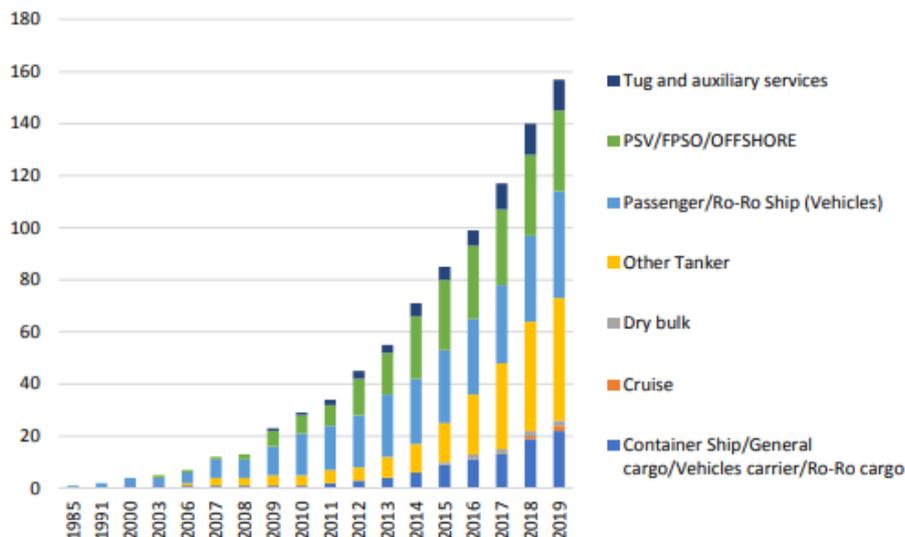
Fonte: Ns. elaborazione su dati IHS Market – Seaweb (30.06.2019)

La Figura 16 consente di evidenziare l'andamento delle diverse tipologie di navi a GNL in termini di flotta esistente in ciascun anno dal 1985 al 2019.

Nel report integrale sono inoltre presenti grafici che evidenziano l'andamento del Dead Weight Tonnage (DWT), del Gross Tonnage (GT), e della capacità totale di stoccaggio di GNL delle della flotta GNL, in linea con l'analisi a livello internazionale.

Anche a livello europeo per ogni segmento di mercato sono stati calcolati i relativi CAGR al fine di indentificare una proxy dell'andamento futuro della domanda di servizi di bunkering di GNL in ambito marittimo. Il prodotto T2.1.2. analizza quindi per ciascun segmento di domanda a livello europeo il trend di mercato associato; nella Tabella 16 sono presentati i principali risultati frutto di tali analisi.

Figura 16. Andamento dei diversi segmenti di mercato a livello europeo: numero di navi a GNL (anni 1985-2019)



Fonte: Ns. elaborazione su dati IHS Market – Seaweb (30.06.2019)

Tabella 16. Trend di mercato dei segmenti di domanda a livello europeo

Segmenti di domanda	Principali risultati trend di mercato
Container/general cargo/vehicles carries/ro-ro cargo	<p>-A partire dal 2008 il segmento è cresciuto in modo significativo, riscontrando un CAGR all'interno del periodo 2008-2019 pari a circa il 30%.</p> <p>-All'interno del segmento di mercato in oggetto si registra una tendenza a impiegare questa soluzione tecnologica con riferimento a size navali sempre più significativi.</p> <p>-I serbatoi utilizzati in relazione a questo tipo di nave presentano dimensioni medie alquanto contenute e ciò risulta rilevante con riferimento alle scelte di dimensionamento degli impianti di stoccaggio di GNL a supporto di sistemi di bunkering di GNL che siano prevalentemente rivolti a questo segmento di mercato.</p>
Cruise	<p>-Il mercato delle cruise alimentate a GNL è molto giovane, con la prima unità in servizio a partire da fine 2018.</p> <p>-Nel 2019 il segmento mostra una crescita significativa grazie all'entrata della second nave Carnival sul mercato, riscontrando un CAGR all'interno del periodo 2018-2019 pari al 41%.</p> <p>-All'interno del segmento di mercato in oggetto si registra una tendenza a impiegare questa soluzione tecnologica con riferimento a size navali di media/grossa taglia.</p> <p>-Dato il fatto che della maggior parte delle navi crociere entranti sul mercato a livello internazionale non è conosciuto l'impiego commerciale, si può presumere che una minima parte, almeno il 10% delle 26 navi crociera in ordine a livello internazionale dal 2020 al 2026 salperà l'area EU (l'Europa nel 2019 rappresenta il 14,2% di capacità di passeggeri dell'industria crocieristica mondiale e il 12% di capacità in termini di flotta, fonte: Cruise industry news), la crescita di questo segmento a livello internazionale è destinata ad aumentare in maniera esponenziale.</p> <p>-I serbatoi utilizzati in relazione a questo tipo di nave presentano dimensioni medie piuttosto significative e risulta rilevante con riferimento alle scelte di dimensionamento degli impianti di stoccaggio di GNL a supporto di sistemi di bunkering di GNL che siano prevalentemente rivolti a questo segmento di mercato.</p>



Other tanker	<p>-A partire dal 2008 il segmento è cresciuto in modo significativo, riscontrando un CAGR all'interno del periodo 2008-2019 pari a oltre il 25-30% a seconda della variabile considerata (fleet, dwt, GT, tank capacity).</p> <p>-All'interno del segmento di mercato in oggetto si registra una tendenza a impiegare questa soluzione tecnologica con riferimento a size navali di dimensione significativa.</p> <p>-I serbatoi utilizzati in relazione a questo tipo di nave presentano dimensioni medie piuttosto significative e risulta rilevante con riferimento alle scelte di dimensionamento degli impianti di stoccaggio di GNL a supporto di sistemi di bunkering di GNL che siano prevalentemente rivolti a questo segmento di mercato.</p>
Passenger/ro-ro ships (vehicles)	<p>-A partire dal 2008 il segmento è cresciuto in modo significativo, riscontrando un CAGR all'interno del periodo 2008-2019 pari a oltre il 15-35% a seconda della variabile considerata (fleet, dwt, GT, tank capacity).</p> <p>-All'interno del segmento di mercato in oggetto si registra una tendenza a impiegare questa soluzione tecnologica con riferimento a size navali di dimensione significativa.</p> <p>-I serbatoi utilizzati in relazione a questo tipo di nave presentano dimensioni medie alquanto contenute e risulta rilevante con riferimento alle scelte di dimensionamento degli impianti di stoccaggio di GNL a supporto di sistemi di bunkering di GNL che siano prevalentemente rivolti a questo segmento di mercato.</p>
PSV/FPSO/Offshore	<p>-A partire dal 2008 il segmento è cresciuto in modo significativo, riscontrando un CAGR all'interno del periodo 2008-2019 pari a oltre il 20-40% a seconda della variabile considerata (fleet, dwt, GT, fuel capacity).</p> <p>-All'interno del segmento di mercato in oggetto si registra una tendenza a impiegare questa soluzione tecnologica con riferimento a size navali significativi.</p> <p>-I serbatoi utilizzati in relazione a questo tipo di nave presentano dimensioni di media dimensione e risulta rilevante con riferimento alle scelte di dimensionamento degli impianti di stoccaggio di GNL a supporto di sistemi di bunkering di GNL che siano prevalentemente rivolti a questo segmento di mercato.</p>
Tug/auxiliary services	<p>-A partire dal 2009 il segmento è cresciuto in modo significativo, riscontrando un CAGR all'interno del periodo 2009-2019 pari a oltre il 25% a seconda della variabile considerata.</p> <p>-All'interno del segmento di mercato in oggetto si registra una tendenza a impiegare questa soluzione tecnologica con riferimento a size navali di piccola dimensione.</p> <p>-I serbatoi utilizzati in relazione a questo tipo di nave presentano dimensioni di piccola dimensione e risulta rilevante con riferimento alle scelte di dimensionamento degli impianti di stoccaggio di GNL a supporto di sistemi di bunkering di GNL che siano prevalentemente rivolti a questo segmento di mercato.</p>
Dry bulk	<p>-A partire dal 2015 il segmento è cresciuto in modo significativo, riscontrando un CAGR all'interno del periodo 2015-2019 pari a al 15%.</p> <p>-All'interno del segmento di mercato in oggetto si registra una tendenza a impiegare questa soluzione tecnologica con riferimento a size navali di piccola dimensione.</p> <p>-I serbatoi utilizzati in relazione a questo tipo di nave presentano dimensioni piccole e risulta rilevante con riferimento alle scelte di dimensionamento degli impianti di stoccaggio di GNL a supporto di sistemi di bunkering di GNL che siano prevalentemente rivolti a questo segmento di mercato</p>

Fonte: Nt. elaborazione.

3.5.3. *Analisi della flotta a propulsione GNL operata da armatori italiani e francesi*

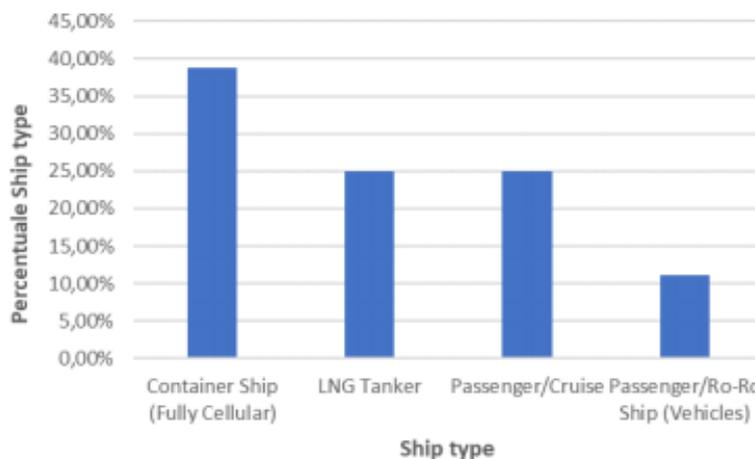
Ai fini dell'analisi della flotta attualmente esistente e della flotta "on order" di navi alimentate a GNL di proprietà di armatori italiani e francesi, il CF ha provveduto a creare e sviluppare un altro apposito database a partire dai dati raccolti. Tale database ha lo scopo di individuare le navi GNL di armatori italiani e francesi con servizi offerti nell'Area Obiettivo, ovvero la Francia e l'Italia e, in particolare, i porti di Genova, Livorno, Cagliari, Corsica e Région PACA.



Il database sviluppato ai fini della seguente analisi è composto da 36 navi LNG propelled, delle quali 10 rientrano nella flotta italiana e 26 in quella francese. Con riferimento allo status, 15 navi sono attualmente sul mercato, operanti o “launched” nel corso del 2019 (11 in service e 4 launched), 1 keel laid, 4 in costruzione, 1 progettata, mentre le restanti 14 sono “on orderbook” con consegna prevista successivamente alla data in cui si è svolta la suddetta analisi.

In relazione allo “Ship Type”, le navi incluse nel campione considerato, sono in prevalenza navi Container (14 navi), LNG tanker (9 navi), passenger/cruise (9 navi) e passenger/ro-ro ship (4 navi) in quanto tali segmenti presentano caratteristiche di regolarità e di programmazione adatte all’utilizzo del GNL come carburante marittimo alternativo.

Figura 17. Flotta armatori italiani e francesi: % ship type



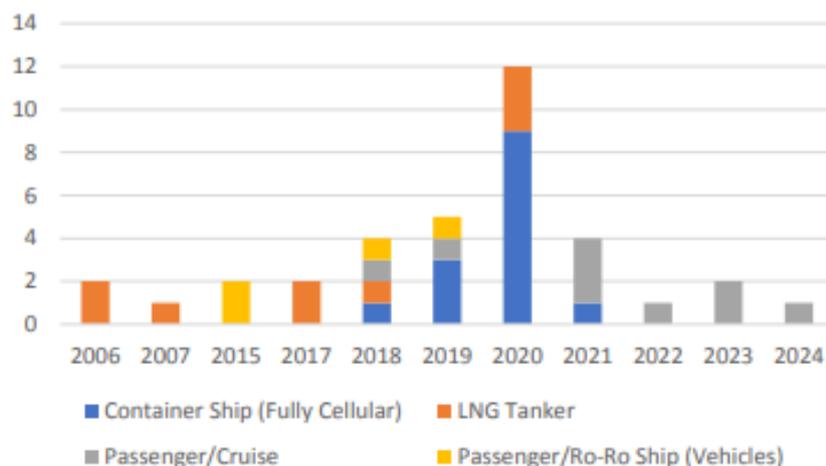
Fonte: Ns. elaborazione su dati IHS Market – Seaweb (30.06.2019)

La Figura 18 consente di evidenziare l’andamento delle diverse tipologie di navi alimentate a GNL per ciascun anno in esame: si evidenzia la rilevanza del segmento “cruise”, segmento che negli ultimi anni sta infatti introducendo il GNL come strategia green da adottare per attrarre una quota maggiore di clienti (i cosiddetti “turisti green”) e per ragioni di cost saving.

Anche per questo livello di analisi sono stati realizzati gli andamenti del Dead Weight Tonnage, del Gross Tonnage, e della capacità totale di stoccaggio della flotta di riferimento.

Al fine di verificare se le navi incluse nel campione, di armatori francesi e italiani, offrano servizi di trasporto marittimo che interessano anche i porti dell’Area Obiettivo di Progetto, sono state considerate ulteriori variabili di natura tecnica, operativo/gestionale e commerciali, quali: hauls; ports; frequency; marine miles; speed; volumes required. Tali informazioni sono state raccolte attraverso la consultazione dei siti web delle compagnie analizzate, la piattaforma Seaweb, Vessel Finder e Sea-distances. Il processo di raccolta si è rilevato difficile per la flotta non ancora in servizio (solo circa il 30% del campione considerato risulta “in service”); mentre per il segmento “cruise” l’attività pubblicitaria e promozionale dei loro servizi ha facilitato l’analisi.

Figura 18. Flotta ita-fra: andamento dei segmenti di mercato: numero di navi a GNL



Fonte: Ns. elaborazione su dati IHS Market – Seaweb (30.06.2019)

Nella versione integrale del Prodotto T2.1.2. è riportato il DB realizzato dal partenariato e sono forniti elementi di dettaglio in merito a business cases rilevanti (AIDAnova e Costa Smeralda del Gruppo Costa Crociere Spa per il segmento cruise, Elio del Gruppo Caronte & Tourist Lines Srl per il segmento ro-ro del traghetto e alcune navi tanker già in servizio). Non risulta invece possibile identificare gli itinerari futuri di navi non ancora in servizio, soprattutto in relazione al settore container, in quanto gli armatori che hanno effettuato investimenti in navi GNL non forniscono ad oggi pubblicamente i dati relativi alle scelte di deployment delle navi.

3.5.4. *Analisi della flotta a propulsione GNL nell'area del Mediterraneo e nell'area di Programma*

Ai fini di effettuare l'analisi della flotta esistente e della flotta "on order" in merito alle navi alimentate a GNL che navigano nei porti del Mediterraneo, il CF è intervenuto nella creazione e nello sviluppo di un ulteriore database (DB Mediterraneo_Mappatura) a partire dai dati raccolti ed estrapolati dalla piattaforma online IHS seamarket. L'obiettivo dell'analisi in particolare è di identificare le navi GNL che circolano nel Mar Mediterraneo interessanti in termini di domanda attuale e prospettica di servizi di bunkering di GNL potenzialmente rilevanti rispetto ai porti dell'Area Obiettivo previsti a formulario (porti di Genova, Savona, La Spezia, Livorno, Cagliari, Bastia e Toulon).

Il DB, realizzato dopo un'attenta verifica che la nave sia stata già impiegata o ne sia previsto l'impiego nell'area geografica in oggetto, include 129 navi LNG propelled, 126 in service, 3 non ancora consegnate ma con un impiego futuro previsto nell'area in oggetto.

Con riferimento al ship type, la flotta risulta prevalentemente costituita da navi LNG tanker (99), seguite dai macrosegmenti Other tanker (15), Passenger/ro-ro ship (7), PSV/FPSO/OFFSHORE (4), Cruise (2), Tug and auxiliary services (1), Container ship/general cargo/vehicles carrier/ro-ro cargo (1). I dati relativi all'anno di entrata in operatività delle navi in oggetto mostrano come l'espansione dell'utilizzo di questo combustibile alternativo sia piuttosto recente e come il trasporto passeggeri e traghetti e quello crocieristico presentano un ruolo particolare in relazione alle specificità dell'area obiettivo e dei porti oggetto di studio in ragione in particolare delle normative sulla riduzione delle emissioni di azoto e zolfo oltre ad una maggiore attrattività nei confronti dei clienti che appoggiano le strategie green (turisti green).

Nella versione integrale del prodotto sono stati inoltre esaminati le variabili di natura tecnica, operativa e gestionale precedentemente identificate rilevanti al fine della stima della domanda di bunkering di GNL in relazione ai porti dell'Area di Programma.

3.6. Mappatura della domanda portuale di GNL: risultati dell'analisi empirica

Come precedentemente indicato la stima della domanda portuale di GNL richiede in primo luogo la quantificazione dei consumi energetici totali a livello portuale, successivamente la valutazione della quantità di GNL necessaria a produrre l'energia richiesta per il soddisfacimento integrale delle utenze e, infine, la stima prospettica della porzione di energia che realmente sarà prodotta in ciascun nodo portuale mediante il ricorso al GNL.

Tenuto conto della notevole complessità di disponibilità dei dati, si è ritenuto ragionevole procedere nella stima in esame attraverso la definizione di KPI connessi ai consumi energetici, calcolati a partire dai soli dati disaggregati forniti dagli operatori portuali che hanno risposto ai questionari.

Più in particolare, la presente sezione mostra le procedure che conducono alla stima dei consumi in termini di kWh delle zone portuali mediante l'introduzione di parametri chiave definiti appunto KPI, adatti alle diverse categorie di appartenenza delle attività commerciali e destinazioni d'uso presenti nel porto. A tal fine i terminalisti/concessionari presenti all'interno di ciascun nodo portuale sono stati raggruppati usando la seguente classificazione per area omogenea:

1. General cargo (1.1 Multipurpose; 1.2 Container);
2. Rinfuse liquide (petrolio, derivati, etc.);
3. Rinfuse solide (carbone, minerali ferrosi e non ferrosi, granaglie, etc.);
4. Cantieristica (costruzione e riparazioni navali);
5. Terminal passeggeri;
6. Marine (nautica da diporto);
7. Altro (magazzini, logistica, etc.).

3.6.1. Terminal general cargo

La macrocategoria "general cargo", suddivisa in due sottoclassi, consente di individuare una classe rappresentativa delle attività atte alle operazioni di carico-scarico container/merci varie, deposito, magazzino e distribuzione. Per ogni terminalista incluso nel campione di studio (per approfondimenti in merito si rimanda alla versione integrale del Prodotto T2.1.2) sono stati raccolti dati relativi al valore della superficie in concessione, il numero di prese elettriche (refeer plugs), il numero di contenitori movimentati annualmente (throughput), le merci varie movimentate e i metri lineari di rotabili movimentati.

Al fine di rendere maggiormente confrontabili i volumi movimentati dai diversi terminal, sono stati calcolati degli indicatori di performance commerciale (throughput), espressi rispettivamente in numero di tonnellate e di TEU equivalenti, ottenuti nel modo seguente:

$$Teu_{eqv} = Teu_{cont} + \frac{Merci\ varie\ (tonn.)}{Pm_{container}} + \frac{Rotabili\ (metri\ lineari)}{L_{Teu}} \quad [1]$$

$$Ton_{evq} = Teu_{eqv} * Pm_{container} \quad [2]$$



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

TDI RETE-GNL



[Teu_{cont} : numero di teu movimentati (throughput), tabella ###.]

$Pm_{container}$: 12 tonn, peso medio stimato per Teu

L_{Teu} : 6 m, lunghezza Teu.

Infine, è stata calcolata l'energia totale consumata annualmente dall'attività del terminalista.

La categoria multipurpose include tutte le attività di carico/scarico merci varie, rotabili e, in parte minoritaria, anche di container. I 4 terminalisti individuati, mostrano caratteristiche omogenee fra loro; il terminalista 3 si distingue in maniera netta rispetto agli altri per un maggior numero di rotabili movimentati, incidendo sul valore delle tonnellate e dei TEU equivalenti. Il valore del consumo di energia totale del terminalista 3 risulta inferiore rispetto al terminalista 1 (con numero di TEU equivalenti simili), per la diversa natura delle merci movimentate in quanto il terminalista 3 presenta un numero di rotabili movimentati, che non comportano consumo di energia imputabile al terminalista, decisamente preponderante sulle altre merci.

I terminalisti che svolgono attività di gestione e movimentazione di container sono caratterizzati da modesti volumi di merci varie movimentate, presentando rispetto alla categoria multipurpose un maggior numero di container. Il consumo può differenziarsi tra un terminalista e l'altro per il grado di automazione del terminal, che comporta un differente impiego di energia.

3.6.2. Rinfuse liquide

I terminalisti associati a tale categoria si occupano dello stoccaggio e distribuzione nelle aree portuali di olii combustibili, petroli, olii vegetali, grassi animali, biodiesel, prodotti petrolchimici, prodotti chimici organici e inorganici. Dall'analisi dei terminalisti inclusi nella categoria "rinfuse liquide" si evidenzia come il consumo di energia del terminalista 10 presenti un ordine di grandezza maggiore rispetto agli altri in ragione della presenza di scambiatori termici collegati alla rete di distribuzione del vapore con funzione di mantenere costate la temperatura dei volumi di stoccaggio.

3.6.3. Rinfuse solide

La categoria delle rinfuse solide comprende i terminalisti di Genova ed in particolare di Savona, la quale presenta un buon numero di attività associate a questo tipo di classificazione. In tali aree sono presenti impianti di stoccaggio con l'eventuale presenza di deumidificatori delle rinfuse.

3.6.4. Cantieristica

Nella categoria cantieristica risultano interessanti ai fini dell'analisi solo i dati relativi ai cantieri navali del porto di Genova e Savona; gli altri concessionari presentano invece un uso modesto se non nullo di tale fonte energetica, privilegiando l'utilizzo di combustibili tradizionali. Le attività si dividono in riparazione e costruzione di navi e imbarcazioni di varia dimensione e tipologia.

3.6.5. Terminal passeggeri

Nella categoria terminal passeggeri risultano interessanti ai fini dell'analisi soltanto i dati connessi ai terminal passeggeri del porto di Genova. Si arriva, infatti, a stimare un'energia totale consumata annua pari a più di 13,5 milioni di kilowatt/ora, considerando un'area di riferimento di 294.800 metri quadri.

3.6.6. Marine

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale"

Nella categoria marine risultano interessanti ai fini dell'analisi i dati connessi alle marine del porto di Genova. Si arriva, infatti, a stimare un'energia totale consumata annua pari a più di 11 milioni di kilowatt/ora, considerando un'area di riferimento di circa 277.000 metri quadri.

3.6.7. Altro

Infine, nella categoria "altro" risultano interessanti ai fini dell'analisi soltanto i dati connessi alle restanti aree in concessione nel porto di Genova. Si arriva, infatti, a stimare un'energia totale consumata annua pari a più di 2,7 milioni di kilowatt/ora, considerando un'area di riferimento di circa 75.000 metri quadri.

3.6.8. Calcolo dei KPI connessi ai consumi energetici portuali

Grazie ai dati descritti nei paragrafi precedenti sono stati definiti gli indicatori calibrati in funzione della tipologia delle singole attività commerciali/operative finalizzati a stimare i consumi energetici in relazione alle diverse attività portuali negli scali dell'Area di Programma, in relazione agli aggregati per i quali non sono stati resi disponibili i valori effettivi.

Le attività di ricerca svolte hanno consentito di raccogliere informazioni puntuali in merito ai consumi energetici, elettrici e termici, dei singoli concessionari localizzati nei porti di Genova, Savona, La Spezia e Livorno. Non essendo invece tali informazioni di dettaglio reperibili per gli altri scali del nostro campione, si è proceduto in tali casi ad effettuare una stima indiretta dei consumi energetici complessivi, applicando i KPI calcolati.

Partendo dai dati forniti dai terminalisti e dalle AdSP è stato possibile calcolare il valore di alcuni indicatori per stimare i consumi di altri terminalisti appartenenti ai porti dell'Area di Programma.

La Tabella 17 riporta i principali indicatori utili ai fini della misurazione/stima dei consumi energetici nelle diverse attività portuali che costituiscono dei driver di consumo in grado di spiegare l'andamento dei consumi energetici del porto nelle sue diverse zone e tipologie di attività. Ai fini dell'analisi, non potendo ad oggi disporre di dati certi di consumo relativi a un numero statisticamente significati di terminal, non risulta possibile calcolare il valore di tali indicatori per la redazione di studi econometrici. Pertanto, nel presente studio, sono stati utilizzati principalmente gli indicatori di consumo (gli indicatori ID6 e ID7 in particolare), in quanto nell'ambito delle elaborazioni e degli studi condotti hanno dimostrato un più elevato livello di robustezza, consentendo di stimare con maggiore precisione rispetto agli altri indicatori investigati i consumi in terminal portuali localizzati nei porti del campione.



Tabella 17. KPI per la stima dei consumi energetici a livello portuale: definizione e operazionalizzazione

Categoria	Indicatore (ID)	Formula	Descrizione	Caratteristiche e efficacia dello "stimatore"
Dotazione di equipment	1	$\frac{Refeer\ plugs}{m^2}$	Densità di reefer plugs rispetto all'area portuale complessiva	La densità di reefer plugs presenti nel porto in relazione alla superficie complessivamente disponibile, costituisce una buona proxy per stimare una parte dei consumi energetici. Ciò in ragione degli elevati consumi energetici che queste facility generano.
	2	$\frac{Refeer\ plugs}{Teu_{eqv}}$	Rilevanza della capacità di stoccaggio reefer sul throughput complessivo	È un indicatore che consente di stimare la rilevanza delle facility di stoccaggio a piazzale dei container reefer, i quali sono alimentati elettricamente per mantenere la catena del freddo. Pertanto, maggiore sarà la dotazione di reefer plugs nel porto, in relazione ai traffici complessivi merci, maggiori saranno ragionevolmente i consumi elettrici.
Commerciale	3	$\frac{Feu}{Teu}$	Rapporto tra il numero di container FEU (40 piedi) e TEU (20 piedi)	La maggiore incidenza di container da 40 piedi (FEU) riduce il numero di manipolazioni necessarie sia lato banchina (ship-to-shore cranes) sia lato piazzale, a parità di volumi movimentati nel complesso (throughput espresso in TEU equivalenti). Il minor numero di manipolazioni da parte delle gru/mezzi di piazzale ("moves") riduce pertanto i consumi energetici per il funzionamento dell'equipment stesso (elettrico o diesel).
Efficienza	4	$\frac{Teu_{eqv}}{m^2}$	Indicatore di efficienza nello sfruttamento dello spazio destinato ad attività container	Un utilizzo più intensivo dello spazio, in ragione degli elevati volumi di container movimentati, conduce a parità di altre condizioni a maggiori consumi energetici.
	5	$\frac{Ton_{eqv}}{m^2}$	Indicatore di efficienza nello sfruttamento dello spazio destinato ad attività commerciali (terminal)	Un utilizzo più intensivo dello spazio, in ragione degli elevati volumi di merce (tutte le categorie), conduce a parità di altre condizioni a maggiori consumi energetici.
Consumo energetico	6	$\frac{kWh}{m^2}$	Densità di consumo energetico su area	È un indicatore di consumo energetico che mostra l'intensità dei consumi a metro quadro. Questo indicatore costituisce una sintetica proxy dei consumi riconducibili sia alle aree portuali scoperte (illuminazione, handling delle merci, etc.) sia ai volumi di magazzino dove le merci sono stoccate (illuminazione, handling delle merci e riscaldamento degli spazi coperti, etc.). Un valore elevato dell'indicatore evidenzia la presenza di attività portuali maggiormente "energivore" (energy intensive).
	7	$\frac{kWh}{Teu_{eqv}}$	Indice di consumo energetico rispetto ai volumi movimentati (espressi in TEU equivalenti)	È un indicatore di consumo energetico che mostra l'intensità dei consumi in relazione ai TEU equivalenti movimentati. Minore è il valore dell'indicatore maggiore, a parità di altre condizioni, è l'efficienza gestionale e produttiva delle attività portuali oggetto dell'analisi.
	8	$\frac{kWh}{Ton_{eqv}}$	Indice di consumo energetico rispetto al peso delle merci movimentate (espresso in tonnellate equivalenti)	È un indicatore di consumi energetici analogo al precedente, ma in questo caso la metrica contiene al denominatore le tonnellate complessive di merce (e non i "TEU equivalenti").

Fonte: Ns. elaborazione.

3.6.9. Metodologia utilizzata

Dai dati relativi ai consumi effettivi sono stati ricavati i KPI relativi a ciascun terminalista in modo tale da identificare le loro caratteristiche in termini di consumo energetico, grazie in particolare all'indice ID8, ovvero il rapporto tra l'energia primaria utilizzata e le tonnellate equivalenti.

In relazione agli indici sono stati calcolati i valori medi per terminal, attraverso una ponderazione calcolata come:

$$KPI_AVG_i = \frac{\sum_{l=1}^n En_l}{\sum_{l=1}^n \pi_j} \quad [3]$$

L'indice "i" definisce il tipo di KPI in funzione della grande energetica considerata, che sia di natura: termica, elettrica (o totale, data dalla sommatoria delle due precedenti). Il termine En_i indica i consumi termici elettrici o globali dei terminalisti/concessionari. Mentre l'indice j associato al termine π_j , dell'equazione [3], identifica la variabile impiegata al fine di stimare ciascun KPI. Al fine di poter rendere confrontabili i consumi di energia termica ed elettrica è necessario convertire i consumi elettrici (energia assorbita) dei terminalisti/concessionari in energia primaria. Tale operazione consente di confrontare e sommare l'effettivo utilizzo delle risorse energetiche termiche ed elettriche, riportando a monte della rete (attraverso il rendimento elettrico nazionale) l'energia elettrica. Tale valore medio ponderato consente di estendere agli altri porti, presi in esame, la valutazione dei consumi a tutte le attività associabili alla classe considerata, attraverso il prodotto tra il KPI e la grandezza di riferimento al denominatore.

Il report nella versione integrale riporta i parametri di performance delle aree portuali di Genova e di Savona, suddivise nelle diverse categorie di terminalisti individuate. Per la validazione del modello sono state eseguite delle calibrazioni sul porto di Livorno, utilizzando i dati dei traffici dell'autorità portuale. In Tabella 18 per ragioni di tutela dei dati sensibili si presentano esclusivamente i valori medi dei KPI in oggetto. Si precisa che detti KPIs sono stati successivamente oggetto di significativo approfondimento e miglioramento in termini di dettaglio e precisione, nell'ambito del progetto SIGNAL in logica di capitalizzazione dei risultati del progetto TDI RETE-GNL come puntualmente indicato nella relativa documentazione (Tabella 19). Si suggerisce pertanto di considerare i valori successivi impiegati nell'ambito del progetto SIGNAL medesimo (prodotti T1.3.1 e T1.3.2 e successivo T1.5.1, report UNIGE).

Tabella 18. Calcolo dei valori medi dei KPI per la stima dei consumi di energia dei terminal: valori relativi al campione di terminal esaminato nel Progetto TDI RETE-GNL.

Categoria di terminal	No. Of observations	KPI_el		KPI_th	
		kWh/mc	kWh/Ton_eqv	kWh/mc	kWh/Ton_eqv
KPI_AVG_MULTIPURPOSE	4	19,39	1,04	39,62	2,12
KPI_AVG_CONTAINER	2	52,24	3,80	41,90	3,05
KPI_AVG_RINFUSE SOLIDE	5	46,69	4,07	28,02	2,44
KPI_AVG_RINFUSE LIQUIDE	7	66,26	6,59	53,40	5,31
KPI_AVG_CANTIERISTICA	11	324,66	-	89,04	-
KPI_AVG_PASSEGGERI	1	39,07	-	7,02	-
KPI_AVG_MARINE	1	38,87	-	1,16	-
KPI_AVG_ALTRO	6	23,97	-	13,32	-

Fonte: Ns. elaborazione.

Tabella 19. Calcolo dei valori medi dei KPI per la stima dei consumi di energia dei terminal: valori relativi al campione di terminal esaminato nel Progetto SIGNAL.

Tipologia di terminal	KPIs selezionati		KPIs consumi elettrici		KPIs Consumi termici	
	Consumi Elettrici	Consumi Termici	kWh/mq	kWh/Ton_eqv	kWh/mq	kWh/Ton_eqv
General Cargo_Mutipurpose	kWh/Ton_eqv	kWh/Ton_eqv	20,12	1,01	34,85	1,91
General Cargo_Container	kWh/Ton_eqv	kWh/Ton_eqv	71,99	3,27	55,75	2,53
Rinfuse solide	kWh/Ton_eqv	kWh/Ton_eqv	44,87	4,07	26,92	2,44
Rinfuse liquide	kWh/Ton_eqv	kWh/Ton_eqv	58,74	6,73	36,31	4,21
Cantieristica	kWh/mq (di spazi in concessione)	kWh/mq (di spazi in concessione)	180,65	-	93,67	-
Terminal passeggeri	kWh/mq (di spazi in concessione)	kWh/mq (di spazi in concessione)	38,65	-	6,94	-
Marine	kWh/mq di specchi acquei e moli	kWh/mq di specchi acquei e moli	8,97	-	-	-

Fonte: Ns. elaborazione.



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



3.6.10. *Analisi dei fabbisogni energetici del porto di Genova*

Sulla base dei KPI calcolati e dell'analisi delle statistiche descrittive sono stati stimati i consumi energetici relativi al porto di Genova considerando congiuntamente i dati effettivi di consumo e le stime per i concessionari per i dati non disponibile. Dall'analisi risulta una stima dei consumi energetici per il porto di Genova, in termini di energia primaria, pari a 480,05 GWh, dato dalla somma dei consumi termici (energia primaria 193,21 GWh) e dei consumi di energia elettrica primaria (286,83 GWh).

È possibile identificare il potenziale massimo relativo alla domanda portuale di GNL nell'ipotesi in cui i fabbisogni energetici connessi ai consumi termici del vettore energetico diesel vengano convertiti totalmente o almeno in parte in GNL. A fronte di ciò il prodotto T2.1.2 presenta le figure prospettiche dei consumi termici globali e dei consumi connessi al combustibile Diesel/GNL atto a soddisfare la richiesta termica degli impianti di movimentazione dell'equipment operativo. In particolare, ai fini della, è stato imposto un tasso di crescita annuo di consumo di energia termica del 2,5% tra il 2016 e il 2030 e dell'1,5% tra il 2030 e il 2035 (i risultati sono disponibili nella versione integrale del documento in oggetto).

3.6.11. *Analisi dei fabbisogni energetici del porto di Livorno*

Per quanto riguarda il porto di Livorno, l'utilizzo dei KPI ha condotto ad una stima dei consumi energetici del porto, in termini di energia primaria, pari a 221 GWh per il 2016, dato dalla somma dei consumi termici (energia primaria 107 GWh) e dei consumi di energia elettrica primaria (114 GWh). Sommando le energie primarie di Livorno e confrontandole con i risultati ottenuti per Genova si ricava la dimensione energetica di Livorno rispetto a Genova pari a 0.46; inoltre analizzando le categorie soggetti a flussi di container e merci il rapporto risulta di 0.66. Tali risultati, per la proporzionalità tra i rapporti di energie e flussi merci, consentono di validare ulteriormente le stime attraverso la metodologia KPI utilizzata, consentendo di applicare i modelli di crescita per il porto di Genova anche nel contesto di Livorno.

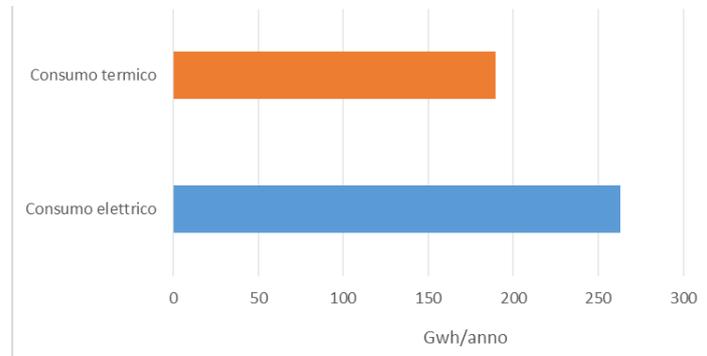
3.6.12. *Analisi dei fabbisogni energetici del porto di Tolone*

Come per Livorno è stato stimato il consumo per il porto di Toulon. I risultati ottenuti mostrano un consumo di energia primaria pari a 26 GWh composto dalla somma di energia elettrica primaria (20 GWh) ed energia termica (6 GWh). È necessario precisare che l'assenza di valori in relazione alle rinfuse liquide e container, e alla modesta presenza delle categorie rinfuse solide e multipurpose, in aggiunta alla minore dimensione spaziale del porto di Toulon e alla presenza di un'ampia area destinata all'uso militare, potrebbe rappresentare una criticità nella stima dei consumi. Come per Livorno vengono presentate anche per il porto di Toulon i modelli di crescita energetica.

A titolo esemplificativo riportiamo di seguito il business case riferito al porto di Genova che, come riportato in Figura 19, identifica le stime in merito alla potenziale domanda di GNL in ambito marittimo portuale in ragione di una serie di ipotesi connesse alle strategie di supporto all'introduzione e diffusione del GNL in ambito portuale da parte delle AdSP e delle port authority competenti, nonché dai diversi stakeholder rilevanti (per un approfondimento dei profili in oggetto si rimanda alla versione integrale del Prodotto T2.1.2). Di seguito viene riportata la stima dei consumi energetici per il porto di Genova, in termini di energia primaria, data dalla somma dei consumi termici e dei consumi di energia elettrica primaria.



Figura 19. Stime consumi porto di Genova (energia primaria): valori relativi a consumi termici ed elettrici e peso relativo di consumi termici ed elettrici.



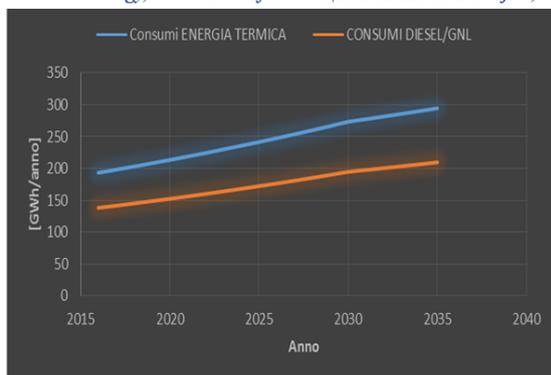
Fonte: Ns. elaborazione.

A valle di ciò sulla base di specifiche ipotesi di analisi stata stimata la parte di domanda di energia sopra richiamata traducibile in domanda portuali di GNL.

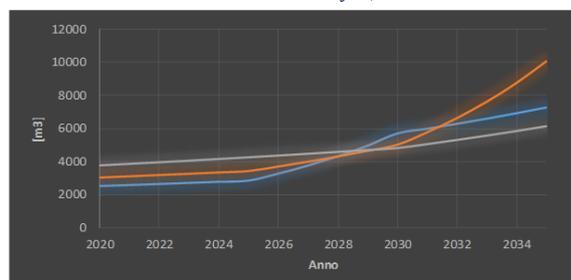
Approccio analogo è stato adottato in relazione ai diversi porti previsti a formulario (si rimanda al Prodotto T2.1.2 di TDI RETE-GNL nella sua formulazione integrale per un esame di dettaglio delle suddette stime).

Figura 20. Stima dei fabbisogni energetici e della domanda portuale di GNL potenzialmente attribuibile al porto di Genova (stime relative al progetto TDI RETE-GNL).

Energy consumption projections (electric primary energy & thermic energy) in the Port of Genoa (TDI RETE-GNL Project)



Alternative scenarios for LNG volumes in the port of Genoa (TDI RETE-GNL Project)



- Scenario 1: linea azzurra, dal 2016 al 2025 viene convertito il 10%, dal 2025 al 2030 il 25% e dal 2030 al 2035 il 30% dell'energia prodotta dalle fonti diesel convertita in m³ di GNL.
- Scenario 2: linea arancione, dal 2016 al 2025 viene convertito il 12%, dal 2025 al 2030 il 20% e dal 2030 al 2035 il 35% dell'energia prodotta dalle fonti diesel convertita in m³ di GNL.
- Scenario 3: linea grigia, dal 2016 al 2025 viene convertito il 15%, dal 2025 al 2030 il 20% e dal 2030 al 2035 il 30% dell'energia prodotta dalle fonti diesel convertita in m³ di GNL.

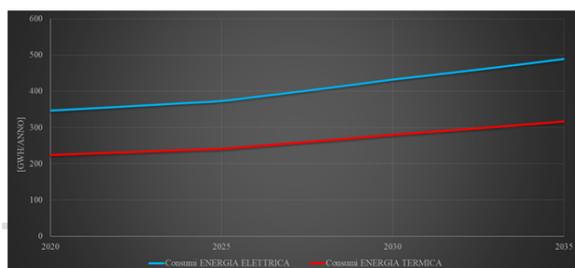
Fonte: Satta G., «The TDI RETE-GNL Project» nell'ambito dell'evento «La Méditerranée et l'économie bleue - Une coopération, des formations et des recherches», 05 febbraio 2020, Marsiglia (evento Westmed Maritime Initiative).

Si precisa nuovamente che i KPIs sviluppati all'interno del Progetto TDI RETE-GNL e le stime in merito all'andamento della domanda di GNL potenzialmente riconducibile ai porti dell'Area Obiettivo, sono stati successivamente oggetto di approfondimento e fine-tuning nell'ambito del Progetto SIGNAL. Ciò ha consentito di migliorare significativamente la capacità di stima dei suddetti KPIs e formulare stime future più dettagliate ed attendibili in merito alla domanda potenziale di GNL da imputarsi a questo macro-segmento di mercato (Figura 21).

Figura 21. Stima dei fabbisogni energetici e della domanda portuale di GNL potenzialmente attribuibile al porto di Genova (stime relative al progetto SIGNAL).

- Le stime relative alla domanda portuale di GNL realizzate nell'ambito del Progetto TDI RETE-GNL sono state affinate nel Progetto SIGNAL, in ragione di una più ampia disponibilità di dati e di un diverso perimetro di consolidamento delle attività e delle aree portuali mappate
- Anche gli scenari sono stati ulteriormente affinati in ragione di una maggiore disponibilità di informazioni in merito alle strategie energetiche portuali delle singole AdSP/Port Authorities

Energy consumption projections (electric primary energy & thermic energy) in the Port of Genoa (SIGNAL Project)



Alternative scenarios for LNG volumes in the port of Genoa (SIGNAL Project)



- **Scenario 1:** linea azzurra, dal 2016 al 2025 viene convertito il 7,5%, dal 2025 al 2030 il 12,5% e dal 2030 al 2035 il 17,5% dell'energia prodotta dalle fonti diesel convertita in m³ di GNL.
- **Scenario 2:** linea arancione, dal 2016 al 2025 viene convertito il 20%, dal 2025 al 2030 il 25% e dal 2030 al 2035 il 30% dell'energia prodotta dalle fonti diesel convertita in m³ di GNL.
- **Scenario 3:** linea grigia, dal 2016 al 2025 viene convertito il 35%, dal 2025 al 2030 il 40% e dal 2030 al 2035 il 45% dell'energia prodotta dalle fonti diesel convertita in m³ di GNL.

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au cœur de la Méditerranée

Fonte: Satta G., «The TDI RETE-GNL Project» nell'ambito dell'evento «La Méditerranée et l'économie bleue - Une coopération, des formations et des recherches», 05 febbraio 2020, Marsiglia (evento Westmed Maritime Initiative).

3.7. Mappatura della domanda terrestre di GNL: risultati dell'indagine empirica

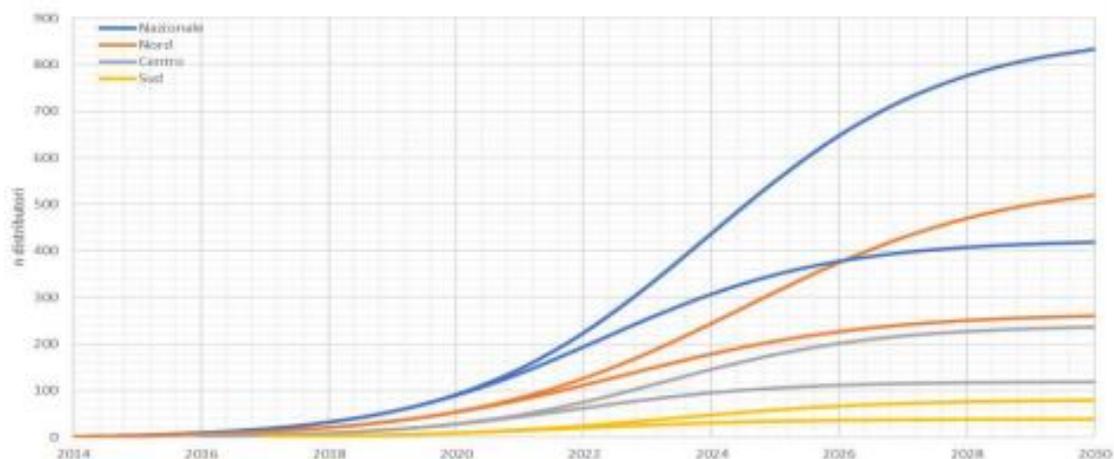
Nella presente sezione (predisposta dal Partner P2 con il supporto del Partner P3) è stato analizzato lo stato attuale e prospettico della domanda terrestre di GNL in relazione all'Area di Programma e dei nodi portuali localizzati all'interno della medesima.

3.7.1. Domanda di bunkering di GNL connessa alla flotta veicolare terrestre a GNL

La previsione della domanda di GNL del mercato italiano per il totale della flotta veicolare terrestre è di 76.000t (REF-E, 2019). Tenuto conto del numero totale di distributori presenti sul territorio nazionale al 2019, la domanda di GNL per ogni distributore risulta di circa 1.434 t/a.

REF-E ipotizza due scenari: scenario base con previsione domanda trasporto stradale di 600.000t; scenario alto con previsione domanda trasporto stradale di 1.200.000t. Ipotizzando la domanda di combustibile per distributore al 2030 di 1500 t/a (poco superiore a quella attuale che è già remunerativa per i gestori dei distributori con i margini attuali), è stato stimato il numero di distributori al 2030, a livello nazionale, pari a 420, per lo scenario base, e 840 per lo scenario alto. Interpolando i trend di evoluzione dei distributori ed i valori ipotizzati al 2030 con curve logistiche, sono state realizzate le proiezioni rappresentate in Figura 22 per entrambi gli scenari a livello nazionale e per le macroregioni.

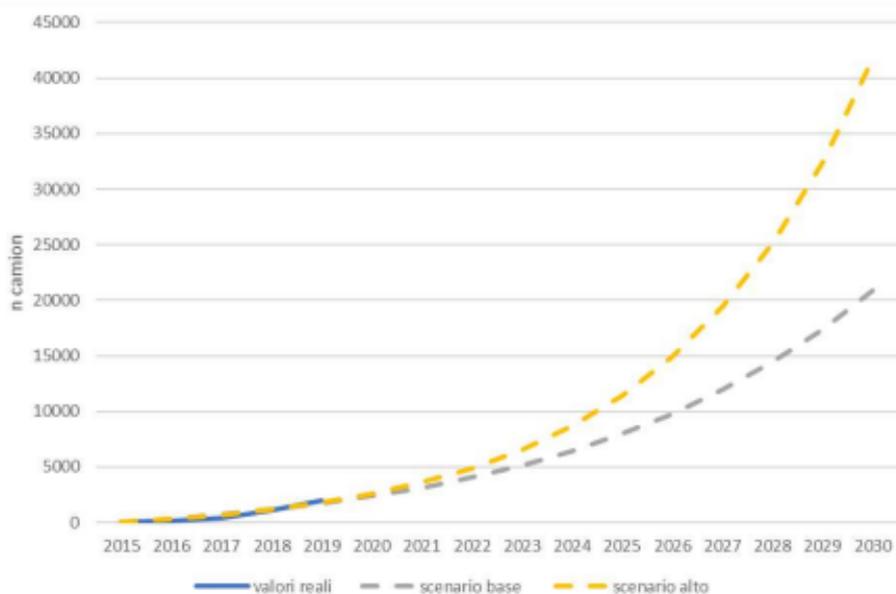
Figura 22. Proiezione dell'evoluzione del numero di distributori di GNL per il trasporto stradale in Italia al 2030



Fonte: Nt. elaborazione.

Per le tre macroregioni italiane è stato ipotizzato lo stesso trend nazionale tra il 2019 e il 2030. I dati riportati permettono di stimare il numero di camion a GNL in circolazione in Italia al 2030 pari a un circolante di circa 20.800 camion, secondo lo scenario base, e circa 41.600 secondo lo scenario alto. La Figura 23 rappresenta l'evoluzione del numero di camion secondo le curve logistiche (nello scenario base la curva satura a circa 312.000 camion, nello scenario alto a 1.818.000).

Figura 23. Proiezione dell'evoluzione del numero di camion a GNL in Italia al 2030.



Fonte: Ns. elaborazione.

Nell'ambito del prodotto T2.1.2 è stata realizzata una stima della domanda per il rifornimento dei distributori stradali dell'entroterra al 2030 in relazione ai depositi costieri a Genova e Livorno. Ai fini dell'analisi sono stati stimati i raggi d'azione del trasporto mediane autobotti, con "botte criogenica",

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale"

dal deposito costiero ai distributori per la flotta veicolare terrestre e, in relazione alla densità di distributori nell'area individuata, è stata stimata la domanda di GNL in relazione ai due depositi.

In relazione alla domanda media di GNL per ciascun distributore stradale è stata stimata la probabile domanda di GNL riferibile ai depositi costieri in esame per ciascun scenario di sviluppo ipotizzato. I valori stimati sono riportati nella tabella seguente (Tabella 20).

Tabella 20. Stima della quantità di GNL per rifornire i distributori nelle aree di influenza dei possibili depositi costieri di Genova e Livorno al 2030

	Genova			Livorno		
	N distributori	Massa [t]	Volume [m ³]	N distributori	Massa [t]	Volume [m ³]
Scenario Base	120	172.880	384.170	50	71.000	157.820
Scenario Alto	220	370.120	822.500	99	142.000	315.650

Fonte: Ns. elaborazione.

Con la stessa procedura sono state individuate le aree di competenza di Tolone e Marsiglia ed è stata realizzata una stima della domanda per il rifornimento dei distributori stradali dell'entroterra al 2030 (Tabella 21).

Tabella 21. Stima della quantità di GNL per rifornire i distributori nelle aree di competenza dei possibili depositi costieri di Tolone e Marsiglia al 2030.

	Tolone		Marsiglia	
	Massa [t]	Volume [m ³]	Massa [t]	Volume [m ³]
Scenario alto	50.830	112.000	85.110	189.130
Scenario base	24.130	53.620	40.400	89.800

Fonte: Ns. elaborazione.

3.7.2. Riflessioni sui potenziali consumi di GNL in area industriale

Secondo le stime di REF-E, al 2019 il consumo di GNL da parte di utenze industriali offgrid è stimato essere 16.760 t. Queste utenze si trovano tutte in Italia settentrionale tranne due che si situano rispettivamente a Firenze ed Oristano. Negli scenari al 2030, questo tipo di domanda è stimata tra 150.000 t (scenario base) e 200.000 t (scenario alto); queste utenze non incidono sulle stime della domanda terrestre relativa al deposito costiero di Genova e molto poco su Livorno.

Nel prodotto T2.1.2. è stato inoltre ipotizzato l'utilizzo del GNL per alimentare le centrali elettriche della Corsica al fine di diminuire le emissioni di gas climalteranti. Nel report è stata analizzata l'attuale struttura del sistema elettrico corso, in particolare delle due centrali elettriche a combustibile fossile: la centrale di Vazzino nella zona di Ajaccio e la centrale di Lucciana. Ipotizzando che la produzione da fonte fossile si mantenga ai livelli attuali, e considerando un potere calorifico del GNL pari a 45 MJ/kg, è stato stimato l'equivalente dell'energia destinata alle centrali termiche di circa 193.000t (431.000m³) di GNL.

Nel documento, infine, vengono anche fornite alcune stime di dettaglio in merito alla domanda terrestre di GNL della regione Sardegna. Dette stime si basano sugli scenari di riferimento di richiesta

dell'energia elettrica, termica e di mobilità riportati nel PEARS della Regione Autonoma della Sardegna.

Con riferimento alla domanda di energia elettrica, il consumo annuo di metano stimato è di circa 280 Mm³. Il PEARS inoltre pianifica un'ipotesi progettuale di infrastrutturazione per la Metanizzazione della Sardegna.

L'analisi della domanda di energia termica evidenzia, per il settore residenziale una domanda di metano futura limitata, e per il settore industriale una domanda con un valore significativo compreso tra 260 e 390 kTel, settore quest'ultimo che risulta essere potenzialmente interessato all'utilizzo di tale vettore energetico.

L'analisi della domanda di GNL dal settore dei trasporti mostra un valore significativo, compreso tra 184 e 335 Mm³.

4. SCHEDA DI SINTESI DEL PRODOTTO T2.1.3 (“REPORT PER LA MAPPATURA DELL’OFFERTA”)

Nell’ambito dell’attività T2.1. “Studio per un piano d’azione congiunto per il GNL in ambito portuale” del Progetto TDI RETE-GNL è prevista anche la predisposizione del Prodotto T2.1.3 “Report per la mappatura dell’offerta” che ha un ruolo fondamentale sia in relazione alle attività complessive di progetto sia rispetto al Cluster dei Progetti GNL di cui al II Avviso. La realizzazione del prodotto in esame è stata possibile grazie al contributo coordinato e integrato dei vari partner di progetto, in linea con quanto previsto a formulario ed anche in virtù della capacità di networking del partenariato nel suo complesso che ha consentito di coinvolgere tutti gli stakeholder rilevanti in termini funzionali alla corretta identificazione di tutte le facilities e gli impianti già esistenti e anche di tutte le ipotesi progettuali rilevanti con riferimento all’infrastruttura per il GNL in ambito marittimo-portuale in relazione all’Area di Programma.

In particolare:

- P1/CF (UNIGE-CIELI): definizione della struttura e del contenuto complessivo del database predisposto per la mappatura dell’offerta; definizione degli strumenti e delle metodologie per la raccolta dei dati; raccolta dei dati per la predisposizione del DB in oggetto; realizzazione della versione finale del Prodotto T2.1.3; predisposizione della scheda di sintesi relativa al Prodotto T2.1.3.
- P2 (UNIPi): validazione della struttura e del contenuto del database proposto dal CF; supporto alla raccolta dei dati relativi al DB; predisposizione anche con il supporto di consulenti esterni di documenti e relazioni a supporto dello studio dello stato attuale e prospettico del sistema infrastrutturale per il GNL nell’Area Obiettivo; validazione delle versioni ad interim e della versione finale del Prodotto T2.1.3; validazione della scheda di sintesi del Prodotto T2.1.3.
- P3 (UNICA-CIREM): validazione della struttura e del contenuto del database proposto dal CF; partecipazione diretta alla raccolta dei dati contenuti nel database per la mappatura dell’offerta; validazione delle versioni ad interim e della versione finale del Prodotto T2.1.3; validazione della scheda di sintesi del Prodotto T2.1.3.
- P4 (OTC): supporto alla raccolta dei dati empirici rilevanti in relazione all’area geografica di competenza; validazione della struttura e del contenuto del database proposto dal CF; supporto alla raccolta dei dati relativi al DB; validazione delle versioni ad interim e della versione finale del Prodotto T2.1.3; validazione della scheda di sintesi del Prodotto T2.1.3.
- P5 (CCIVAR): supporto alla raccolta dei dati empirici rilevanti in relazione all’area geografica di competenza; validazione della struttura e del contenuto del database proposto dal CF; validazione delle versioni ad interim e della versione finale del Prodotto T2.1.3; validazione della scheda di sintesi del Prodotto T2.1.3.

I documenti integrali realizzati sono disponibili sul portale del Programma Interreg Marittimo1420.

4.1. Finalità del prodotto T2.1.3



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Il prodotto T2.1.3 “Report per la mappatura dell’offerta” incluso nel progetto TDI RETE-GNL nell’ambito del programma Interreg Italia-Francia Marittimo 2014-2020 ha l’obiettivo di realizzare un documento di sintesi per la presa in esame delle più rilevanti conoscenze di base attinenti lo stato dell’arte delle infrastrutture per il bunkering e lo stoccaggio di GNL all’interno dei porti dell’area obiettivo. Nell’ambito delle attività di ricerca realizzate e in modo funzionale alla predisposizione del report conclusivo (Prodotto T2.1.3) il partenariato ha realizzato anche un file excel che costituisce un database dettagliato in merito allo stato delle infrastrutture per il bunkering e lo storage di GNL nell’Area Obiettivo e in aree geografiche di prossimità, in ragione della rilevanza che le facilities ubicate in quest’ultime posso avere rispetto alla pianificazione strategica della supply chain complessiva del GNL nelle regioni oggetto di studio.

Per tali fini, il report prodotto dal Capofila e dai partner del progetto TDI RETE-GNL, tratta tematiche qui di seguito riassunte quali le principali soluzioni di bunkering di GNL, i profili metodologici dell’analisi condotta e il sistema infrastrutturale per il GNL nell’area di programma.

4.2. Esame dei sistemi di offerta per il bunkering, lo stoccaggio e la distribuzione di GNL: soluzioni tecnologiche principali.

Le più diffuse configurazioni di bunkering GNL, come noto sono riconducibili a 4 categorie fondamentali, di seguito richiamate:

1. Configurazione Truck to Ship (TTS);
2. Configurazione Ship to Ship (STS);
3. Configurazione Port to Ship, Terminal to Ship e pipelines (PTS);
4. Configurazione Mobile Fuel Tanks

La configurazione TTS prevede che il rifornimento del vessel sia effettuato tramite un camion cisterna o un’autobotte dedicate allo stoccaggio e al trasporto di GNL. Nello specifico, il camion cisterna si posiziona nel luogo adibito al rifornimento, e tramite tubi flessibili di diametro compreso tra 2” e 4” (rispettivamente circa 5 e 10 cm) supportati da specifiche strumentazioni volte a garantire la stabilità del collegamento e la sicurezza delle operazioni il carburante viene trasferito all’interno dei serbatoi della nave. Tale procedura può essere alternativamente svolta da una condotta facente parte delle dotazioni del camion cisterna che, tramite una pompa installata/agganciata sullo stesso oppure agganciata esternamente all’autobotte al momento del rifornimento, esegue l’operazione stessa. Terminate tali operazioni, il camion o l’autobotte lasciano la banchina e si dirigono verso gli impianti di stoccaggio di GNL localizzati nell’area più vicina al porto, al fine di provvedere al rifornimento delle proprie cisterne per poter avviare un nuovo ciclo di bunkering.

La seconda modalità, la Ship to Ship, prevede invece l’impiego delle c.d. bettoline, piccole unità navali che, sia in mare aperto che all’interno delle aree protette del porto, utilizzano tubature flessibili e sistemi di pompaggio di cui sono dotate per l’espletamento delle operazioni di rifornimento.

La configurazione PTS, facente parte dei sistemi Terminal to Ship, realizza la procedura di rifornimento delle navi attraverso tubazioni (flessibili o rigide a seconda delle esigenze) che trasferiscono il GNL proveniente da una stazione di bunkering a terra appositamente predisposta.

Infine, la configurazione tecnologica Mobile Fuel Tanks, prevede l’impiego di serbatoi mobili, ed in particolare cisterne o ISO-container criogenici aventi la caratteristica di isolamento a doppia parete o in poliuretano a parete singola, che espletano temporaneamente la funzione di deposito di GNL. Nel momento di manifestazione della domanda, gli stessi vengono trasferiti sulle banchine portuali al fine di svolgere le operazioni di rifornimento delle navi presenti.

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 “Studio per un piano d’azione congiunto per il GNL in ambito portuale”

4.3. Profili metodologici

Per la realizzazione del Prodotto T.2.1.3 sotto il profilo metodologico, il partenariato ha effettuato un'estesa attività di raccolta di dati e informazioni di dettaglio in merito alle infrastrutture per il bunkering e lo storage di GNL in ambito portuale esistenti, in fase di realizzazione o per le quali esistevano concrete proposte progettuali. Ciò ha richiesto l'applicazione di metodi di ricerca sia di tipo "on-line" sia di tipo "on-field".

Sempre sotto il profilo metodologico, sempre distinguendo tra metodologie "on-line" (deck research) e "on-field", nel Prodotto T2.1.3 vengono dettagliati i seguenti aspetti:

- Delimitazione del campo di studio e definizione del campione;
- Procedure per la raccolta e la rielaborazione dei dati;
- Dati e informazioni esaminati.

4.3.1. Attività di tipo "on-line research"

In particolare, con riferimento alle attività di tipo deck research (ricerca dati "on-line", la delimitazione del campo di indagine (infrastrutture per il bunkering e lo storage di GNL) ha condotto all'identificazione di tre diversi aggregati geografici:

- porti dell'area obiettivo di progetto (Liguria, Toscana, Sardegna, Corsica, Region PACA),
- porti italiani e francesi al di fuori della sopracitata area obiettivo
- area MED e area MENA.

Le ragioni della suddetta scelta sono da ricercare soprattutto nelle specificità del settore e delle infrastrutture esaminate: il sussistere di fondamentali "economie di rete" e l'indivisibilità di minimo quanto misto, ivi intendendosi la centralità della natura "a rete" di questo tipo di infrastruttura con riferimento al settore-cliente costituito dall'armamento, impongono infatti di esaminare la presenza di facilities e impianti per il bunkering e lo storage di GNL anche al di fuori dei porti previsti a formulario, in aree di prossimità geografica ragionevoli per meglio comprendere la sostenibilità della supply chain del GNL in logica complessiva.

La fase di raccolta e rielaborazione dei dati è stata articolata in un'iniziale procedura di validazione della metodologia da parte del partenariato a cui ha fatto seguito il design di dettaglio del database, successivamente implementato grazie all'attività di data gathering condotta da ciascun partner di progetto per le aree geografiche di propria competenza. Tali attività hanno con condotto alla predisposizione di un Database finale che include 54 campi aventi diversa tipologia e specifiche (riportate nella Tabella 22).

Tabella 22. Mappatura dei sistemi di offerta - On-line research: dati e informazioni raccolte

Dato	Descrizione	Tipo di dato	Specifico dato
ID_CODE	Codice alfanumerico identificativo della stringa		
Nazione	Nome della nazione ove è ubicato il porto	Qualitativo	Testo
Città	Nome della città di riferimento del porto	Qualitativo	Testo
Porto	Nome del porto	Qualitativo	Testo
Facility_Name	Nome della facility	Qualitativo	Testo
Facility_Type	Tipologia di terminal/facility	Qualitativo	Label
Geo- referenziazione – Latitudine	Coordinate geospaziali relative alla latitudine	Geo-spaziale	GPS
Geo-	Coordinate geospaziali relative alla longitudine	Geo-spaziale	GPS

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale"



referenziazione - Longitudine			
Area obiettivo	Appartenenza all'Area Obiettivo dell'INTERREG 1420. Dummy variable con valore 1 = in area obiettivo, 0 = fuori area obiettivo	Quantitativo	Dummy
Area Target TDI	Inclusione a formulario nell'ambito del Progetto TDI RETE-GNL. Dummy variable con valore 1 = previsto a formulario TDI RETE-GNL, 0 = non previsto a formulario TDI RETE-GNL	Quantitativo	Dummy
Stato infrastruttura	Stato di pianificazione/realizzazione dell'infrastruttura: variabile categorica con previsione di 6 campi possibili: Pianificato (preliminary); Pianificato (final); Autorizzato; Under construction; Completed; Operative	Qualitativo	Label
Stato avanzamento iter autorizzativo	Variabile qualitativa che prevede 4 categorie possibili: N = non presentata ancora la richiesta; O = in attesa di valutazione; S = Autorizzato; C = cancellato	Qualitativo	Label
Data di avvio cantieri	Data (prevista o effettiva) di avvio dei cantieri di costruzione	Qualitativo	Data
Data di chiusura dei cantieri	Data (prevista o effettiva) di chiusura dei cantieri per la costruzione della facility/struttura	Qualitativo	Data
Tempi di costruzione	Numero di mesi necessari per la realizzazione del sistema di bunkering o la struttura.	Quantitativo	Mesi
Soggetto autorizzante	Nominativo del soggetto che deve autorizzare la realizzazione e la gestione dell'infrastruttura	Qualitativo	Testo
Soggetto gestore	Indicazione della ragione sociale del soggetto che ha richiesto l'autorizzazione	Qualitativo	Testo
Soggetto realizzatore	Indicazione della ragione sociale del soggetto che fornisce la tecnologia per la realizzazione della soluzione di bunkering	Qualitativo	Testo
Descrizione impianto	Descrizione delle principali caratteristiche dell'impianto	Qualitativo	Testo
Terminal size (m ²)	Dimensioni dell'impianto misurata in m ²	Quantitativo	Mq
Capacità di stoccaggio in m ³	Capacità di stoccaggio complessiva dell'impianto misurata in m ³	Quantitativo	m ³
Procurement (infrastructural endowment)	Eventuale collegamento infrastrutturale via pipeline o mediante altre soluzioni Small Scale LNG (per esempio "collegato/collegabile a Panigallia o OLT" o in generale a un'infrastruttura per la gassificazione o la rigassificazione", etc.)	Qualitativo	Testo
Alimentazione e distribuzione	Profili descrittivi connessi all'alimentazione/distribuzione dell'impianto	Qualitativo	Testo
Movimentazione volumi a regime annui in m ³	Movimentazione prevista dati in m ³	Quantitativo	m ³
Movimentazione volumi_year of forecasting	Anno di riferimento relativo al forecasting (y. 2023)	Quantitativo	Anno
Tecnologie impiegate	Configurazione Truck to Ship (TTS); Ship to Ship (STS); Terminal to Ship (TPS), Mobile Fuel Tanks (MFT)	Qualitativo	Label
Capacità di rifornimento_Type	Specificare il tipo di nave per cui il dato successivo viene rilevato	Qualitativo	Label
Capacità di rifornimento_Timing	Specificare le tempistiche connesse al rifornimento di diverse tipologie di navi	Quantitativo	To Be Defined
Investimenti in CAPEX (€)	Ammontare complessivo degli investimenti in capital expenditures necessarie per la realizzazione dell'impianto	Quantitativo	Euro
Eventuali informazioni connesse agli OPEX	Profili connessi ai costi per la gestione dell'impianto/soluzione tecnologica	Quantitativo	Euro

Layout information	Descrizione testuale dei principali profili connessi al layout della facility/struttura	Qualitativo	Testo
Layout information_graphics	Link a cartina, o cartina o descrizione testuale	Qualitativo	Figura
Procedure operative	Descrizione testuale dei principali profili connessi alle procedure operative	Qualitativo	Testo
Profili di safety & security	Descrizione testuale dei principali profili connessi alla safety & security	Qualitativo	Testo
Domanda futura GNL_	FOCUS su tipologie di flotta che transitano per il porto		
	FOCUS su volumi relativi alle tipologie di traffici cargo		
	FOCUS su traffici PAX e CRUISE		
Governance settings			
Tipologia degli attracchi per il Bunkering	Definire la tipologia degli attracchi dedicati al Bunkering dei natanti con previsione di 5 campi possibili: Banchina all'interno del Porto; Pontile e Dolphins; Isola Offshore; Monoboa galleggiante; Campo Boe Offshore	Qualitativo	Label
Numero attracchi per il Bunkering	Indicare il numero dei potenziali attracchi o quelli esistenti per il Bunkering	Quantitativo	n°
Lunghezza Banchine o numero boe di attracchi per il Bunkering	Indicare la lunghezza delle banchine potenziali/presenti oppure il numero di boe o pontili potenziali/presenti per il Bunkering	Quantitativo	metri/n°
Pescaggio riferito agli attracchi per il Bunkering	Profondità in metri	Quantitativo	metri/n°
Tipologia degli attracchi per lo scarico/carico del GNL	Definire la tipologia degli attracchi dedicati allo scarico/Carico del GNL verso depositi costieri con previsione di 5 campi possibili: Banchina all'interno del Porto; Pontile e Dolphins; Isola Offshore; Monoboa galleggiante; Campo Boe Offshore	Qualitativo	Label
Numero attracchi per carico/scarico GNL	Indicare il numero dei potenziali attracchi o quelli esistenti per il carico/scarico GNL	Quantitativo	n°
Lunghezza Banchine o numero boe di attracchi per carico/scarico GNL	Indicare la lunghezza delle banchine potenziali/presenti oppure il numero di boe o pontili per lo scarico/carico GNL	Quantitativo	metri/n°
Pescaggio riferito agli attracchi per carico/scarico GNL	Profondità in metri	Quantitativo	Metri
Caratteristiche aree stoccaggio del GNL	Descrivere le caratteristiche delle aree reali o potenziali per lo stoccaggio del GNL, con eventuali vincoli al contorno, criticità quali la vicinanza a zone abitate, o impianti o aree sensibili, giacitura, limiti alla espansione futura	Qualitativo	Testo
Distanza dai centri urbanizzati: dal centro città	Indicare la distanza del centro città più vicino	Quantitativo	Km
Distanza dai centri urbanizzati: dal punto di confine più vicino della città	Indicare la distanza dai punti di confine adificato più vicino della città	Quantitativo	Km
Distanza attracco dalle aree di Localizzazione depositi	Indicare la distanza del punto di attracco della nave con la zona di deposito	Quantitativo	Metri
Livello di accessibilità per il Bunkeraggio con veicoli stradali	Distanza del varco di accesso al porto al punto di attracco per il bunkeraggio (nel caso TTS)	Quantitativo	Km

Livello di accessibilità del terminal rifornimento GNL stradale	Distanza del varco Portuale al punto stazione di rifornimento per mezzi trasporto merci su gomma	Quantitativo	Km
Livello di accessibilità ferroviario	Distanza del punto di deposito dalla rete ferroviaria	Quantitativo	Km
Livello di accessibilità stradale	Distanza del varco portuale dalla rete fondamentale (statale o autostradale)	Quantitativo	Km
Percorsi urbani e sub urbani	Distanza percorsa dai mezzi su Gomma GNL in aree urbane per accedere al varco Portuale (porto dentro aree urbane)	Quantitativo	Km
Dimensione aree di sosta mezzi GNL	Dimensione delle aree di sosta e numero di stalli dei mezzi pesanti dedicati al rifornimento e Bunkering TTS	Quantitativo	m ²
Aree dedicate al rifornimento dei mezzi stradali a propulsione GNL	Definire ed indicare le caratteristiche dimensionali e tipologiche delle aree potenzialmente utilizzabili per il rifornimento dei mezzi pesanti stradali, con link a cartina e con descrizione testuale	Qualitativo	Testo+link

Fonte: ns. elaborazione

Distinguendo per i tre aggregati geografici sopra riportati, sono state incluse nel database:

- 9 facilities/ipotesi progettuali all'interno dell'area obiettivo di progetto (Liguria, Toscana, Sardegna, Corsica, Region PACA);
- 7 facilities/ipotesi progettuali nei porti italiani e francesi al di fuori dell'area obiettivo;
- 20 facilities/ipotesi progettuali presenti nell'area MED e area MENA.

4.3.2. Attività di tipo “on-field research”

Con riferimento alle attività di tipo “on-field”, è stato predisposto un apposito questionario somministrato sia agli operatori privati che agli altri stakeholder interessati allo sviluppo o alla realizzazione di impianti per lo svolgimento delle operazioni di bunkering/stoccaggio di GNL in ambito marittimo-portuale e disarticolato in quattro sezioni principali, comprendenti informazioni legate al soggetto intervistato, al progetto/impianto di interesse, ai dati quantitativi connessi allo stesso (come domanda, pricing e investimenti) e infine, alle informazioni connesse ai profili tecnologici e alle procedure operative dell'impianto. Occorre precisare che la raccolta dei dati tramite tale questionario è stata resa possibile da un'attività di coordinamento con i partner di progetto e con le AdSP responsabili per i porti interni all'area obiettivo di progetto.

Complessivamente sono stati ricevuti 11 questionari secondo la seguente distribuzione geografica:

- Liguria: 5
- Toscana: 2
- Sardegna: 2
- Region PACA: 1
- Corsica: 1

Per un esame di dettaglio si rimanda al paragrafo 3.1.2 del prodotto T2.1.3 “Report per la mappatura dell'offerta”.

4.4. Risultati empirici della ricerca

4.4.1. Posizionamento del sistema infrastrutturale per il GNL dell'Area di Programma rispetto alla supply chain complessiva europea e del bacino del Mediterraneo

Le considerazioni successive legate alle singole aree geografiche comprese nel bacino interno al programma, non possono che partire da una riesamina della collocazione del sistema infrastrutturale del

GNL oggetto di studio rispetto alla supply chain complessiva del continente europeo e più in particolare, del bacino del Mediterraneo.

A tal fine, sono state esaminate tre tipologie di infrastrutture, i cui dati sono stati forniti dall'associazione Gas Infrastructure Europe (GIE) per tutte le singole realtà portuali dell'area di programma. Nello specifico, sono state esaminate tre diverse tipologie di infrastrutture costituite dai terminali di rigassificazione, dagli impianti di stoccaggio/depositi costieri di GNL e dalla rete di distribuzione di carburante metano liquido GNL per veicoli pesanti.

4.4.1.1. Terminali di rigassificazione

In relazione ai terminali di rigassificazione, va segnalato un significativo aumento della capacità dei terminal europei lungo l'orizzonte temporale che va dal 2017 al 2026 per un totale di capacità stimata pari a 300 miliardi di m³/anno della rete di rigassificazione a livello europeo. Un aspetto di particolare importanza è costituito dal fatto che, come riportato nella Figura 24, il contributo delle infrastrutture interne all'area di programma su tale dato risulta essere particolarmente significativo poiché esse rappresentano ad oggi circa il 31% degli impianti operativi del Mediterraneo.

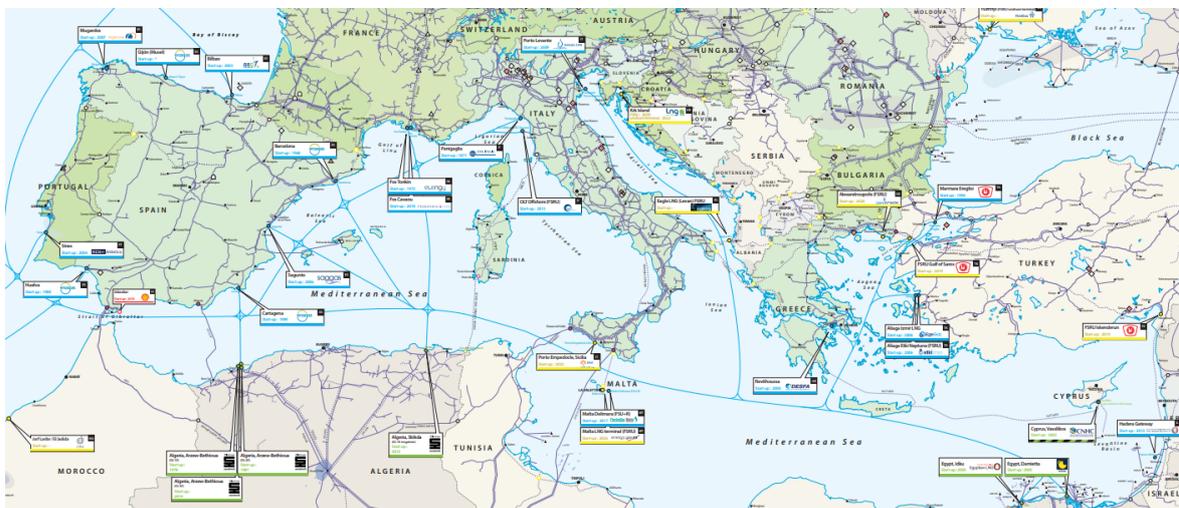
Figura 24. Capacità di rigassificazione dei terminal europei.



Fonte : GLE LNG Investment Database, 2018

La Figura 25 mostra gli impianti di rigassificazione per il GNL attualmente operativi (colore blu), in fase di costruzione (colore rosso) ed in fase di progettazione (colore giallo), i quali sono stati mappati dal GIE nel 2017.

Figura 25. Terminal di rigassificazione nel Mediterraneo

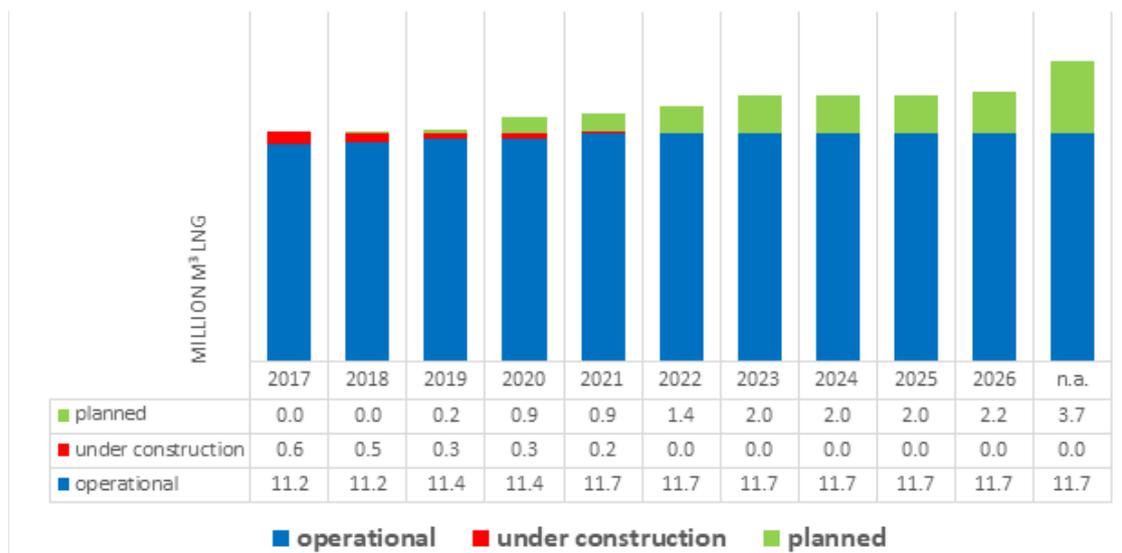


Fonte: Gas Infrastructure Europe (GIE), 2017.

4.4.1.2. Impianti di stoccaggio e depositi costieri di GNL

Anche il comparto degli impianti di stoccaggio e dei depositi costieri mostrato trend evolutivi significativi con una crescita stimata al 2019 della capacità futura al 2026 in aumento del 20% rispetto ai valori attuali considerando sia gli impianti attualmente operativi che quelli in fase di pianificazione (Figura 26). Il livello prospettico di infrastrutturazione in relazione ad impianti di questo tipo appare ancora più rilevante in termini quantitativi se si considerano le recenti iniziative progettuali che riguardano molteplici porti nazionali ed esteri sia all'interno che di fuori dell'Area Obiettivo di Programma.

Figura 26. Capacità di stoccaggio di GNL dei terminal europei.



Fonte: GLE LNG Investment Database, 2018.

4.4.1.3. Rete di distribuzione carburante metano liquido LNG per veicoli pesanti

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale"

L'analisi condotta sull'intera rete di distribuzione SSLNG nel contesto europeo, ha evidenziato una certa rilevanza del Nord Italia all'interno del panorama europeo, nonostante la rete spagnola sia quella più largamente sviluppata.

4.4.2. Infrastrutture per il GNL in Italia: lo stato dell'arte

Il capofila del progetto CIELI-UNIGE, insieme ai partner di progetto UNIPI, UNICA-CIREM, OTC e CCIV, in relazione al Prodotto T2.1.3 o ha proceduto a raccogliere e sistematizzare all'interno di DB in excel i dati relativi alle infrastrutture già esistenti, in corso di costruzione, in fase di progettazione e i principali studi di fattibilità realizzati in relazione ai porti previsti a formulario (Genova, Savona, La Spezia, Livorno, Cagliari, Toulon e Bastia).

Per l'Italia si è proceduto a mappare i seguenti impianti/ipotesi progettuali

1. Terminal di Rigassificazione di Panigaglia (La Spezia, Liguria)
2. Ipotesi progettuale di Fratelli Cosulich (Liguria)
3. Ipotesi progettuale di Ottonello Novella (Liguria)
4. Ipotesi progettuale di A.O.C. Srl (Genova, Liguria)
5. Terminal di Rigassificazione "FSRU Toscana" (Livorno, Toscana)
6. Deposito costiero nel porto di Livorno (Signal) (Livorno, Toscana)
7. Deposito costiero "Terminal Higas di Oristano" di Higas (Oristano, Sardegna)
8. Deposito costiero "Marine Terminal Oristano" di Edison (Oristano, Sardegna)
9. Deposito costiero di IVI Petrolifera (Oristano, Sardegna)
10. Deposito costiero di ISGAS ENERGIT Multiutilities (Cagliari, Sardegna)
11. Deposito costiero del Consorzio industriale provincia di Sassari (Porto Torres, Sardegna)

Per la Francia si è proceduto a mappare i seguenti impianti/ipotesi progettuali:

12. Rigassificatore di Fos-Tonkin
13. Rigassificatore di Fos-Cavaou
14. Ipotesi progettuale nel porto di Toulon

4.4.2.1. Terminali di rigassificazione

Lo studio elaborato in merito al prodotto T2.3.1 ha evidenziato una capacità complessiva dei terminali di rigassificazione pari a circa 47,75 mld di m³, di cui ben 32 mld legati alle infrastrutture che stanno ancora seguendo l'iter autorizzativo. La successiva Tabella 23 mostra i terminali di rigassificazione operativi in Italia alla data di realizzazione dell'ultima versione del Prodotto T.2.1.3 mentre la Tabella 24 evidenzia lo stato dei terminali di rigassificazione in fase di autorizzazione a livello nazionale.

Tabella 23. Terminali di rigassificazione operativi in Italia

Tipo di infrastruttura	Nome	Gestore	Localizzazione	Regione	AdSP competente	Capacità max di rigassificazione (mld m ³)	Stato infrastruttura	Soluzione di bunkering
Terminale di rigassificazione	Panigaglia	GNL Italia (Gruppo Snam)	La Spezia (Panigaglia)	Liguria	AdSP del Mar Ligure Orientale	4	Operativa	Studio di fattibilità per bettolina (2017)
Terminale di rigassificazione	FSRU Toscana	OLT Offshore LNG Toscana	Livorno	Toscana	AdSP del Mar Tirreno Settentrionale	3.75	Operativa	Studio di fattibilità per bettolina (2015); progettazione di dettaglio (2019)
Terminale di rigassificazione	Adriatic LNG	Terminale GNL Adriatico	Rovigo (Porto Levante)	Veneto	AdSP del Mar Adriatico Settentrionale	8	Operativa	Studio di fattibilità per bettolina (2015)

Fonte: ns. elaborazione a partire dai dati Assocostieri (2018).



Tabella 24. Terminali di rigassificazione in fase di autorizzazione in Italia.

Tipo di infrastruttura	Nome	Gestore	Localizzazione	Regione	AdsP competente	Capacità di rigassificazione (m ³)	Stato	Soluzione di bunkering
Rigassificatore	Falconara marittima LNG Terminal	API-Nova Energia	Falconara marittima	Marche	Autorità di Sistema portuale del Mar Adriatico Centrale	4 miliardi	Autorizzato	Prevista
Rigassificatore	ND	Edison	Rosignano	Toscana	Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Settentrionale	8 miliardi (con 2 serbatoi di stoccaggio pari a 320.000 m ³)	Procedura autorizzativa in corso (VIA rilasciata)	Prevista
Rigassificatore	Trieste Monfalcone LNG Terminal	Smart Gas	Monfalcone	Friuli-Venezia-Giulia	Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico orientale	ND	Rilasciato parere negativo di VIA a marzo 2017	Prevista
Rigassificatore	Porto Empedocle LNG Terminal	Nuove Energie	Porto Empedocle	Sicilia	Autorità di Sistema Portuale della Sicilia Occidentale	8 miliardi	Autorizzato (Rinuncia all'investimento da parte di Enel nel 2016)	Prevista
Rigassificatore	LNG Medgas Terminal	LNG Medgas Terminal Srl (Iren Group - Sorigenia)	Gioia Tauro	Calabria	Autorità di Sistema Portuale dello Stretto	12 miliardi (con 4 serbatoi di stoccaggio pari a 160.000 m ³ ciascuno)	VIA rilasciata nel 2008; Sospensione dell'autorizzazione alla costruzione e all'esercizio del rigassificatore da parte del MISE nel 2013	Previsto rifornimento di LNG attraverso bettoline

Fonte: ns. elaborazione a partire dai dati Assocostieri (2018).

Il partenariato, con il supporto dei vari stakeholder rilevanti ha provveduto ad aggiornare costantemente la mappatura in oggetto.

4.4.2.2. Impianti di stoccaggio e depositi costieri di GNL

Per quanto attiene ai depositi costieri per la distribuzione di GNL, secondo i dati Assocostieri, al 31 marzo 2018, le infrastrutture autorizzate o con procedure autorizzative attivate risultavano essere 8, per una capacità complessiva di stoccaggio pari a 121.000 m³. Anche in questo caso le regioni appartenenti all'Area Obiettivo vedono un peso molto significativo se si considera che 6 delle 8 infrastrutture pocanzi richiamate sono localizzate in Sardegna e in Toscana, per una capacità di stoccaggio complessivo pari 69.000 m³, ovvero circa il 57% della capacità complessiva nazionale prevista.

L'aggiornamento dei dati al 28 febbraio 2019, consente di individuare ulteriori 4 depositi costieri relativi agli impianti di stoccaggio previsti per Gioia Tauro (640.000 m³ di potenziale stoccaggio, impiegando 4 serbatoi da 160.000 m³ ciascuno); Crotona (20.000 m³ di potenziale stoccaggio); Napoli; Augusta. I dati relativi a le diverse infrastrutture stoccate sono riportati nella successiva Tabella 25.

Tabella 25. Depositi costieri di GNL in Italia (operativi o in fase di autorizzazione)

Tipo di infrastruttura	Nome	Gestore	Localizzazione	Regione	AdsP competente	Capacità di stoccaggio (m ³)	Stato	Soluzione di bunkering
Deposito costiero	Terminal Higas di Oristano	Higas	Oristano	Sardegna	AdSP del Mar di Sardegna	9,000	In corso di realizzazione	Prevista
Deposito costiero	Marine Terminal Oristano	Edison	Oristano	Sardegna	AdSP del Mar di Sardegna	10,000	In attesa di valutazione	Prevista
Deposito costiero	ND	IVI Petrolifera	Oristano	Sardegna	AdSP del Mar di Sardegna	9,000	In attesa di valutazione	Prevista
Deposito costiero + mini terminale di rigassificazione	ND	ISGAS ENERGIT Mutilities	Cagliari	Sardegna	AdSP del Mar di Sardegna	22,000	In attesa di valutazione	Prevista
Deposito costiero	ND	Consorzio industriale provincia di Sassari	Porto Torres	Sardegna	AdSP del Mar di Sardegna	10,000	Non ancora presentata la richiesta	Prevista
Deposito costiero	ND	Costiero Gas Livorno, Neri e SIGL-Vulcanigas	Livorno	Toscana	AdSP del Mar Tirreno Settentrionale	9,000	Non ancora presentata la richiesta	Prevista
Deposito costiero	Depositi Italiani GNL	Edison e PIR	Ravenna	Emilia Romagna	AdSP del Mare Adriatico Centro-settentrionale	20,000	Autorizzato	Prevista
Deposito costiero	ND	Venice LNG	Venezia (Porto Marghera)	Veneto	AdSP del Mare Adriatico Settentrionale	32,000	In attesa di valutazione	Prevista
Deposito costiero (+ terminale indicato in precedenza)	LNG Medgas terminal	LNG Medgas terminal	Gioia Tauro	Calabria	Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno meridionale	640,000	In attesa di valutazione	Prevista
Deposito costiero	Progetto deposito di GNL nel porto di Crotona	Ionio Fuel	Crotone	Calabria	Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno meridionale	20,000	Non è ancora stata presentata la richiesta (piano)	Prevista
Deposito costiero	ND	ND	Napoli	Campania	Autorità di Sistema Portuale del mar Tirreno centrale	ND	Non è ancora stata presentata la richiesta (pre-studio di fattibilità)	Prevista
Deposito costiero	ND	ND	Augusta	Sicilia	Autorità di Sistema Portuale della Sicilia orientale	ND	Non è ancora stata presentata la richiesta (manifestazione d'interesse)	Prevista

Fonte: ns. elaborazione.

Anche in questo caso il partenariato ha provveduto a monitorare l'evoluzione dello stato del sistema d'offerta (Figura 27).

Figura 27. Monitoraggio e aggiornamento della mappatura delle infrastrutture per il GNL in ambito marittimo portuale: lo stato dell'arte dei depositi costieri in Italia (settembre 2020).

➤ **Depositi costieri**

Autorità di Sistema Portuale	Società	Localizzazione	Stato	Capacità di stoccaggio (mc)
AdSP del Mar Di Sardegna	Higas	Oristano	In costruzione	9.000
AdSP del Mar Di Sardegna	Edison	Oristano	Autorizzato	10.000
AdSP del Mare Adriatico Centro-Settentrionale	Depositi Italiani GNL	Ravenna	In costruzione	20.000
AdSP del Mare Adriatico Settentrionale	Venice LNG	Porto Marghera	Procedura autorizzativa in corso; procedimento di VIA concluso con esito positivo	32.000
AdSP del Mar Di Sardegna	TVI Petroliera	Oristano	Procedura di VIA in corso	9.000
AdSP del Mar Di Sardegna	Consorzio Industriale Provincia Sassari	Porto Torres	Procedura autorizzativa in corso	10.000
AdSP del Mar Di Sardegna	Livorno LNG Terminal	Livorno	Procedura autorizzativa in corso	9.000
AdSP del Mar Tirreno Centrale	In corso di assegnazione	Napoli	Manifestazione di interesse	10.000-20.000
AdSP del Mar di Sicilia Orientale	In corso di assegnazione	Augusta	Manifestazione di interesse	-
AdSP di Gioia Tauro e della Calabria	IONIO Fuels	Crotone	Studio di fattibilità	20.000
AdSP del Mar Ligure Occidentale	GNLMed	Genova	Studio di fattibilità	10.000

✓ **11 depositi con iter autorizzativo avviato**

✓ **Capacity minima: 9.000 mc.**

✓ **Capacity massima: 32.000 mc.**

✓ **Capacity media: 15.000 mc.**

News rilevanti:

➤ **Oristano:** a Santa Giusta sono in corso i primi collaudi. Inizio operazioni a gennaio 2021.

➤ **Ravenna:** con avvio delle operazioni a ottobre 2021.

➤ **Porto Torres:** inizio lavori nella seconda metà del 2020.

➤ **Napoli:** collaborazione Edison – Q8.

➤ **Crotone:** acquisto terreni su cui sorgerà il terminal e inizio lavori previsto entro fine 2022.

Fonte: *Assocostieri*, 2020 (Progetto TDI RETE-GNL, evento *Bastia*)

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au cœur de la Méditerranée

Fonte: Satta G. (2020), “GNL per la propulsione in ambito marittimo portuale: verso la definizione di una rete di distribuzione GNL nei porti tra Italia e Francia”, Naples Shipping Week, 1-2 ottobre 2020, Napoli.

4.4.2.3. Rete di distribuzione carburante metano liquido LNG per veicoli pesanti

Per quanto concerne la riesamina dei distributori di metano liquido che erogano carburante ai veicoli pesanti, occorre considerare tre diversi livelli di distribuzione (come indicato da Federmetano, 2018):

1. I distributori di metano liquido in attività aperti al pubblico;
2. I distributori di metano liquido in attività aperti ai privati, con particolari condizioni di utilizzo;
3. I distributori di metano liquido ancora in fase progettuale.

Ciò che emerge in primo luogo è che per tutti e tre i livelli considerati, la collocazione geografica risulta essere fortemente sbilanciata a favore delle regioni del Nord Italia, sia in merito ai distributori già operativi che relativamente a quelli in apertura nei prossimi anni (Figura 28).

Figura 28. Distributori terrestri di GNL e domanda terrestre di GNL per i porti italiani



TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 “Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale”

Fonte: Satta G. (2020), “GNL per la propulsione in ambito marittimo portuale: verso la definizione di una rete di distribuzione GNL nei porti tra Italia e Francia”, Naples Shipping Week, 1-2 ottobre 2020, Napoli.

4.4.3. Infrastrutture per il bunkering e lo stoccaggio di GNL nei porti della Liguria

A fronte dell’incredibile crescita del GNL in ambito marittimo portuale come fonte di energia alternativa per la propulsione navale, il focus elaborato in merito alle infrastrutture per il GNL della regione Liguria ha prodotto la consapevolezza di una forte necessità di dotazioni infrastrutturali atte a rifornire le future navi alimentate tramite il suddetto carburante, motivo per cui alcuni soggetti pubblici e privati hanno dato il via a studi di fattibilità con riferimento ai porti di Genova, Savona e La Spezia. Non essendo tuttavia operativa nessuna delle tipologie infrastrutturali sopra descritte, la ricerca del gruppo di lavoro UNIGE CIELI si è basata sulle informazioni fornite da articoli, siti web e notizie online che sono sfociate nella presa in esame puntuale delle ipotesi progettuali riportate nella Tabella 26 ed esaminate puntualmente nei sotto paragrafi qui di seguito riportati.

Tabella 26. Sintesi ipotesi progettuali - Liguria

Ipotesi progettuale	Localizzazione	Breve descrizione
Terminal di Rigassificazione di Panigaglia	La Spezia	Gestito da GNL Italia (Gruppo SNAM); capacità di rigassificazione: 4 mld m ³ ; struttura già operativa. Soluzione dei bunkering di GNL in ambito marittimo-portuale: studio di fattibilità. In relazione a detto terminal sono state anche considerate le ipotesi progettuali di riadeguamento realizzate rispettivamente da RINA Consulting e da Assocostieri.
Ipotesi progettuale di Fratelli Cosulich	La Spezia	Ipotesi progettata sviluppata dalla società Fratelli Cosulich SPA per la realizzazione di un impianto di stoccaggio e bunkering di GNL (impianto SSLNG) in relazione al porto di La Spezia.
Ipotesi progettuale di Ottavio Novella Spa	Porti della Liguria	Ipotesi progettuale sviluppata dalla società Ottavio Novella Spa per la realizzazione di un impianto di stoccaggio e bunkering di GNL (impianto SSLNG) nei porti della Liguria.
Ipotesi progettuale di A.O.C Srl	Genova	Ipotesi progettuale sviluppata dalla società A.O.C. Srl per la realizzazione di un impianto di stoccaggio e rigassificazione di GNL (impianto SSLNG) per il porto di Genova.
Ipotesi progettuale ENI	Genova	Ipotesi progettuale sviluppata dalla società ENI S.p.a per la realizzazione di un terminale di bunkering di GNL per il porto di Genova (zona Multedo, area Porto Petroli).
Ipotesi progettuale PIR	Genova	Ipotesi progettuali sviluppata dalla società Petrolifera Italo-Rumena per la realizzazione di un terminale di bunkering per il porto di Genova (area tra Genoa Port Terminal e Terminal Rinfuse Genova).
Ipotesi progettuale stazione di rifornimento mobile – Progetto GNL FACILE	-	Nell’ambito del progetto INTERREG Marittimo ITA-FRA 1420 intitolato GNL FACILE è prevista la realizzazione di una stazione di rifornimento mobile (con serbatoio criogenico) che andrebbe ad interessare diversi porti dell’Area Obiettivo.

Fonte: ns. elaborazione

4.4.3.1. Terminal di Rigassificazione di Panigaglia (La Spezia)

Il Terminal di Rigassificazione di Panigaglia vede l’avvio dei lavori per la costruzione nel 1967 ad opera della società Snam S.p.A a seguito dell’autorizzazione ottenuta dal Ministero dell’Ambiente. Tale



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



facility, la prima onshore per la ricezione e la rigassificazione di GNL in Italia, si estende in un'area di circa 45.000 m² e presenta una capacità di stoccaggio di GNL di 88.000 m³. Localizzata all'interno dell'area portuale di La Spezia, essa è composta da:

- Un sistema di ricezione (area per l'attracco della nave);
- Un'area di stoccaggio comprensiva di due serbatoi da 50.000 m³ ciascuno costituiti da due contenitori cilindrici coassiali ad asse verticale e aventi capacità utile operativa pari a 44.000 m³;
- Un rigassificatore in cui dai serbatoi di stoccaggio il gas viene estratto e inviato agli scambiatori di calore attraverso un sistema di pompe centrifughe;
- Dei sistemi di immissione nella rete;
- Dei sistemi e l'equipment per il recupero dei vapori;
- L'insieme dei sistemi ausiliari di sicurezza.

La capacità di rigassificazione risulta pari a 3,5 mld di m³/annui e il funzionamento operativo del meccanismo di gestione dell'impianto prevede che solo una piccola parte del GNL presente venga utilizzata per l'impianto stesso, poiché il gas arriva alla struttura attraverso navi metaniere che scaricano il GNL nei serbatoi di stoccaggio. In merito alla tipologia degli attracchi dedicati alle operazioni di carico/scarico del GNL, il terminale qui esaminato include anche un pontile sito all'interno del porto che consente la ricezione di navi aventi capacità massima di circa 70.000 m³ di GNL e un pescaggio di 10 m. Le criticità principali del terminal di Panigaglia risultano essere l'accessibilità stradale e quella ferroviaria soprattutto in merito alle difficoltà di incrocio tra mezzi provenienti da direzioni opposte insieme alla vicinanza del centro città a circa 2,7 km dal terminal.

A valle della predisposizione del prodotto T2.1.3, sono stati fatti importanti passi avanti in merito alle operazioni di bunkering/stoccaggio di GNL. Infatti, domenica 25 ottobre avrà luogo proprio nel porto di La Spezia il primo bunkeraggio di GNL a favore della nave da crociera Costa Smeralda.

4.4.3.2. Ipotesi progettuale di Fratelli Cosulich

La società F.lli Cosulich S.p.A, nella persona del Presidente Andrea Cosulich ha dato al gruppo di lavoro UNIGE CIELI la possibilità di raccogliere importanti dati relativi all'area ligure. Il progetto in fase di valutazione da parte della suddetta società prevede lo sviluppo di infrastrutture necessarie allo SSLNG (LNG Bunker barge e deposito costiero) con interesse dell'area del Mar Tirreno Settentrionale e in particolare, dei porti liguri di La Spezia, Genova e Savona e del porto toscano di Livorno. Nel concreto, l'idea alla base di tale progetto si fonda sul trasferimento di GNL da grossi terminali di stoccaggio (come FSRU Toscana) a depositi costieri (come quello di Panigaglia), per poi procedere allo svolgimento delle operazioni di rifornimento alle navi con bettoline; inoltre, un piccolo impianto di stoccaggio terrestre (con capacità inferiore alle 200 tons) darebbe poi la possibilità di caricare autobotti.

L'investimento complessivo necessario per la realizzazione del sistema sopra descritto è di 55 mln di € mentre i costi annui operativi di gestione ammonterebbero a circa 4 mln di € includendo anche i possibili/necessari interventi di manutenzione. La particolarità di tale progetto risiede infine nelle stime elaborate in merito al prezzo dei servizi di bunkering di GNL nonché con riferimento ai costi medi di gestione per la fornitura e lo stoccaggio del carburante che hanno condotto ad un range di prezzo dell'offerta dipendente dal mercato e pari a 3/4 €/MWh con costi relativi al solo stoccaggio di GNL 2/3 €/MWh.

4.4.3.3. Ipotesi progettuale di Ottavio Novella Spa

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale"



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Lo studio di fattibilità realizzato dalla società Ottavio Novella S.p.A si è concentrato sulla possibilità di creare infrastrutture dedicate al bunkeraggio e allo stoccaggio di GNL nell'ambito territoriale dell'Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Occidentale senza tuttavia escludere un eventuale sviluppo nell'ambito dell'AdSP del Mar Ligure Orientale. Le aree di realizzazione dell'infrastruttura in oggetto sono state identificate nel molo sopraflutti di Vado Ligure (che subirà prossimamente interventi di ampliamento), Genova Sestri e/o Sampierdarena e La Spezia, con utilizzo di parte dei depositi costieri attualmente presenti a Panigaglia. In questo caso, l'alimentazione del GNL verrebbe condotta via mare e la sua fornitura sarebbe dedicata sia alla futura domanda delle navi alimentate a GNL sia alla già presente domanda relativa alle autobotti. L'iter autorizzativo ha previsto la sottoposizione del progetto alle AdSP del Mar Ligure Occidentale e Orientale e all'Agenzia delle Dogane (per quanto concerne il tipo di documentazione necessaria ad espletare gli adempimenti documentali) e risulta essere ancora in attesa di valutazione. Il processo di costruzione dovrebbe avere una durata compresa tra i 24 e i 30 mesi sotto articolati in diverse fasi modulari di seguito riportate:

- La prima fase consisterebbe nella predisposizione della sola gasiera Small Scale, che risponderebbe alle funzioni di feeder e di bettolina;
- La seconda fase prevederebbe l'affiancamento di una o più chiatte galleggianti non semoventi;
- La terza fase porterebbe alla realizzazione di depositi fissi a terra (ad asse orizzontale o verticale).

Alla fine di tale processo, caratterizzato da CAPEX pari a circa 65-75 mln € e costi operativi annui compresi tra i 5,9 e i 6,5 mln di €, l'infrastruttura potrebbe avere una capacità complessiva di circa 20.000 m³. Sotto il profilo operativo, è previsto l'utilizzo della tecnologia Ship to Ship (STS) che permetterebbe l'approvvigionamento via mare e via terra da terminali di grosse dimensioni (come lo Snam di Panigaglia o quelli presenti a Marsiglia e Barcellona) tramite una Small Scale LNG Carrier che, raggiunto l'ormeggio attribuite, fungerà inizialmente da deposito galleggiante. La banchina che dovrebbe essere dedicata a tali operazioni presenta una lunghezza di circa 140 metri e un pescaggio di 5,90 metri, a fronte delle quali sarà possibile rifornire circa 50/100 cruise ship all'anno in 4/5 ore ciascuna (rifornimenti di 2.200 m³), 500 ro-ro vessels con rifornimenti di 3 ore ciascuno (da 500 m³) e 100 container vessels in 4/5 ore (1.500 m³).

4.4.3.4. Ipotesi progettuale di A.O.C Srl

A.O.C. Srl è un'impresa concessionaria dei servizi di raccolta e trattamento rifiuti che ha realizzato un impianto a GNL nell'area di Calata Oli Minerali destinato ad uso interno e dotato di relativa area di stoccaggio, motivo per cui ha ipotizzato un suo utilizzo anche per il rifornimento di navi da diporto all'interno del porto di Genova. Tale impianto, ad oggi operativo, occupa un'area di 100 m² all'interno del porto e presenta una capacità di stoccaggio di 60 m³; in relazione allo stesso non sono stati tuttavia previsti investimenti per permettere di offrire un servizio di bunkering. Per quanto concerne l'ambito operativo, l'impianto viene approvvigionato di GNL via mare, e il controllo delle procedure di riempimento e svuotamento del serbatoio avviene tramite telerilevamento che dispone l'invio di autocisterne per il riempimento del deposito. In questo particolare caso, sono stati posti dei vincoli alle operazioni di riempimento del serbatoio criogenico per assicurare un ottimale livello di safety & security, insieme alla redazione dei progetti di prevenzione incendi relativi ad impianti di distribuzione di tipo L- GNL, L-GNC E L-GNC/GNL per autotrazione. La principale criticità conosciuta fa riferimento all'estrema vicinanza al centro abitato (meno di 1.100 metri); mentre uno dei punti di forza

risiede nell'accessibilità autostradale e ferroviaria poiché l'impianto presenta distanze di rispettivamente di 1.000 metri e 500 metri dai principali collegamenti.

4.4.3.5. Ipotesi progettuale di ENI

Sfruttando la metodologia di ricerca on-line, descritta precedentemente, è stato poi individuato uno studio di fattibilità legato alla realizzazione di un terminal di bunkering di GNL nell'area portuale genovese (più specificatamente nella zona di Porto Petroli) realizzato dal gruppo Eni con costi di investimento pari a 15 milioni di € al fine di assicurare l'adeguamento degli impianti. Tuttavia, questa particolare soluzione risulta di difficile realizzazione per la vicinanza dello stabilimento di Fincantieri e del relativo piano che ne prevede un suo allargamento, per la forte vicinanza alla zona abitata e per le difficoltà di adattabilità dell'area interessata dall'intervento.

4.4.3.6. Ipotesi progettuale di PIR

Il Gruppo PIR (Petroliera Italo Rumena) ha mostrato interesse nella realizzazione di un terminal di bunkering GNL nell'area tra il Genoa Port Terminal e il Terminal Rinfuse Genova. Nello specifico, il progetto prevede la ricollocazione dei depositi attualmente ubicati in zona Muledo (a seguito del rilascio di una specifica concessione all'AdSP) a fronte di un investimento pari a 40 milioni di € per la realizzazione di nuovi depositi.

4.4.3.7. Ipotesi progettuale stazione di rifornimento mobile – Progetto GNL FACILE

In seguito alla realizzazione di una stazione di rifornimento di GNL, costituente uno dei principali obiettivi del progetto Interreg Marittimo ITA-FRA 1420 “GNL FACILE”, l'Autorità di Sistema del Mar Ligure Occidentale, ha ipotizzato un possibile sviluppo di mezzi di movimentazioni (quali ralle, gru, reach staker, locomotori) alimentati a GNL. In particolare, il progetto sopra citato prevede la costruzione di una stazione di rifornimento e di un serbatoio criogenico erogatore che consentiranno di rifornire i mezzi per l'autotrasporto stradale pesante e per gli eventuali mezzi operativi interni all'area portuale, nonché piccole imbarcazioni da diporto a GNL.

4.4.3.8. Ipotesi di Savona-Vado Ligure

Nonostante vi siano numerose ipotesi legate alla zona portuale di Genova, risulta necessario discutere brevemente alcuni profili connessi al GNL nell'ambito del porto di Savona – Vado Ligure soprattutto data l'importanza dello stesso nel settore crocieristico. In particolare, il 3 novembre 2019 è stata celebrata proprio nel porto di Savona la cerimonia di battesimo della nuova nave Costa Smeralda, la prima nave da crociera alimentata sia in porto sia in mare aperto a GNL. Proprio per questo motivo, e considerata la concessione estesa fino al 2044 a favore di Costa Crociere per l'uso degli spazi e dei servizi del porto di Savona, lo stesso dovrà adattarsi il più possibile alla nuova realtà e prevedere la realizzazione di infrastrutture che permettano il bunkeraggio del gas naturale liquefatto per rifornire le navi che arrivano nel porto.

4.4.4. Infrastrutture per il bunkering e lo stoccaggio di GNL nei porti della Toscana

Per quanto attiene alle infrastrutture della Toscana relative alla catena logistica del GNL, la mappatura ha interessato tre diverse ipotesi, già operative, autorizzate o in corso di autorizzazione. In particolare, la Tabella 27 riporta le ipotesi prese in esame, per cui si procede ad una descrizione sintetica nei sotto paragrafi successivi.

Tabella 27. Sintesi ipotesi progettuali - Toscana

Ipotesi progettuale	Localizzazione	Breve descrizione
FSRU Toscana	Livorno	Gestito da OLT Offshore LNG Toscana; capacità di rigassificazione: 3,75 mld m ³ ; struttura già operativa. Soluzione dei bunkering di GNL in ambito marittimo-portuale: studio di fattibilità.
Deposito costiero (Signal)	Livorno	Capacità di stoccaggio: 20.000 m ³ ; autorizzazione non ancora presentata.
Ipotesi progettuale Costiero GAS Livorno e Neri Vulcanigas Investimenti	Livorno	Gestito da Costiero GAS Livorno e Neri Vulcanigas Investimenti; capacità di stoccaggio: 9.000 m ³ ; autorizzazione non ancora presentata.

Fonte: ns. elaborazione

4.4.4.1. FSRU Toscana (OLT Offshore LNG Toscana)

In Toscana risulta già operativo il rigassificatore offshore FSRU Toscana gestito dalla società OLT Offshore LNG Toscana, avente capacità di rigassificazione di 3,75 mld di m³ e ormeggiato a circa 22 km dalla costa. Il progetto si è concretizzato nella conversione della nave metaniera “Golar Frost” in un terminale galleggiante di rigassificazione, a seguito di un lungo e complesso iter autorizzativo che ha permesso di iniziare i lavori di costruzione solo a dicembre 2009. Da un punto di vista tecnico-operativo, la FSRU Toscana risulta ancorata al fondale marino a circa 120 metri di profondità tramite 6 linee di ancoraggio installate in sito e collegata alla condotta sottomarina per il trasporto a terra del GNL rigassificato. Attualmente, a seguito di una richiesta al Ministero dell’Ambiente, OLT ha ottenuto l’autorizzazione necessaria a incrementare il limite di capacità delle navi che possono accostare al terminale in questione fino a 180.000 m³, mantenendo la capacità annua di rigassificazione massima autorizzata a 3,75 miliardi m³ di gas e ha provveduto a predisporre un progetto di adeguamento dell’infrastruttura per l’approvvigionamento primario della Catena SSLNG per il caricamento di piccole navi metaniere (sino a 90-120 m di lunghezza).

Per attuare il servizio di bunkeraggio risultano necessari alcuni interventi infrastrutturali rilevanti quali:

- Sistema di ormeggio per l’accosto in sicurezza delle SSLNGC sul fianco sinistro (port side) del Terminale FSRU;
- Modifica del sistema esistente di trasferimento (fianco sinistro) del GNL dal Terminale FSRU alle SSLNGC.

I CAPEX per tali interventi sono stimati in circa 5 mln di €, mentre i costi operativi ammontano a solo 1 mln di €. Da un punto di vista operativo, la tecnologia maggiormente adatta a questo tipo di intervento è la Ship-to-Ship, motivo per cui l’approvvigionamento di GNL avverrà solamente via mare con ricezione del carburante da navi metaniere e successiva caricazione sulle SSLNGC, che potranno a loro volta rifornire direttamente navi alimentate a GNL o portarlo presso depositi costieri. Il GNL stoccato nei depositi costieri potrà infine essere utilizzato per rifornire sia autobotti per la distribuzione terrestre che imbarcazioni alimentate a GNL.

Per quanto concerne infine il tema della sicurezza, OLT ha deciso di prendere come riferimento gli standard internazionali delle metaniere di taglia grande, pertanto anche le SSLNGC dovranno essere conformi agli standard OCIMF (Oil Companies International Marine Forum), ed in particolare per i sistemi di aggancio “manifold” saranno necessarie dotazioni di sistemi di sicurezza elettronici (ESD) in conformità con gli standard internazionali SIGTTO.

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 “Studio per un piano d’azione congiunto per il GNL in ambito portuale”

4.4.4.2. Deposito costiero di Livorno (Signal)

A fronte della somministrazione del questionario descritto nel precedente capitolo, l'AdSP del Mar Tirreno Settentrionale ha comunicato lo svolgimento di un'analisi delle possibili alternative per la realizzazione di un deposito costiero nel Porto di Livorno all'interno del progetto Interreg Italia Francia Marittimo Signal (Strategie Transfrontaliere per la valorizzazione del Gas Naturale Liquefatto). Nonostante non sia ancora stata scelta la localizzazione puntuale dell'infrastruttura è stata configurata l'ipotesi progettuale relativa alla stessa che avrà un terminal size pari a 30.000 m², una capacità complessiva dell'impianto di 20.000 m³ e una potenziale movimentazione di volumi annui a regime di 730.000 m³. In merito alla soluzione tecnologica maggiormente adatta a tale circostanza, sono in corso di analisi due tipologie particolari:

- Truck to Ship: caratterizzato dall'utilizzo di cisterne mobili provviste di pompe criogeniche sommerse per il rifornimento delle navi ormeggiate in banchina;
- Ship to Ship: caratterizzato dall'utilizzo di bettoline attrezzate con due bracci meccanici: uno per la mandata di GNL e uno per il ritorno del boil off.

L'approvvigionamento avverrà dunque sia via mare che via terra scontando però problematiche legate alla scarsa distanza dal centro abitato (circa 2.000 m) e alla poca vicinanza ad un punto di rifornimento merci su gomma (che dista 25 km dal porto).

4.4.4.3. Ipotesi progettuale di Costiero GAS Livorno e Neri Vulcanigas Investimenti

All'inizio del 2018 è stata costituita la newco Livorno Lng Terminal, partecipata dalla società Costiero Gas Livorno e da Neri Vulcangas Investimenti, con l'obiettivo di realizzare un deposito costiero all'interno del porto di Livorno al fine di consentire la ricezione e lo stoccaggio di GNL. L'approvvigionamento avverrà, in particolare, tramite navi gasiere e sarà successivamente distribuito nella rete interna attraverso autocisterne e bettoline per rifornire le stazioni di servizio stradali e le future navi alimentate a GNL in transito nel porto di Livorno. La localizzazione dello stesso è prevista in una posizione strategica all'interno del porto e nello specifico tra gli accosti 12 e 13, oggi adibiti allo stoccaggio di lattice di gomma per la società Neri.

Le caratteristiche tecniche del deposito evidenziano una capacità di stoccaggio iniziale stimata per circa 4.500 m³ che potrebbero arrivare a 9.000 m³ in una seconda fase; mentre i CAPEX ammontano a circa 50 mln di € co-finanziabili nell'ambito del programma Gain4Sea dalla Commissione Europea.

4.4.5. Infrastrutture per il bunkering e lo stoccaggio di GNL nei porti della Sardegna

Con riferimento all'isola della Sardegna, il processo di mapping delle infrastrutture relative alla catena logistica del GNL ha portato alla definizione di 5 diversi interventi da considerare (Tabella 28). A tal proposito, è stato rilevato il grande impegno della regione nella predisposizione di sistemi di offerta di bunkering in ambito marittimo portuale con accordi di estrema rilevanza come quello stipulato tra Assocostieri e l'AdSP della Sardegna finalizzato all'approfondimento di tematiche di natura strategica, politica, giuridica ed amministrativa legate all'uso del GNL come carburante marino.

A tal fine, nell'ambito delle attività connesse alla predisposizione del prodotto T2.1.3, anche il partner UNICA-CIREM ha svolto attività di ricerca on-line sui futuri sistemi di offerta per lo stoccaggio e il bunkering di GNL nei porti della loro area di riferimento, ovvero la Sardegna, presente all'interno dell'area obiettivo di progetto. In particolare, sono state analizzate in dettaglio le infrastrutture future e gli studi di fattibilità previsti nei porti di Cagliari, Oristano e Porto Torres.

Tabella 28. Sintesi ipotesi progettuali - Sardegna

Ipotesi progettuale	Localizzazione	Breve descrizione
Deposito costiero “Terminal Higas di Oristano”	Oristano	L’impianto è finalizzato a: ricevere il GNL da adeguate navi metaniere di medie dimensioni, scaricare lo stesso nello stoccaggio oggetto dell’iniziativa per essere poi successivamente utilizzato, prevalentemente in forma liquida, come combustibile per utilizzo industriale, terrestre e parzialmente come gas (GN) per essere distribuito nelle reti di gasdotti già parzialmente esistenti nella zona in oggetto. Dal punto di vista del dimensionamento, l’impianto ha un terminal size di 16.000 m ² e offre una capacità di stoccaggio complessivo di 9.079 m ³ . La capacità di movimentazione massima annua prevista è di 350.000 m ³ nel 2020.
Deposito costiero “Marine Terminal Oristano”	Oristano	Iniziativa di Edison, il progetto prevede la realizzazione di un deposito costiero di GNL caratterizzato da una parte a terra di 76.000 m ² e di 4.500 m ² a mare. L’impianto offre una capacità di stoccaggio complessivo di 10.000 m ³ e una capacità nominale annuale di stoccaggio prevista di 520.000 m ³ nel 2020.
Deposito costiero di IVI Petrolifera	Oristano	Il progetto prevede l’implementazione di una filiera che include l’approvvigionamento del GNL tramite navi metaniere, lo stoccaggio in impianto e la successiva distribuzione via terra mediante autocisterne e via mare tramite imbarcazioni (bettoline). Dal punto di vista delle dimensioni dell’infrastruttura, il terminal size previsto è di 30.000 m ² , permetterà uno stoccaggio volumetrico di circa 9.000 m ³ e la quantità annua movimentata sarà pari a un massimo di 60.000 m ³ di GNL.
Deposito costiero di ISGAS ENERGIT Multiutilities	Cagliari	Il progetto previsto si pone l’obiettivo di realizzare un terminal per il Gas Naturale Liquefatto nel Porto Canale di Cagliari, che possa garantire agli utenti civili e industriali della Sardegna la possibilità di utilizzare il gas come fonte energetica alternativa e che possa rappresentare un importante polo nell’area del Mediterraneo per il bunkering delle navi alimentate a GNL. Il progetto è stato autorizzato dal Ministero dell’ambiente e il soggetto gestore e realizzatore è rappresentato dalla società ISGAS ENERGIT MULTIUTILITIES S.P.A. i lavori non sono ancora iniziati, si prevede però di terminare il terminal nel 2020
Deposito costiero del Consorzio industriale provincia di Sassari	Porto Torres	Contemporaneamente al via libera per la realizzazione di un impianto di ricezione e distribuzione di GNL nell’area portuale di Oristano, nel luglio 2018 viene avviato l’iter per la creazione di un’altra infrastruttura per il GNL a Porto Torres grazie al parere favorevole del Comitato di gestione dell’Autorità del Sistema Portuale del Mare di Sardegna. Il CIP (Consorzio Industriale Provinciale) di Sassari ha rinnovato il proprio parere favorevole al progetto e ha già acquisito il Progetto di fattibilità tecnico economico, il rapporto preliminare di sicurezza, la valutazione ambientale strategica e il finanziamento dal Ministero dello Sviluppo Economico per la fornitura e la posa di tre bracci di carico e scarico.

Fonte: ns. elaborazione



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



4.4.5.1. Deposito costiero “Terminal Higas di Oristano” di Higas

Il Terminal Higas di Oristano è un impianto di stoccaggio di GNL sotto la della società Higas Srl dal 2018. Esso è finalizzato a ricevere il GNL da navi metaniere di medie dimensioni al fine di scaricare lo stesso nello stoccaggio oggetto dell’iniziativa per essere poi successivamente impiegato come combustibile per utilizzo industriale, terrestre e parzialmente come gas (GN) per essere distribuito nelle reti di gasdotti in parte già presenti nella zona esaminata. Dal punto di vista delle specifiche tecniche, l’impianto è caratterizzato da una dimensione di 16.000 m² e da una capacità di stoccaggio complessiva di 9.079 m³.

Il suo funzionamento operativo prevede la caricazione dell’impianto attraverso una metaniera di piccola taglia (con capacità tra i 5.000 e 7.000 m³) al fine di produrre outputs per le utenze liquide e gas. In particolare:

- Liquide quali il carico di GNL in autocisterne per successivo trasporto capillare su gomma e il carico di GNL su Bunker Vessel per finalizzare il suo utilizzo come combustibile navale;
- Gas: GN verso utenti finali nella zona industriale e nelle potenziali utenze civili di Oristano con bettoline da 1.000 m³ e una soluzione tecnologica Ship to Ship (STS).

Per quanto concerne il profilo di Safety & Security, l’impianto è dotato di un sistema di sicurezza “fail safe” di tipo ESD che identifica, segnala, previene e gestisce le condizioni di pericolo e/o di emergenza in maniera del tutto autonoma e predefinita al fine di ripristinare le condizioni di sicurezza dell’impianto. Inoltre, gli attracchi per il bunkering saranno di tipo offshore mentre lo scarico/carico del GNL sarà all’interno del porto in una banchina avente lunghezza di 200 metri e pescaggio di 10 metri. La presa in esame delle criticità legate alla distanza dal centro abitato ha rilevato una vicinanza alla città di Oristano, localizzata ad una distanza minima di circa 3.1 km a Nord-Est e di Santa Giusta, ubicata a circa 3.5 km ad Est; mentre in merito all’accessibilità la distanza dal tessuto stradale è di circa 5 km e quella dalla linea ferroviaria Cagliari-Golfo Aranci Marittima è pari a 6 km.

4.4.5.2. Deposito costiero “Marine Terminal Oristano” di Edison

Il deposito costiero progettato dalla società Edison S.p.A è destinato a usi multipli (civile, industriale, bunkering) e prevede la fine dei lavori nel 2020. Il dimensionamento dello stesso vedrà una parte a terra di circa 76.000 m² e una a mare di 4.500 m² con capacità complessiva di 10.000 m³. Esso sarà suddiviso nelle aree funzionali di:

- Attracco e trasferimento del GNL (lunghezza complessiva di 185 metri);
- Deposito del gas naturale liquefatto;
- Controllo per la supervisione e la gestione del deposito costiero;
- Carico delle autocisterne.

La fase di approvvigionamento verrà svolta mediante navi gasiere o metaniere di piccola taglia con caratteristiche analoghe a quelle attualmente impiegate e una capacità compresa tra i 7.500 e i 15.600 m³, mentre la distribuzione del GNL avverrà via mare attraverso bettoline. Considerate le condizioni operative dell’impianto, la soluzione tecnologica più efficiente nell’ambito delle operazioni di rifornimento delle navi è la Ship to Ship (STS); mentre in merito al profilo di Safety & Security è stato individuato come più funzionale un sistema ESD che coadiuverà il sistema di controllo distribuito (DCS) per intervenire nel caso di malfunzionamento o errore operativo, garantendo la messa in sicurezza dell’impianto. Inoltre, anche in questa ipotesi è prevista la dotazione dell’impianto di un sistema di rilevazione gas, incendi, perdite, di un sistema di allarme atto a minimizzare i rischi e i danni

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 “Studio per un piano d’azione congiunto per il GNL in ambito portuale”



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



derivanti da perdite di gas e incendi e di un sistema di depressurizzazione di emergenza, che espletterà le funzioni di garanzia dell'integrità del contenimento del serbatoio coinvolto nell'evento e dei due serbatoi ad esso adiacenti.

Considerando le sole funzioni di bunkering, va specificato che gli attracchi saranno offshore; mentre per quanto concerne le operazioni di carico/scarico del gas all'impianto, gli stessi saranno localizzati in banchina all'interno del porto (avente lunghezza di 185 metri e pescaggio di 11 metri). Il centro abitato più vicino all'area identificata è rappresentato dalla città di Oristano localizzata a circa 3.1 km a Nord-Est. Risulta infine garantito un buon livello di accessibilità per il rifornimento del terminal ai mezzi di trasporto su gomma (la cui area dista solo 1 km dal varco portuale); mentre la linea ferroviaria più vicina, Cagliari-Golfo Aranci Marittima, dista 6 km.

4.4.5.3. Deposito costiero di IVI Petrolifera

Il progetto delineato da IVI Petrolifera, si concretizza nell'implementazione di una filiera che include l'approvvigionamento del GNL tramite navi metaniere, lo stoccaggio in impianto e la successiva distribuzione via terra mediante autocisterne e via mare tramite imbarcazioni (bettoline). La dimensione prevista è di 30.000 m², che porterà ad una quantità annua movimentata pari a un massimo di 60.000 m³ di GNL. La fase di approvvigionamento vedrà l'utilizzo di navi gasiere di piccola taglia, mentre la distribuzione potrà essere effettuata mediante autocisterne di capacità di circa 50 m³ e mediante bettoline di capacità pari a 500 m³, mentre la tecnologia di bunkeraggio utilizzata sarà la Ship to Ship (STS), che prevede il rifornimento della nave alimentata a GNL attraverso l'impiego di una chiatta o altro tipo di nave che affiancherà il vessel da rifornire. Il trasferimento del GNL, poi, sarà effettuato tramite un braccio di carico per la fase liquida caratterizzato da un diametro di 8", mentre il carico delle bettoline vedrà coinvolte 3 pompe di rilancio. Il carico di GNL su autocisterne, inoltre, ha comportato la previsione di 2 baie di carico alimentate da una delle tre pompe di trasferimento.

Anche in questo caso è prevista una suddivisione in aree funzionali come segue:

- Un'area di attracco e trasferimento del GNL;
- Un'area di deposito del GNL;
- Un'area di carico delle autocisterne.

Gli essenziali adempimenti inerenti il profilo di Safety & Security saranno espletati mediante dispositivi di sgancio rapido dei bracci di scarico, sistemi di controllo del caricamento di GNL nel serbatoio, nonché mediante l'adozione di materiali adeguati al servizio criogenico. L'impianto sarà dotato di un sistema di arresto di emergenza ESD e di diverse tipologie di rilevatori di fiamma, gas, e temperatura (alta e bassa).

Inoltre, la tipologia di attracchi finalizzati al bunkering di GNL saranno offshore, mentre lo scarico e il carico di GNL dalle navi metaniere all'infrastruttura sfrutterà uno spazio di banchina all'interno del porto (con lunghezza di 190 metri e pescaggio permesso di 11,5 metri). Le principali criticità da rilevare fanno infine riferimento alla vicinanza con il centro abitato di Oristano a circa 3.1 km a Nord-Est, l'impossibilità di utilizzare la tecnologia Truck to Ship (TTS) a causa del contesto di accessibilità stradale e la distanza elevata dalla rete ferroviaria pari a circa 6 km. Positiva invece la poca distanza tra le aree di attracco delle navi e la localizzazione dei depositi, pari a circa 800 metri.

4.4.5.4. Cagliari

Nell'area del porto Canale di Cagliari è prevista la realizzazione di un terminal GNL per usi multipli con l'obiettivo di garantire agli utenti civili e industriali della Sardegna la possibilità di utilizzare il gas

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale"



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



come fonte energetica alternativa. Tale progetto è stato autorizzato dal Ministero dell'ambiente e verrà sviluppato dalla società ISGAS ENERGIT MULTIUTILITIES S.P.A. con termine dei lavori previsto per il 2020.

Per quanto riguarda le dimensioni di impianto, le previsioni delineano un'estensione di circa 69.500 m² con capacità di stoccaggio complessiva di 22.068 m³.

L'approvvigionamento dello stesso verrà svolto con navi gasiere di piccola taglia e l'intero impianto di rigassificazione alimenterà non solo le navi alimentate a GNL ma anche le reti di distribuzione già esistenti a Cagliari. In questo specifico caso, le soluzioni tecnologiche adottabili sono la TTS, la STS e la Port to Ship (PTS) chiamata anche Terminal to Ship in cui il gas naturale liquefatto è trasferito direttamente da una piccola unità di stoccaggio, una piccola stazione o un terminale di importazione o esportazione alla nave alimentata a GNL. Da un punto di vista operativo, il progetto ha delineato procedure che prevedono l'arrivo di navi gasiere di piccola taglia che ormeggeranno presso la banchina dedicata, e trasferiranno ai serbatoi il GNL attraverso bracci di carico con la possibilità di svolgere simultaneamente le operazioni di carico delle autocisterne e quelle di scarico di metaniere o bunkeraggio.

Il layout del terminal è poi distinto in sette macro-zone corrispondenti a:

- Un'area di carico e scarico di gas naturale liquefatto;
- Un'area di stoccaggio e pompaggio di GNL;
- Un'area ospitante i vaporizzatori;
- Un'area adibita alle baie di carico delle autocisterne;
- Un'area in cui avviene la gestione dei Boil-Off-Gas (BOG);
- Un'area torcia;
- Un'area preposta alla filtrazione, misura e odorizzazione del gas metano.

Anche in questo caso si predilige un sistema di arresto di emergenza ESD e uno di controllo distribuito DCS insieme a un sistema di depressurizzazione automatica di emergenza. Va poi specificato che la tipologia degli attracchi è rappresentata dalla banchina all'interno del porto, o, per garantire il bunkering alle navi aventi un pescaggio superiore, la possibilità di rifornimento offshore.

La distanza dal centro abitato di Cagliari è di circa 2 km, mentre l'adeguata accessibilità è garantita da una distanza con il varco portuale di circa 1,4 chilometri dal punto di attracco per il bunkeraggio navale. L'accessibilità gode dei vantaggi legati alla poca distanza dalla viabilità principale (SS 195) e dalla stazione ferroviaria di Cagliari.

4.4.5.5. Porto Torres

Nel 2018 è stato avviato l'iter per la progettazione e la conseguente realizzazione di un'infrastruttura per il GNL a Porto Torres grazie al parere favorevole del Comitato di gestione dell'Autorità del Sistema Portuale del Mare di Sardegna. Le operazioni necessarie risultano essere in capo al Consorzio Industriale Provinciale (CIP) di Sassari che ha rinnovato il proprio parere favorevole al progetto e ha già acquisito la documentazione disponibile. Grazie inoltre alle informazioni riportate nel questionario compilato dall'Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sardegna, sono stati raccolti ulteriori importanti dati a completamento dell'analisi dedicata al progetto quali la disponibilità dell'Autorità Portuale di Olbia e Golfo Aranci nell'ambito dello stesso che ha ricevuto un parere favorevole per la concessione demaniale marittima da parte delle Autorità competenti.



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



4.4.6. Infrastrutture per il GNL in Francia: lo stato dell'arte

A seguito della presa in esame dello stato dell'arte delle infrastrutture per il GNL presenti o in progettazione in Italia, è parso necessario svolgere le medesime operazioni per le altre aree di progetto tra cui la Francia. In particolare, la Chambre de Commerce et d'Industrie du Var, partner del progetto, ha attivato le attività di ricerca nella sua zona di riferimento, la Region PACA (Provenza-Alpi-Costa Azzurra), al fine di individuare le infrastrutture esistenti e le ipotesi progettuali per il bunkering e lo stoccaggio di GNL in ambito marittimo portuale. A tal fine, il partner di progetto ha proceduto allo svolgimento della mappatura dei progetti in Francia individuando sia i terminali esistenti che quelli in corso di realizzazione/in fase progettuale. Tale studio ha evidenziato la presenza di 4 terminal dedicati al GNL già operativi (nell'area della Region PACA, a Dunkerque e Montoir). Le attività di online research sono state coadiuvate da indagini dirette tramite contatti telefonici con i principali responsabili dei porti e di progetto.

4.4.7. Infrastrutture per il bunkering e lo stoccaggio di GNL nei porti della Region PACA

4.4.7.1. Terminal méthanier de Fos-Tonkin

L'avvio delle operazioni di costruzione del Terminal méthanier de Fos-Tonkin risalgono al 1972 grazie ad una collaborazione con l'Algeria, con l'obiettivo di ricevere in grandi quantità il gas algerino che alimenta le regioni nel centro della Francia e la regione di Parigi. L'impianto è oggi operativo, viene gestito dalla società Elengy, e, sulla base dell'accordo stipulato dalle due nazioni fa sì che le navi provenienti dall'Algeria scarichino il GNL nel porto di Fos-sur-Mer attraverso gli attracchi presenti sul pontile all'interno del porto. Il dimensionamento dell'infrastruttura è tale da presentare una capacità di stoccaggio complessiva di 150.000 m³ attraverso i 3 serbatoi esistenti, e al fine di poter rispondere alla crescente domanda, lo stesso si è dotato di una seconda baia di caricamento in funzione da aprile 2019 che gli permette di offrire ben 34 slot di carico al giorno e una capacità di quasi 9.000 carichi all'anno. Per quanto concerne eventuali criticità operative, va segnalato il fatto che tale infrastruttura non presenta particolari problematiche di raggiungibilità stradale, né rischi elevati connessi alla vicinanza al centro abitato (distante 6 km). Infine, va specificato che il terminal ha un posizionamento ideale come base per una piattaforma multimodale per il trasporto di GNL (ferroviario, stradale, fluviale, marittimo) senza particolari difficoltà e risulta essere completamente integrato nel contesto locale.

4.4.7.2. Terminal méthanier de Fos-Cavaou

Il Terminal méthanier de Fos-Cavaou diventa operativo nel 2010, appartiene alla società Fosmax LNG ed è gestito dalla società Elengy. Le caratteristiche tecniche del terminal evidenziano la possibilità di far attraccare navi da 15.000 m³ a 267.000 m³ (c.d. Q-Max), a differenza del precedente terminal che arresta le sue capacità a 75.000 m³. La capacità di rigassificazione è di 8,25 miliardi di m³ di gas per anno, garantendo quasi il 20% del fabbisogno di gas naturale liquefatto in Francia. Considerato il crescente fabbisogno, le società che gestiscono il sovra citato terminal hanno deciso di procedere ad un adattamento dello stesso allo svolgimento di servizi di bunkering small scale realizzato tramite la tecnologia Ship to Ship (STS) a fronte di un investimento di circa 3 milioni di euro, che andrà ad adattare i bracci di carico per consentire il collegamento di navi più piccole e provvederà ai conseguenti adattamenti infrastrutturali. Tramite il suddetto adattamento, potrà essere introdotta un'innovazione di rilievo legata alla possibilità di sviluppare una particolare logistica di GNL al fine di servire le navi ferries in un primo tempo, e, successivamente, le navi da crociera, i traghetti stessi e le porta container mediante la realizzazione di uno o più bettoline.



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Una delle principali criticità del terminal in oggetto risiede nella vicinanza al centro abitato di Fos-sur-Mer distante soli 5 km; mentre l'accessibilità stradale è garantita dalla vicina strada nazionale N568 che unisce la strada nazionale N113 all'autostrada A55 garantendo un elevato livello di accessibilità al terminal per il rifornimento di gas naturale liquefatto stradale.

4.4.7.3. Toulon

Nella zona a ovest del porto di Toulon, si colloca il sito La Seyne Brégaillon, dedicato soprattutto al traffico Ro-Ro e costituito da due terminali e una zona industriale e tecnologica. Tale infrastruttura vanta un'ottima accessibilità sia stradale che ferroviaria poiché offre un accesso diretto della ferrovia nel porto; aspetti estremamente positivi vista l'esistenza di un progetto per la realizzazione di un'infrastruttura dedicata alle operazioni di bunkering e stoccaggio di GNL presso il Terminal Commerce de Brégaillon i cui lavori dovrebbero svilupparsi lungo l'orizzonte temporale tra il 2021 e il 2026.

4.4.8. Infrastrutture per il bunkering e lo stoccaggio di GNL nei porti della Corsica

Come nel caso francese, anche in merito alla presa in esame delle principali infrastrutture di GNL della Corsica, il corrispondente partner di progetto, l'Office des Transports de la Corse, ha provveduto alla raccolta di informazioni relative allo sviluppo del GNL come carburante alternativo in ambito marittimo-portuale. Tale regione, per mantenere la sua attrattività e la sua posizione competitiva nella zona del Mediterraneo, dovrà adattarsi alla crescente necessità di infrastrutture per le operazioni di bunkering e stoccaggio del GNL. Molti degli armatori che operano in Corsica, infatti, stanno commissionando navi che saranno alimentate a GNL e, in particolare, due delle principali compagnie corse, Corsica Ferries e La Méridionale hanno lanciato progetti legati rispettivamente all'aumento della flotta (con due nuove navi a GNL) e al soddisfacimento delle esigenze energetiche delle navi ancorate nei porti della Corsica utilizzando il GNL. In quest'ultimo caso, è stata avviata una sperimentazione nella zona di Ajaccio atta a prevedere il trasporto e lo stoccaggio di GNL nel porto, che viene poi utilizzato al fine di alimentare i gruppi elettrogeni. Infine, è stato realizzato nella regione della Corsica, anche uno studio in merito ad un rigassificatore galleggiante al largo di Lucciana e uno studio relativo ad un gasdotto.

4.4.9. Considerazioni complessive sullo stato attuale e prospettico delle infrastrutture per il bunkering e lo stoccaggio di GNL nei porti dell'Area Obiettivo.

Sulla base dei dati pervenuti tramite le due tipologie di ricerca utilizzate ("on line research" e "on-field research"), i partner di progetto hanno provveduto alla realizzazione di un database analizzando per ciascuna infrastruttura esistente o in progetto all'interno dell'area obiettivo, differenti aspetti relativi ai profili progettuali, gestionali, tecnico-operativi, di governance e di finanziamento dell'infrastruttura, al fine di favorire lo sviluppo di un piano integrato e coordinato per la diffusione del GNL all'interno dell'Area Obiettivo.

In particolare, i suddetti dati sono stati esaminati sotto differenti profili di seguito puntualmente descritti e riconducibili a:

- Profili spaziali e temporali;
- Iter autorizzativi e stato infrastrutturale;
- Investimenti e soggetti coinvolti;
- Tecnologie per il bunkering e lo stoccaggio;
- Alimentazione dell'impianto e possibili collegamenti;

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale"



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



– Accessibilità dell'infrastruttura.ù

4.4.9.1. *Profili spaziali e temporali connessi ai sistemi di offerta dei servizi di bunkering*

Per quanto attiene al profilo spazio-temporale, i dati raccolti e ivi inseriti corrispondono a: Nazione, Città, Porto; Data di avvio cantieri; Data di chiusura cantieri; Tempo di costruzione (mesi). A partire dagli stessi, è stato possibile osservare una distribuzione geografica visibile nella Figura 29 che ha dunque evidenziato una prevalenza di infrastrutture in particolare nelle zone della Liguria, della Sardegna e della Region PACA.

Figura 29. Ripartizione spaziale infrastrutture esistenti o in progetto nell'Area Obiettivo



Fonte: ns. elaborazione

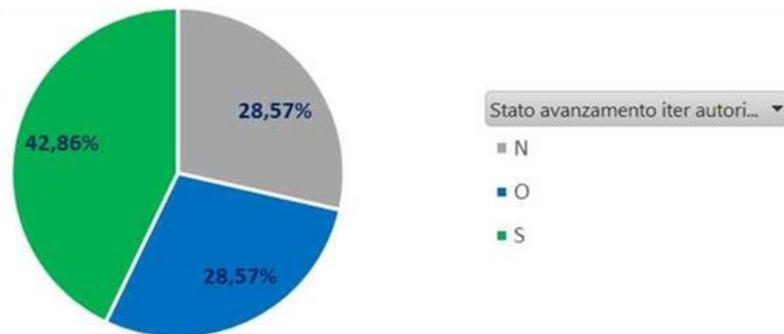
In merito invece all'effettiva operatività degli interventi infrastrutturali o ai tempi di completamento dei progetti avviati, si è notato come gli unici terminal ad aver concluso i lavori e ad essere effettivamente operativi siano: Panigaglia, Fos-Tonkin e Fos-Cavaou (in funzione già da molti anni), e il terminal di rigassificazione per usi interni della società A.O.C. Srl terminato nel 2018. La restante parte risulta ancora in costruzione/in iter autorizzativo oppure non è risultato possibile fare previsioni temporali adeguate e supportate dai dati forniti.

4.4.9.2. *Iter autorizzativo e conseguente stato infrastrutturale*

Considerata l'elevata quantità di interventi siti ancora all'interno delle attività di espletamento delle procedure autorizzative, un importante profilo da analizzare è quello inerente proprio lo stato autorizzativo e il conseguente stato infrastrutturale dei progetti presi in esame. In particolare, è stata condotta un'analisi di tipo comparativo al fine di meglio comprendere quale fosse lo stato avanzamento dell'intero iter, che ha evidenziato come quasi la metà degli interventi esaminati (il 42,86%) abbia ottenuto l'autorizzazione finale necessaria per procedere alle operazioni di costruzione dell'infrastruttura (Figura 30).



Figura 30. Stato avanzamento iter autorizzativo



Fonte: ns. elaborazione

La restante parte si distingue in quelle ancora in attesa di valutazione (parte in azzurro della figura) che comprendono il deposito costiero di ISGAS ENERGIT Multiutilities (Cagliari), il Marine Terminal Oristano (Edison), il Deposito costiero di IVI Petrolifera e l’Ipotesi progettuale di Ottavio Novella S.p.A che presenta uno stato infrastrutturale “Pianificato (preliminary)”; e quelle per cui non è ancora stata presentata richiesta tra cui figurano l’Ipotesi progettuale di F.II Cosulich Spa, il Deposito costiero Livorno (Signal), il Consorzio Industriale provincia di Sassari (Porto Torres) e l’Ipotesi progettuale nel Porto di Toulon, tutte in uno stato infrastrutturale “Pianificato (preliminary)”.

4.4.9.3. Investimenti e soggetti coinvolti

A seguito della presa in esame di profili più descrittivi legati soprattutto alla localizzazione delle infrastrutture e allo stato avanzamento dei corrispondenti iter, è parso necessario procedere ad un’analisi dei CAPEX che i soggetti coinvolti hanno investito o devono ancora investire. In molteplici casi è emersa una coincidenza tra il soggetto gestore e il soggetto realizzatore dell’intervento e poiché l’ammontare degli investimenti costituisce un dato sensibile, non è stato possibile effettuare un’analisi che comprendesse tutti gli interventi oggetto di studio. Nonostante ciò, sulla base dei dati a disposizione dei partner di progetto, è possibile affermare che l’ammontare complessivo degli investimenti oscilla tra 2,5 e 75 milioni di €.

4.4.9.4. Tecnologie per il bunkering e lo stoccaggio

Come riportato nei precedenti paragrafi sono poi state incluse informazioni legate alla tecnologia adottata o prevista per effettuare il rifornimento di GNL (colonne “Tecnologie impiegate”, “Capacità di rifornimento – Type/Timing” del database). In particolare, le ricerche condotte si sono focalizzate su quattro configurazioni principali e in linea con l’approccio dell’EMSA:

- Port to Ship (PTS) e Terminal to Ship (TPS);
- Truck to Ship (TTS);
- Ship to Ship (STS);
- Mobile Fuel Tanks.

Nell’ambito delle diverse infrastrutture analizzate, i risultati hanno evidenziato che ben 10 (su 14 totali) prevedono l’utilizzo della tecnologia STS mentre per il momento, non sono ancora state identificate le tecnologie da adottare per le ipotesi progettuali del deposito costiero di Sassari, della società A.O.C Srl e per il Porto di Toulon nonché il tipo di adattamento per il terminal di Fos-Tonkin. Per quanto concerne invece la tipologia di navi da rifornire e il tempo necessario allo svolgimento delle operazioni, è stato possibile approfondire le variabili in oggetto nei casi del deposito costiero del Porto Canale di Cagliari

TDI RETE-GNL



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



in cui le pompe per il rifornimento alle navi sono dimensionate sulla massima capacità di rifornimento delle imbarcazioni per 250 m³/h; dei depositi Marine Terminal Oristano e Terminal Higas di Oristano in cui si prevede un rifornimento di bettoline da 1.000 m³ e, infine del deposito costiero di IVI Petrolifera caratterizzato dall'espletamento delle operazioni di bunkering in riferimento a bettoline con una capacità minore di 500 m³. In tal senso, risulta più articolata la situazione progettuale dei F.II Cosulich S.p.A e di Ottavio Novella S.p.A che invece, prevederanno il rifornimento di ben tre tipologie di navi corrispondenti a cruise ships, ro-ro vessels e container vessels con tempistiche stimate in 3/5 ore per tutte e tre.

4.4.9.5. Alimentazione dell'impianto, collegamenti e approvvigionamenti

Il profilo esaminato successivamente fa poi riferimento all'alimentazione dell'impianto, ai collegamenti e agli approvvigionamenti dello stesso, motivo per cui, all'interno del database più volte richiamato, sono state esaminate le informazioni rese disponibili con riferimento alle modalità di carica, stoccaggio, immissione di GNL e erogazione del bunkering.

Dalla presa in esame dei suddetti dati, emerge che i terminal di rigassificazione ad oggi operativi presentano una capacità di stoccaggio ben più alta dei depositi di bunkering in programma con cifre che variano dai 330.000 m³ del terminal di Fos Cavaou ai 20.000 m³ dell'ipotesi progettuale del deposito di Livorno sino ai soli 60 m³ del progetto di A.O.C. Srl.

4.4.9.6. Accessibilità all'infrastruttura

L'ultimo profilo che risulta di estrema importanza soprattutto ai fini dello svolgimento delle operazioni di carico scarico e di bunkering è il livello di accessibilità sia per quanto concerne i collegamenti stradali che quelli ferroviari motivo per cui, come evidenziato nei singoli casi brevemente esaminati delle parti precedenti della suddetta scheda (e approfonditi all'interno dei singoli paragrafi del prodotto T2.1.3) ogni infrastruttura è stata valutata anche da questo punto di vista. In particolare, si è proceduto a inserire nel database informazioni legate a:

- Distanza dai centri urbanizzati (dal centro città);
- Distanza dai centri urbanizzati (dal punto di confine più vicino della città);
- Livello di accessibilità per il Bunkeraggio con veicoli stradali;
- Livello di accessibilità del terminal rifornimento GNL stradale;
- Livello di accessibilità ferroviario;
- Livello di accessibilità stradale.

Per alcune delle ipotesi progettuali non è stata indicata la futura localizzazione, dunque non è stato possibile valutarne le potenzialità e/o criticità in tal senso. Nello specifico si tratta delle ipotesi in fase preliminare di F.II Cosulich S.p.A, Ottavio Novella S.p.A, deposito costiero nel Porto di Porto Torres e deposito costiero nel Porto di Toulon. La distanza dal centro abitato nell'ambito delle infrastrutture già predisposte o per lo meno la cui localizzazione futura è stata definita, varia in un range tra 1.1 km nel caso del terminale privato di A.O.C. e ben 25 km del rigassificatore galleggiante di FSRU Toscana.

Per quanto concerne i livelli di accessibilità stradale, è emerso che l'infrastruttura con la maggiore criticità in tal senso è quella di Panigaglia per cui l'unico collegamento con la città è costituito dalla strada provinciale; mentre al contrario, le ipotesi di Cagliari, Fos-sur-Mer, Fos-Tonkin e Fos-Cavaou sono dotate di collegamenti ben definiti ed estremamente alla rete stradale.



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Infine, in merito all'accessibilità ferroviaria si segnala la permanenza della criticità sopra riportata per Panigaglia anche a livello ferroviario (dista ben 7,2 km dalla stazione di La Spezia), nonché la situazione molto positiva del terminal privato di A.O.C. Srl che si trova a soli 500 metri dalla rete.

4.5. Business cases e best practices nei porti del Mediterraneo

Il DB sviluppato dal partenariato presenta una copertura geografica delle infrastrutture esaminate nell'ambito della mappatura che è assai più significativa di quanto inizialmente previsto a formulario (senza aggravii di costi per il progetto). Tale scelta è stata funzionale al fine sviluppare uno strumento analitico di dettaglio atto a monitorare il sistema infrastrutturale per il bunkering e lo storage di GNL in ambito marittimo portuale nel Mediterraneo considerando anche le realtà portuali della sponda sud.

Ciò peraltro ha consentito lo sviluppo di importanti iniziative di networking e di collaborazione nell'ambito del progetto di TDI RETE-GNL con il Gruppo Tecnico WestMED sui temi del "Sustainable Transport/Green Shipping" da cui stanno gemmando opportunità di capitalizzazione e disseminazione ulteriore dei risultati del Progetto.

In particolare l'ultimo capitolo della versione finale del Prodotto T2.1.3 (a cui si rimanda per una visione di dettaglio) riporta ed esamina una serie di business cases rilevanti che riguardano

- Italia (Fuori dall'Area di Programma): vengono esaminati i casi dei porti di Venezia, Ravenna, Gioia Tauro, Rovigo, Napoli, Crotone e Augusta
- Francia (Fuori dall'Area di Programma): vengono esaminati i casi di studio relativi alla infrastrutture per il GNL di Dunkerque e Montoir-de-Bretagne
- Spagna: sono contemplati le case histories relative alle facilities per il GNL nei porti di Bilbao; Barcellona Sagunto, Cartagena, Huelva, Mugaros.
- Area MENA (Middle-East-Nord-Africa): nel prodotto T.2.1.3 per le motivazioni indicate all'interno del documento stesso e richiamate nella scheda di sintesi di prodotto vengono considerati anche casi di studio a livello di specifiche nazioni o di singoli porti di riferimento (Bahrain, Ain Sokhna, Haifa, Aqaba, Mina Al Ahmadi, Al-Zour, Libano, El Jadida - porto di Jorf Lasfar, Ruwais, Jebel Ali, Fujairah, Al Hamriyah.

Si rimanda alla versione completa del Prodotto T2.1.3 per un esame di dettaglio di tutti i dati e le informazioni comprese nel DB. Il dataset e le attività di ricerca condotte potrebbero validamente essere capitalizzate in futuro per realizzare un Osservatorio Permanente delle infrastrutture per il GNL in ambito marittimo-portuale in relazione all'Area di Programma ma anche con un'accezione e una copertura geografica di più ampio respiro che consideri l'Italia e la Francia nel loro complesso o l'intera area geografica riconducibile al Mediterraneo. Dette ipotesi si valorizzazione degli output di ricerca hanno infatti trovato un possibile strumento attuativo per il futuro nell'ambito del Tavolo carburanti alternativi promosso dalla Regione Liguria e dalle CCIAA di Genova e della Riviera a cui il CF (UNIGE-CIELI) partecipa a seguito di formale sottoscrizione del relativo Protocollo attuativo.

5. SCHEDA DI SINTESI DEL PRODOTTO T2.2.1 (“LINEE GUIDA PER LA LOCALIZZAZIONE E DIMENSIONAMENTO DI IMPIANTI/DEPOSITI PORTUALI DI GNL”)

Il Prodotto T2.2.1, ha previsto la partecipazione dei seguenti partner di progetto (e relativi consulenti esterni), in linea con il formulario di progetto:

- P1/CF (UNIGE-CIELI): definizione del framework dell’elaborato; assegnazione delle attività di realizzazione dell’elaborato medesimo al consulente esterno Università degli Studi di Udine (UNIUD) consulente del capofila, in virtù del contratto per lo svolgimento di attività di ricerca tecnico-ingegneristiche relative all’impiego di GNL nel settore marittimo e portuale nell’ambito del Progetto Europeo INTERREG ITA-FRA Marittimo 1420 “Tecnologie e Dimensionamento di Impianti per la RETE di distribuzione primaria di GNL nei porti dell’area transfrontaliera”; esame e integrazione del report predisposto dal consulente esterno; realizzazione della scheda di sintesi del prodotto.
- P2 (UNUPI); P3 (UNICA); P4 (OTC); P5 (CCIVAR): supporto al CF nella definizione del framework dell’elaborato; validazione dell’indice del prodotto; esame e fine-tuning della versione finale dell’elaborato.

Tanto premesso, si precisa quindi che tutte le sezioni comprese nel prodotto T2.2.1 sono da imputare all’Università degli Studi di Udine (UNIUD) consulente esterno del CF.



5.1. Finalità del prodotto T2.2.1

Il prodotto T2.2.1 “Linee guida per la localizzazione e dimensionamento di impianti/depositi portuali di GNL”, incluso nel progetto TDI RETE-GNL nell’ambito del programma Interreg Italia-Francia Marittimo 2014-2020, è volto a definire alcune linee fondamentali di indirizzo in merito alle problematiche attinenti alla localizzazione e al dimensionamento di impianti e depositi portuali di GNL, nei porti dell’Area Obiettivo ovvero Liguria, Toscana, Sardegna, Corsica e Région PACA, anche in considerazione delle specificità potenzialmente connesse alle diverse opzioni tecnologiche disponibili.

La finalità del prodotto, in particolare, è quella di identificare un quadro concettuale funzionale all’assunzione di decisioni di progettazione infrastrutturale che risultino corrette in merito alla localizzazione e al dimensionamento di impianti per il bunkering e lo stoccaggio di GNL in ambito marittimo-portuale.

5.2. Aspetti introduttivi

5.2.1. Il quadro normativo di riferimento

Gli obiettivi posti dalla Comunità Europea, predisposti a partire dalla direttiva 2014/94/EU e riproposti nella Strategia Energetica Nazionale (SEN) che mirano a sviluppare la rete di distribuzione ed utilizzo di GNL, sono finalizzati ad assicurare che, entro la fine rispettivamente del 2025 e del 2030, sia disponibile una rete centrale di punti di rifornimento per il GNL per le navi che operano nei porti marittimi e nei porti della navigazione interna. La realizzazione dell’intera rete comporta la predisposizione e lo sviluppo di terminali, serbatoi e container mobili di GNL nonché navi e chiatte cisterna, per non parlare della selezione della localizzazione/ubicazione dei punti di rifornimento per il GNL nei porti, sulla base di un’analisi costi-benefici, inclusa una valutazione dei benefici per



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



l'ambiente. Secondo la medesima direttiva, il GNL potrebbe rispondere agli obblighi che prevedono di rendere sempre più disponibile tale combustibile alternativo lungo le principali direttrici europee a valenza internazionale, e in particolare lungo le reti TEN-T, producendo con ciò una sensibile riduzione delle emissioni delle flotte e realizzando consistenti benefici ambientali.

5.2.2. Considerazioni tecniche sull'utilizzo come combustibile navale

L'impiego del GNL come combustibile alternativo per la propulsione navale può supportare il superamento dei prodotti energetici caratterizzati da un impatto ambientale complessivamente più significativo, determinando effetti positivi non solo sul piano dell'agevolazione del raggiungimento degli obiettivi di riduzione dell'impatto derivante dalla presenza di zolfo nei carburanti (in linea con gli obiettivi posti dalla Direttiva europea 2012/33/UE, recepita in Italia con il D.Lgs. n.112/2014) ma anche sul piano della diffusione dell'impiego di combustibili alternativi nel settore dei trasporti (in conformità con la Direttiva 2014/94/UE, nata nell'ambito del pacchetto "Clean Power for Transport", messo a punto dalla CE).

Trasportato via mare in forma liquida (liquefatto a temperatura criogenica per renderlo più leggero e meno ingombrante) mediante navi metaniere, il GNL, una volta giunto a destinazione, viene scaricato presso impianti di stoccaggio che lo riportano alla forma gassosa al fine di renderlo disponibile per il consumo tradizionale. Ciò comporta un elevato costo di impianto volto non solo a garantire l'affidabilità di materiali e componenti, ma anche a prevenire problemi di sicurezza (per esposizione diretta, rapida evaporazione, infiammabilità). Inoltre, siccome uno stoccaggio di tipo criogenico risulta essere un sistema attivo, poiché le infiltrazioni termiche generano inevitabilmente vapori di metano che devono essere gestiti, esso richiede anche un'accurata progettazione dell'infrastruttura stessa. In ragione dei costi economici ed energetico-ambientali dei singoli sistemi, occorre limitare i tempi di residenza del GNL nello stoccaggio e, di conseguenza, per mezzo di un'accurata analisi della richiesta effettiva, massimizzare l'impiego del GNL considerando anche le utenze accessorie all'impiego puro di bunkering (ad esempio per alimentazione di trasporti interni del porto, possibile produzione elettrica anche a servizio delle navi ormeggiate, ecc.). In relazione alla taglia dell'utenza da servire occorre indentificare anche il sistema di bunkering più adatto, a partire dal Truck To Ship, per modeste portate, crescendo poi verso le modalità Ship To Ship e Terminal To Ship.

5.2.3. Criticità connesse all'impiego di GNL per la propulsione navale

Tra le possibili criticità o quanto meno le questioni rilevanti connesse all'impiego di GNL in ambito marittimo-portuale e alla definizione di un sistema infrastrutturale per il bunkering di GNL, ne sono state evidenziate molteplici a parte di accademici e di practitioners. Un primo punto fondamentale sotto questo punto di vista è la questione relativa alla visione strategica complessiva, con cui ci si riferisce all'esigenza di elaborare una visione il più possibile complessiva della strategia nazionale che tenga conto di tutti gli aspetti necessari per lo sviluppo armonizzato del settore. Un secondo aspetto rilevante è rappresentato dal necessario sforzo di coordinamento costante tra tutti gli stakeholder e i partner di filiera, anche al fine di meglio utilizzare le opportunità di finanziamento a valere su programmi comunitari e da parte delle istituzioni finanziarie. Un'altra problematica connessa all'effettiva diffusione su larga scala del GNL in ambito marittimo-portuale attiene alle dinamiche relative a domanda e offerta del combustibile in oggetto. Occorre approntare infatti un adeguato sistema infrastrutturale per il bunkering di GNL a livello portuale e retroportuale: l'effettiva possibilità di supportare la diffusione di questa soluzione tecnologica da parte degli armatori non può prescindere dalla predisposizione di un sistema infrastrutturale capillare, affidabile e contraddistinto da prezzi di erogazione che siano compatibili con le condizioni di mercato.

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale"



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Da ciò deriva la necessità di valutare quali saranno le nuove connessioni commerciali e le nuove rotte che verranno servite impiegando navi a propulsione GNL e di analizzare l'insieme di nodi portuali che si stanno dotando o intendono dotarsi di sistemi di bunkering e stoccaggio di GNL funzionali al soddisfacimento della domanda armatoriale.

La localizzazione degli impianti e quindi la scelta dei porti ove realizzare infrastrutture per il bunkering di GNL necessita di alcune considerazioni, ovvero il sussistere di rotte commerciali rilevanti nel cui ambito venga impiegato naviglio per cui è possibile utilizzare sistemi di propulsione di tipo GNL; la presenza di altri operatori economici importanti all'interno della filiera tecnologico-produttiva di tale combustibile alternativo (terminalisti e altri consumatori finali di GNL); la morfologia attuale e prospettica delle zone ECA e SECA.

Ulteriore elemento rilevante di analisi consiste nella valutazione delle specificità e delle caratteristiche tecniche dei porti potenzialmente interessati alla realizzazione di un terminale o di altra soluzione per il bunkering e lo storage di GNL, nonché la valutazione di profili connessi al layout del medesimo. Tra i vari profili, a solo titolo esemplificativo, appare indispensabile considerare variabili del porto quali: il numero di toccate-nave, il tipo e la dimensione delle navi che usufruiscono dei servizi portuali, la presenza di traffici misti, il sussistere di limiti fisici all'accessibilità tecnico-nautica, ecc.

Un'altra problematica la cui valutazione non può chiaramente essere omessa, è quella relativa al prezzo del combustibile in esame poiché, oltre alla natura capital intensive dell'infrastruttura in esame e ai relativi tempi di ritorno economico-finanziario estremamente lunghi, risulta essere estremamente volatile, per cui è necessaria un'adeguata conoscenza in merito alle condizioni di prezzo attuali e future del GNL e alla marginalità del business: elementi questi che determinano la possibilità di partecipazione diretta da parte del settore privato o la necessità di prevedere forme e meccanismi pubblici di supporto per la realizzazione e la gestione di questo tipo di infrastrutture in ambito portuale.

Le questioni connesse ai profili tecnologici, alla standardizzazione e alla sicurezza dei terminali per lo stoccaggio e il rifornimento di GNL impongono poi una valutazione dei requisiti tecnici e tecnologici dei diversi sistemi e componenti che li costituiscono, soprattutto per quanto concerne i profili legati alla sicurezza sia in fase di progettazione degli impianti sia in fase di gestione delle operations (tenendo conto della configurazione tecnologica di bunkering adottata). Profili questi ultimi debitamente esaminati e considerati anche all'interno del Progetto TDI RETE-GNL, in particolare nell'ambito della Componente T1 (si rimanda all'Output T1.1.1. per un approfondimento puntuale delle tematiche in oggetto).

Alcune potenziali criticità possono inoltre emergere in sede di acquisizione delle autorizzazioni e dei permessi necessari alla realizzazione e/o alla gestione di impianti e terminali, ad esempio le procedure per l'ottenimento dei permessi, al soddisfacimento dei requisiti necessari per la valutazione e l'assessment del rischio, la gestione della sicurezza, ecc. Per poter coinvolgere gli operatori privati nella realizzazione e gestione di questo tipo di infrastrutture è necessario assicurare la certezza delle regole di riferimento e la presenza di un sistema governato dai policy maker e dal settore pubblico che assicuri, nel pieno rispetto delle leggi, la celerità degli iter burocratici e delle procedure amministrative necessarie.

5.2.4. Sistemi di bunkering e filiere di approvvigionamento

Tra gli elementi che possono interagire ed influenzare le scelte ottimali connessi all'intera filiera del GNL troviamo:



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

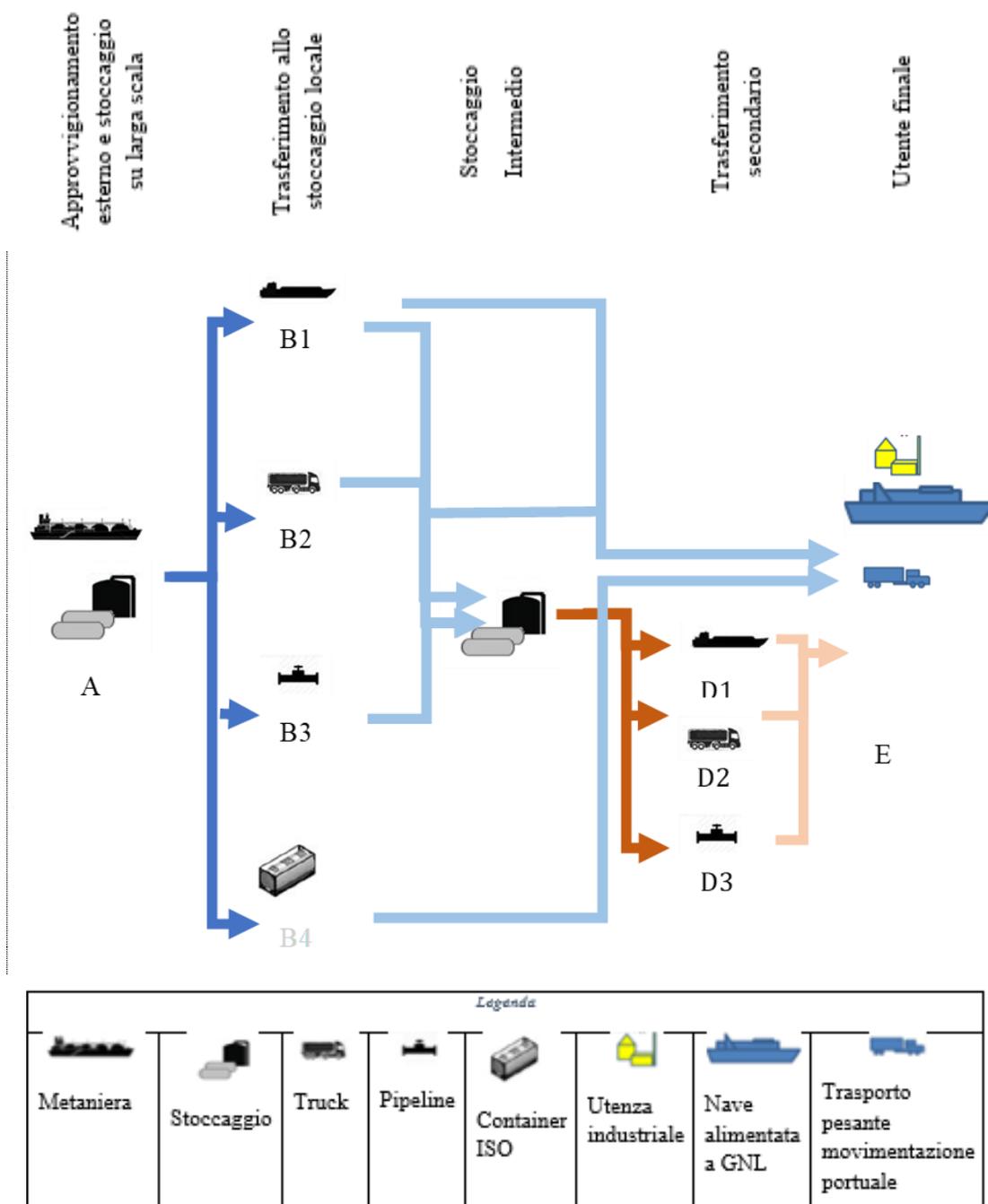


- l'approvvigionamento esterno, tipicamente un terminale di rigassificazione che accoglie le metaniere e dispone sia di connessione di rete CNG sia di possibilità di trasferimento di GNL ad altri vettori;
- il sistema di trasporto/trasferimento nei pressi degli utenti finali, tipicamente pipeline criogeniche solo per trasferimenti locali (entro i 250 metri), oppure autocisterne (eventualmente container ISO), piccole navi cisterna, bettoline o ancora chiatte;
- l'eventuale stoccaggio intermedio nei pressi dell'utenza finale, tipicamente serbatoi di tipo C in pressione cilindrici, ospitati fuori terra, o, per larga scala, serbatoi a bassa pressione di tipo B;
- l'eventuale trasferimento secondario a breve distanza fino alla stazione di bunkering;
- il sistema di bunkering vero e proprio che consente la fornitura del GNL alla nave (utente finale) e che può essere affiancato da forniture ad altri tipi di servizi (trasporto pesante su terra, utenze industriali, ecc.).

Le diverse combinazioni dei presenti elementi generano molteplici configurazioni a livello sistemico e infrastrutturale (Figura 31): a partire dalla combinazione minimale di approvvigionamento esterno – container ISO – caricamento sulla nave (A-B4-E), che potenzialmente richiede solo un piazzale di stoccaggio container e movimentazione su gru, fino ad arrivare a quelle più tipiche di sistema TTS (A-B2-E), STS (A-B1-E) e PTS (A-B1-C-E o A-B2-C-E), il quale è considerato estremamente flessibile in quanto capace di alimentare con sicurezza utenze consistenti.



Figura 31. Filiere di bunkeraggio



Fonte: elaborazione UNIUD.

5.3. Componenti di impianti e depositi portuali di GNL

Considerando i vari elementi della catena di bunkering, il Prodotto T2.2.1 ha focalizza l'attenzione sul dimensionamento dell'infrastruttura portuale in termini d'impatto dal punto di vista degli spazi, dei tempi, sotto il profilo gestionale e con riferimento alle eventuali criticità connesse alla compresenza di altre attività portuali in prossimità del sistema di bunkering/storage di GNL.

5.3.1. L'utenza navale

Poiché l'impiego del GNL come combustibile può coinvolgere imbarcazioni di ogni taglia (Tabella 29), occorre considerare maggiormente quelle che percorrono tratte con orari fissi e ripetitivi, come ad esempio i traghetti e i servizi di trasporto di linea di passeggeri, Ro-Ro e Ro-Pax e portacontainer. Di conseguenza, la valutazione concernente il dimensionamento dell'impianto portuale di GNL avviene anche in ragione delle dimensioni del serbatoio di bordo e quindi dell'autonomia della nave utente (LNG-propelled), o meglio della tipologia prevalente di navi che richiederanno servizi di bunkering di GNL presso il porto che sta valutando la localizzazione e il dimensionamento del sistema di bunkering/storage in oggetto.

Tabella 29. Tempi di rifornimento puro (si escludono fasi di avvio, inertizzazione, ecc.)

	Serbatoio [m ³]	Portata [m ³ /h]	Durata [h]	Sistema più adeguato
Imbarcazioni di servizio	50	60	¾	TTS
Ro-Ro piccola taglia	400	400	1	TTS/STS
Ro-Ro e Ro-Pax di grande taglia	800	400	2	STS
Cargo di piccola taglia	2.000-3.000	1.000	2-3	STS
Cargo di grande taglia	4.000	1.000	4	STS
Portacontainer	10.000	2.500	4	STS/PTS
Petroliere e portacontainer di grande taglia	20.000	3.000	7	STS/PTS

Fonte: elaborazione UNIUD.

5.3.2. Trasferimento di GNL: autocisterne e container ISO

Dal punto di vista impiantistico la configurazione tecnologica di tipo TTS è notoriamente quella caratterizzata da maggiore semplicità gestionale e flessibilità sotto il profilo operativo, in quanto risulta ragionevolmente modulabile (in termini di capacità e di modalità di impiego). Detta soluzione, tuttavia, determina un impatto significativo in termini di problematiche connesse all'eventuale realizzazione di SIMOPS (*simultaneous operations*). Tale opzione di bunkering risulta però adatta ad esigenze modeste sia in termini di volumi trattabili, dell'ordine dei 50-60 m³, sia di velocità di carico, con portate di 40-60m³/h. Alternativamente alla configurazione TTS è possibile implementare quella connessa all'impiego di autocisterne ISO che, nonostante caratterizzate da dimensioni, e quindi volumi, limitati (20-45 m³), presentano dimensioni standard (20 o 40 piedi) e quindi versatili e flessibili. Come per tutti i sistemi di stoccaggio di GNL, occorre valutare il tempo di permanenza (holding time), ossia il tempo entro il quale la sovrappressione generata dall'evaporazione del GNL resta entro i limiti accettabili per la struttura del contenitore: per gli ISO container l'holding time è compreso tra i 50 e gli 80 giorni.

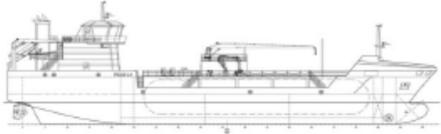
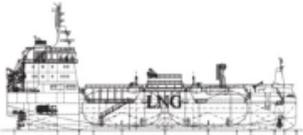
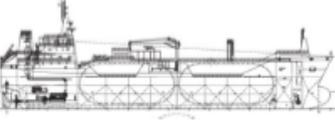
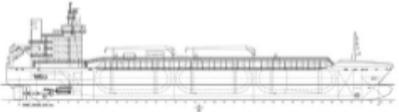
5.3.3. Trasferimento via nave

Il Prodotto T2.2.1 descrive, anche, i profili rilevanti connessi alle scelte di dimensionamento e di localizzazione di impianti che prevedano il bunkering per mezzo della modalità STS. Quest'ultima configurazione, che prevede la connessione diretta tra l'imbarcazione fornitrice (nave o chiatta) e la nave LNG-propelled da rifornire, consente non solo di trattare in modo efficace ed efficiente volumi maggiori con portate maggiori, ma anche di limitare gli ingombri in banchina, potendo essere concretizzata anche in mare aperto, e, conseguentemente facilitare le SIMOPS. La natura capital intensive della configurazione tecnologica di bunkering di LNG di tipo STS deriva soprattutto dagli ingenti investimenti necessari all'acquisto dei mezzi di rifornimento di GNL, ovvero le bunkerine/bettoline/chiatte rifornitrici. Inoltre, all'aumentare della capacità di tali mezzi, aumenta



anche la dimensione di essi stessi e il relativo costo. La taglia massima del rifornimento è imposta dalla dimensione della nave o chiatta fornitrice, e quest'ultima deriva sia da ottimizzazioni economiche, sia dai vincoli di manovrabilità e pescaggio entro lo spazio portuale. A titolo di esempio, nella figura di seguito (Figura 32), riportiamo i dati significativi di alcuni mezzi progettati per diverse taglie.

Figura 32. Esempi di metaniere per trasferimenti intermedi

<p>FKAB L1</p> <p>Lunghezza fuori tutto 67m</p> <p>Capacità GNL 800m³</p> <p>Portata scarica 2x400 m³/h</p> <p>Velocità di servizio 12.5 nodi</p> <p>Potenza installata 1350 kW</p> <p>Pescaggio 3.5m</p>	
<p>WARTSILA WSD59 3K</p> <p>Lunghezza fuori tutto 85m</p> <p>Capacità GNL 3000m³</p> <p>Velocità di servizio 12.0 nodi</p> <p>Potenza installata 3500 kW</p> <p>Pescaggio 4.25m</p>	
<p>WARTSILA WSD59 10K</p> <p>Lunghezza fuori tutto 125m</p> <p>Capacità GNL 10000m³</p> <p>Velocità di servizio 14.0 nodi</p> <p>Potenza installata 4500 kW</p> <p>Pescaggio 6.6m</p>	
<p>FKAB L2</p> <p>Lunghezza fuori tutto 158m</p> <p>Capacità GNL 16500m³</p> <p>Portata scarica 2x400 m³/h</p> <p>Velocità di servizio 15.2 nodi</p> <p>Potenza installata 5200 kW</p> <p>Pescaggio 6.2m</p>	

5.3.4. Stoccaggio a terra

Per quanto concerne la fase di stoccaggio a terra, la capacità dei singoli impianti varia in ragione delle diverse tipologie di configurazioni di bunkering. Con l'opzione Port To Ship, adatto a progetti ampi, caratterizzati da un'utenza vasta e stabile nel tempo, si raggiunge una capacità di 20.000 m³ con portate di rifornimento pari a 2.000 m³/h. In ragione delle sue dimensioni, è maggiormente ragionevole valutare la collocazione di tale impianto il più vicino possibile ad un terminale di rigassificazione, al fine di assicurare un approvvigionamento sicuro ed economico. Terminali di stoccaggio di taglia inferiore, sono quelli che impiegano le configurazioni di tipo TTS, anche se le relative capacità possono essere implementate non solo disaccoppiando nel tempo la fase di approvvigionamento e bunkering, ma anche collegando più serbatoi in serie.

5.4. La macro-localizzazione degli impianti e depositi portuali di GNL

Il Prodotto T2.2.1. definisce in modo puntuale anche le attività tecnico-progettuali funzionali alla determinazione della macro-localizzazione ottimale di un'infrastruttura per il bunkering di GNL, la

quale dipende anche dallo sviluppo dell'intera rete logistica interessata. I profili di maggiore rilevanza, sotto questo profilo possono essere così sintetizzati

- Verificare la disponibilità di LNG e la sorgente di approvvigionamento più adeguata e quindi la distanza rispetto alla fonte di approvvigionamento per definire le più adatte opzioni di trasporto.
- Valutare i potenziali utenti³, in termini di richiesta prevedibile e caratteristiche di fornitura (portata, pressione, temperatura, vincoli operativi, frequenza di attracco e rifornimento, prevedibilità del servizio, ecc.).
- Scegliere l'opzione di bunkeraggio e verificare, insieme all'autorità portuale, le limitazioni imposte dalle altre attività presenti⁴.
- Definire la configurazione di stoccaggio⁵ sulla base delle interazioni con l'autorità portuale al fine di definire gli spazi disponibili e i vincoli di destinazione d'uso delle aree.

Le verifiche sopracitate consentono di valutare i seguenti parametri (Tabella 30), al fine di definire una possibile localizzazione di un impianto per il bunkering/lo storage di GNL in ambito portuale.

Tabella 30. Parametri correlati al mercato e parametri tecnico-logistici e di sicurezza

Parametri correlati al mercato	Parametri tecnico logistici e di sicurezza
Bilancio tra potenziali approvvigionamenti e consumi, strettamente interconnesso al dimensionamento del sistema di stoccaggio in funzione dei tempi di residenza ammessi per i serbatoi. Taglia del terminale, tenendo conto della possibilità di realizzare impianti modulari o scalabili, ed identificando i limiti massimi imposti. Affidabilità dell'approvvigionamento. Presenza di utenze on-shore. Valutazione delle esigenze di bunkering non solo in termini di volumi, ma anche di frequenza e tempi di rifornimento. Caratterizzazione delle esigenze per tipologia: il traffico passeggeri, per la sua regolarità, è considerato di alto valore. Disponibilità di reti GNC.	Caratterizzazione del traffico servibile in termini di dimensioni, manovrabilità e quindi vincoli per le banchine interessate. Caratterizzazione dei sistemi di stoccaggio (taglia, tempi di residenza, spazi di sicurezza). Valutazione delle aree disponibili in funzione anche delle esigenze di sicurezza (safety zones). Layout portuale e facilità di accesso alle banchine interessate. Le installazioni LNG sono tipicamente all'esterno delle aree portuali principali, ma ciò non è sempre possibile.

5.4.1. Esempi di reti di bunkering e reti SSLNG

Attualmente, gli esempi di rete territoriale GNL più maturi sono localizzati in Nord Europa, in particolare nell'area scandinava, lungo la costa norvegese e sul Baltico. Mentre nell'area norvegese, caratterizzata da un intenso traffico tra porti e città poiché piccole e relativamente isolate, è stata

³ Per progetti di piccola taglia si può fare riferimento a linee specifiche ripetitive, quali traghetti e Ro-Ro a frequenza quotidiana, che forniscono un'utenza ripetibile ed affidabile. Strutture di taglia maggiore possono rivolgersi a utenza più ampie, le quali richiedono, quindi, flessibilità più elevate.

⁴ La configurazione PTS, per sua natura rigidamente legata ad uno specifico molo, con gli annessi vincoli in termini di spazi, pescaggio e rischi di interferenza con il resto del traffico portuale, può essere affiancato da un servizio STS che ne aumenta la flessibilità.

⁵ Attività di essenziale importanza nel sistema PTS mentre opzionale nel caso di TTS e STS.

implementata una rete di approvvigionamento diffusa che comprende numerose installazioni SSLNG di taglia molto piccola (alcune delle quali alimentate direttamente da installazioni off-shore nelle vicinanze), nel Baltico, a fronte di un'area più limitata caratterizzata però da una serie di utenze a maggior densità energetica, si ha una maggior presenza di strutture di taglia maggiore ed una più nutrita presenza di terminali di importazione che offrono servizi accessori.

5.4.2. Opportunità di rifornimento

Analizzando nel dettaglio l'area obiettivo del progetto TDI RETE-GNL nell'ambito del programma Interreg Italia-Francia Marittimo 2014-2020, sussiste la presenza di quattro terminali di rigassificazione di grande taglia: OLT di Livorno e Panigaglia in Italia, e i due terminali di Tolone Fos Tonkin e Fos Cavaou, le cui caratteristiche vengono evidenziate in Tabella 31.

Tabella 31. Large scale LNG nell'area obiettivo e zone limitrofe

Terminale	FOS Tonkin	FOS Cavaou	Livorno OLT	Panigaglia
Storage [m ³]	80.000	330.000	137.000	100.000
Capacità annuale [Nm ³ /anno]	3*10 ⁹	8,25*10 ⁶	3,75*10 ⁹	3,4*10 ⁶
Portata max [Nm ³ /h]	620*10 ³	1.160*10 ³	592*10 ³	427*10 ³
Transfer STS [m ³]		15.000		
Transfer STS [m ³ /h]		4.500		
Reloading small [m ³] (previsto)	7.500 (5.000)	15.000 (5.000)	Previsto	In discussione
Reloading small [m ³ /h]	1.000	4.000		

5.4.3. Esempi di valutazione entro l'area obiettivo

A titolo esemplificativo, il prodotto T2.2.1 in esame fa riferimento ad alcune valutazioni eseguite all'interno dell'area obiettivo, in particolare nel porto di Genova, in ragione di possibili utenze quali le rotte Ro-Pax verso le isole maggiori, in ragione delle loro caratteristiche di servizio prevedibile, ripetitivo e frequente. In tal caso, il potenziale fabbisogno di GNL connesso alle varie tratte dipenderebbe dalle caratteristiche delle navi coinvolte e del tipo di servizio (su cui incidono pesantemente la velocità e quindi le scelte tecnico economiche dei singoli armatori).

Ipotizzando i consumi di un'unità LNG-propelled che svolge un servizio equivalente ad una nave attualmente impiegata mediante il seguente calcolo⁶ $\dot{Q} = 0,85 \cdot \frac{P_n}{\eta} \cdot \frac{3,6}{v} \cdot \frac{1}{\rho_{GNL} H_i}$, occorre definire il serbatoio necessario a garantire l'autonomia, pari quindi ad almeno il prodotto tra il consumo, appena determinato, e la lunghezza della tratta interessata. Con una necessità, ad esempio pari a 300 m³ al giorno, la tecnologia di tipo STS consentirebbe un rifornimento integrale in un'ora di tempo, permettendo in contemporanea lo svolgimento delle operazioni simultanee operazioni di sbarco e imbarco. La configurazione PTS, in questa casistica, risulterebbe più rapida ma meno flessibile in

⁶ Dove:

- \dot{Q} è il consumo in [m³/nm]
- 0,85 corrisponde alla % di potenza media impiegata rispetto alla potenza installata
- P_n è la potenza installata in kW
- η è il rendimento di conversione complessivo (assunto 0,4 per propulsori oltre i 5 MW e 0,35 per i propulsori di taglia inferiore)
- v è la velocità in nodi
- ρ_{GNL} corrisponde alla densità del GNL (450kg/m³).
- H_i è il potere calorifico del GNL (50 MJ/kg)



quanto limiterebbe ad una singola banchina il servizio agli utenti, ed imporrebbe compromessi inaccettabili in termini di SIMOPs.

5.4.4. Riferimenti normativi

Per quanto ai riferimenti normativi che disciplinano le infrastrutture portuali a GNL, il prodotto T2.2.1 ricapitola nella tabella di seguito (Tabella 32) quelle più comunemente impiegate.

Tabella 32. Elenco norme e standard

Norma - Standard	Porto	Interfaccia bunkeraggio	Nave rifornita	Formazione	Risk assessment
IGF code: International code of safety for ships using Gases or other low-flashpoint fuels constructions & bunkering of LNG Fuelled vessels			X		
IGC code: International code for the construction and equipment of ships carrying liquefied Gases in bulk construction of LNG Carrier vessels.	Bunker ship				
SEVESO III Directive 2012/18/EU: On the control of major-accident hazards involving dangerous substances.	Terminal Tank	X			X
ADR 2017: European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road.	Truck-Vehicle			X	
ADN 2017: European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Inland Waterways.	Bunker ship			X	
ISO 18683: Guidelines for systems and installations for supply of LNG as fuel to ships.		X		X	X
ISO 16901: Guidance on performing risk assessment in the design of onshore LNG installations including the ship/shore interface.		X			X
ISO 20519: Ships and marine technology - Specification for bunkering of liquefied natural gas fuelled vessels.	Terminal Bunker ship	X		X	X
ISO 28460: Petroleum and natural gas industries - Installation and equipment for LNG -- Ship-to-shore interface and port operations.	Bunker ship	X		X	
EN 1473: Installations and equipment for liquefied natural gas (LNG) – Design of ground installations.	Tank				X
EN 13645: Installations and equipment for liquefied natural gas - Design of onshore installations with a storage capacity between 5T and 200T.	Tank				
EN 1474-2: Installations and equipment for liquefied natural gas - Design and testing of marine transfer equipment - Part 2: Design and testing of transfer hoses.		X			
EN 1474-3: Installations and equipment for liquefied natural gas - Design and testing of		X			



maritime transfer equipment - Part 3: Offshore transfer systems.					
NFPA 59 ^o : Standard for the production, storage, and handling of liquefied natural gas (LNG).	Terminal Tank Truck-Vehicle			X	

5.4.5. Processi autorizzativi

Nell’ambito dell’iter autorizzativo per la definizione di un progetto di bunkering di GNL, le fasi essenziali che richiedono un’autorizzazione riguardano la valutazione di impatto ambientale, i permessi per lo stoccaggio e il trattamento di materiale pericoloso, le concessioni edilizie. Il processo complessivo prevede infatti una serie di fasi, a cominciare da quella preliminare di individuazione dei contenuti necessari a soddisfare le richieste del processo autorizzativo, la fase di preparazione dei documenti da sottoporre all’autorità competente, la verifica della completezza della richiesta da inoltrare, il processo di consultazione pubblica formale che coinvolge il proponente, le autorità interessate e i principali stakeholder, fino ad arrivare alla fase di decisione e, eventualmente, la fase di possibile appello e ricorso da parte degli stakeholders (in seguito alla concessione del permesso).

5.5. La micro-localizzazione degli impianti GNL

A valle di specifica proposta in merito alla micro-localizzazione di un impianto per il bunkering e lo storage di GNL in ambito portuale, la relativa approvazione vede il coinvolgimento di diversi soggetti con varie responsabilità. Tra questi un ruolo fondamentale è giocato dall’autorità portuale locale (AdSP o Port Authority a seconda della nazione) e dalle Capitanerie di porto. Il rilascio delle relative autorizzazioni dai soggetti competenti in merito alla micro-localizzazione dovrà avvenire a valle dell’esame e della valutazione di molteplici fattori ed elementi di vincolo, tra i quali rientrano a titolo esemplificativo ma non esaustivo:

- il tipo di nave che presumibilmente verrà servita dall’impianto,
- la scelta del sistema di bunkering (TTS, STS, TPS, Mobile Fuel Tanks),
- la possibilità di operazioni simultanee al bunkering e ad altre attività potenzialmente rischiose nelle vicinanze,
- la profondità disponibile presso il molo di attracco,
- la possibilità di doppio ancoraggio,
- la sicurezza nautica,
- frequenza e tipo di traffico navale,
- lo spazio necessario al passaggio delle imbarcazioni, tenendo conto delle safety zones e ship exclusion zones richieste per la sicurezza delle operazioni,
- eventuali impatti di variazioni di livello per le maree,
- nel caso di rifornimento TTS, il massimo carico accettabile per il molo,
- la minima distanza dalle zone residenziali,
- l’impatto sulle altre attività portuali, sia in mare sia a terra,
- le eventuali sinergie con altre utenze, oltre al bunkering,
- i vincoli di distanze di sicurezza rispetto ad altri tipi di attività presenti in area portuale,
- problemi di security e limitazioni all’accesso del pubblico.

5.6. Il dimensionamento degli impianti e dei depositi di GNL in ambito marittimo-portuale

Il dimensionamento e la scelta dei componenti effettivi dell’infrastruttura portuale sono legati alla taglia dell’impianto e dei volumi di GNL attesi. L’architettura tipica, data la presenza di numerosi porti di grande dimensione, risulta essere quella di un impianto di taglia significativa, con un



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



approvvigionamento tramite metaniere di piccola scala (entro i 10.000 m³), un deposito locale, tipicamente (ma non necessariamente) con serbatoi in pressione fuori terra, un servizio interno al porto STS con bettoline o chiatte di piccola taglia. Eventualmente, in aggiunta, può essere previsto un servizio TTS per traffici più limitati o per alimentare utenze secondarie (trasporti e sistemi di movimentazione portuali).

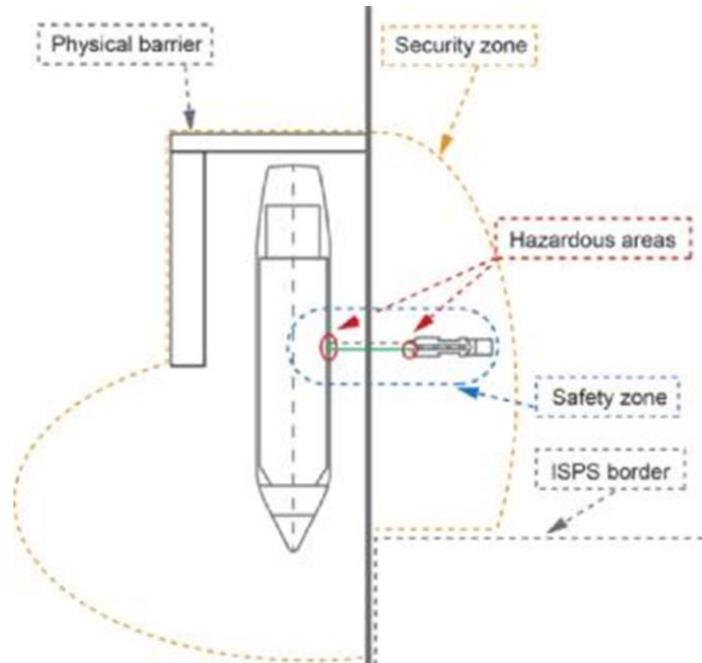
Per determinare una stima degli ordini di grandezza dei volumi di GNL interessato viene fatto riferimento alle caratteristiche, in termini di dimensione e serbatoio e autonomia di alcune navi presenti sul mercato. Per determinare i volumi di GNL consumati dalle utenze accessorie, è stato preso come riferimento il consumo di gasolio nel porto di Genova. Considerando, per l'anno 2016, un fabbisogno di energia correlata all'utilizzo di gasolio pari a 137.97 GWh, è possibile stimare il fabbisogno di GNL equivalente in termini energetici. Assumendo per il gasolio un valore del potere calorifico inferiore pari a 11.86 kWh/kg ed una densità pari a 0.85 kg/l ed utilizzando per il GNL un valore del potere calorifico inferiore pari a 14.45 kWh/kg ed una densità pari a 0.45 kg/l, è possibile stimare un consumo equivalente di GNL pari a circa 21.000 m³ all'anno).

Nell'ambito delle procedure e dei sistemi per la sicurezza delle aree preposte al rifornimento di GNL e di quelle circostanti, il Prodotto T2.2.1 considera anche il problema delle distanze di sicurezza e delle zone che devono essere create in prossimità delle operazioni di bunkering. Occorre infatti predisporre zone di sicurezza (safety zone) e zone di precauzione (security zone) al fine di prevenire il manifestarsi di eventi incidentali o contenerne gli effetti dannosi per persone e strutture, in particolare per evitare la diffusione delle perdite di gas a seguito del danneggiamento delle attrezzature ed evitarne l'innescio. Per identificare i confini, le modalità di protezione e rinforzo, le procedure, il personale autorizzato ad entrarvi, i dispositivi personali di protezione e altre informazioni connesse ad entrambe le zone occorre impiegare le metodologie indicate in appositi manuali puntualmente indicati nella versione integrale del Prodotto T.2.2.1.

Il dimensionamento delle aree di sicurezza deve essere valutato caso per caso, in base alle condizioni climatiche locali, ed in particolare, alla ventosità. La Figura 60 riporta un esempio di zone di sicurezza relative alle operazioni di bunkering da impianto a terra.



Figura 33. Safety e security zone: esempio relativo a soluzione di bunkering di tipo TPS



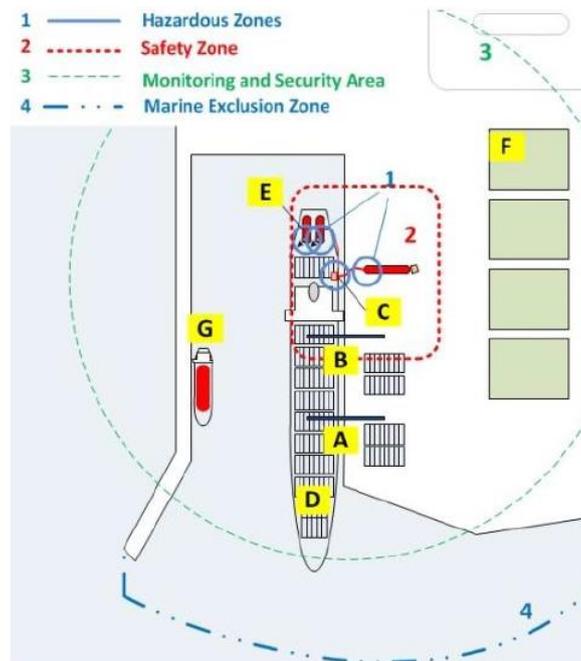
Fonte: Stavros, 2016

L'elemento di forza nella gestione di una linea marittima consiste anche in un breve periodo di sosta in porto; di conseguenza essa rappresenta è una variabile da osservare continuamente per poter migliorare il servizio offerto. Il periodo di sosta in porto, infatti, può essere ridotto, ad esempio, concretizzando le operazioni di bunkering contemporaneamente ad altre attività come, ad esempio, le attività di imbarco/sbarco, ecc. (SIMOPs). Per questo motivo l'approvvigionamento di carburante via nave risulterebbe preferibile, poiché impiega quasi esclusivamente il lato opposto alla banchina e quindi sposta in quell'area la locazione delle aree a rischio o da proteggere. Con riferimento al rifornimento di GNL mediante configurazione tecnologica di tipo Ship To Ship, anche il porto di La Spezia sarà presto interessato dalla presente modalità di bunkering. Infatti, come riportato in un articolo del Corriere Marittimo del 19/10/2020, la nave da crociera Costa Smeralda sarà protagonista della prima operazione di bunkering in Italia nel porto di La Spezia. In particolare, la stessa verrà svolta nel corso della settimana tra il 26 ottobre e il 1° novembre e comporterà l'utilizzo di una bettolina per lo svolgimento delle operazioni di rifornimento.

In Figura 61 viene riportato uno schema delle diverse operazioni simultanee potenzialmente interessanti: con A si indica la movimentazione via gru del carico in contemporanea con il bunkering; (attività normalmente possibile nella safety zone); il caso B identifica la medesima situazione ma al di fuori della safety zone (è opportuno condurre un'analisi di rischio e impiegare misure protettive); le attività C e D sono da evitare (salvo attente analisi per C) in quanto si riferiscono ad operazioni di manutenzione correttiva nella zona di interfaccia di bunkeraggio (C) e all'interno della nave (D); con E si indicano le operazioni di bordo entro la zona di pericolo incidente (attività da evitare, salvo attente analisi); F indica le attività entro l'area di monitoraggio più esterne (attività da monitorare); il caso G si riferisce ad attività entro la zona di controllo ma estranee al processo di rifornimento che coinvolgono merci pericolose (attività da monitorare).



Figura 34. SIMOPs e vincoli di accesso nel caso di portacontainer



Il Prodotto T2.2.1 “Linee guida per la localizzazione e dimensionamento di impianti/depositi portuali di GNL”, incluso nel progetto TDI RETE-GNL nell’ambito del programma Interreg Italia-Francia Marittimo 2014-2020, si preoccupa di definire alcune linee fondamentali di indirizzo connesse alle problematiche riguardanti la localizzazione e il dimensionamento di impianti e depositi portuali di GNL. Il presente oggetto risulta fondamentale soprattutto in ragione del fatto che ogni potenziale area/zona presso cui realizzare le varie opzioni tecnologiche presenti specificità ben definite. In questo modo si è reso possibile identificare un quadro concettuale funzionale all’assunzione di decisioni di progettazione infrastrutturale corrette riguardanti la localizzazione e il dimensionamento di impianti per il bunkering e lo stoccaggio di GNL in ambito marittimo-portuale. Senza le linee guide presenti all’interno del presente Prodotto T2.2.1 si incorrerebbe in situazioni talvolta pericolose connesse alle attività di rifornimento in porto secondo le differenti configurazioni tecnologiche di bunkering.

6. SCHEDA DI SINTESI DEL PRODOTTO T2.2.2 (“BEST PRACTICES PER LA PIANIFICAZIONE DEL LAYOUT E DELL’ORGANIZZAZIONE DEI PROCESSI”)

Alla predisposizione del Prodotto T2.2.2 “Best practices per la pianificazione del layout e dell’organizzazione dei processi” hanno concorso in linea con quanto previsto a formulario tutti i partner del progetto in modo coordinato ed integrato. In particolare:

- P1/CF (UNIGE/CIELI): ha proposto con il supporto del consulente esterno UNIUD il modello concettuale relativo alla mappatura delle best practices per la pianificazione del layout e dell’organizzazione dei processi; realizzazione delle schede tecniche relative ai casi di studio in merito ai porti della Regione Liguria; revisione integrale del Prodotto T2.2.2; realizzazione della scheda di sintesi relativa al Prodotto T2.2.2.
- P2 (UNIFI): supporto al CF nella definizione del framework concettuale; realizzazione delle schede tecniche relative ai casi di studio in merito ai porti della Regione Toscana; validazione del Prodotto T2.2.2; validazione della scheda di sintesi del Prodotto T2.2.2.
- P3 (UNICA): supporto al CF nella definizione del framework concettuale; realizzazione delle schede tecniche relative ai casi di studio in merito ai porti della Regione Sardegna; validazione del Prodotto T2.2.2; validazione della scheda di sintesi del Prodotto T2.2.2.
- P4 (OTC): supporto al CF nella definizione del framework concettuale; realizzazione delle schede tecniche relative ai casi di studio in merito ai porti della Corsica; validazione del Prodotto T2.2.2; validazione della scheda di sintesi del Prodotto T2.2.2.
- P5 (CCIVAR): supporto al CF nella definizione del framework concettuale; realizzazione delle schede tecniche relative ai casi di studio in merito ai porti della Regione PACA con il supporto del consulente esterno SeeUp; validazione del Prodotto T2.2.2; validazione della scheda di sintesi del Prodotto T2.2.2.



6.1. Finalità del prodotto T2.2.2

Il prodotto T2.2.2 “Best practices per la pianificazione del layout e dell’organizzazione dei processi” prevede la realizzazione di un report di sintesi relativo alle best practices connesse alla pianificazione del layout e dell’organizzazione dei processi connessi alla gestione di impianti di stoccaggio e di bunkering di GNL in ambito marittimo-portuale, considerando le specificità che caratterizzano i porti dell’Area Obiettivo (Liguria, Toscana, Sardegna, Corsica e Région PACA). Sotto questo profilo particolare attenzione è stata data ai profili connessi agli aspetti progettuali, autorizzativi e realizzativi, di definizione del layout e di organizzazione e gestione dei processi.

Per la realizzazione del prodotto il CF (UNIGE-CIELI) ha predisposto un framework concettuale finalizzato alla realizzazione di schede tecniche omogenee volte a mappare casi di studio ed esperienze di successo rilevanti per le finalità del progetto TDI RETE-GNL. Il format della scheda tecnica richiamata, che è stato condiviso e fine-tuned dall’intero partenariato (III Comitato di Pilotaggio e

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 “Studio per un piano d’azione congiunto per il GNL in ambito portuale”

Indirizzo del progetto TDI RETE-GNL; Cagliari, 31.08.2019) prevede nel dettaglio diverse sezioni e sotto-sezioni, come meglio descritto nel proseguo. Detto format è stato poi compilato dai diversi partner in ragione dell'area geografica di riferimento dei casi di studio oggetto di approfondimento.

Il format e la struttura della scheda tecnica in oggetto consente di esaminare su basi omogenee le modalità di approvvigionamento GNL, il sistema di distribuzione, le scelte di dimensionamento e di micro-localizzazione degli impianti in esame, considerando anche i relativi vincoli ambientali, in ragione dell'esame della documentazione ufficiale disponibile.

La scheda tecnica usata per esaminare le best practices sopra richiamate prevede diverse sezioni funzionali alla raccolta di dati e informazioni di diversa natura. Oltre a informazioni riguardanti la zona geografica d'interesse, l'autore della scheda, e il Porto/Business case analizzato, il format prescelto prevede una serie di domande volte ad indagare:

- ✓ la descrizione dell'impianto;
- ✓ gli aspetti progettuali, autorizzativi e realizzativi;
- ✓ la localizzazione;
- ✓ le modalità di approvvigionamento del GNL;
- ✓ le utenze e distribuzione;
- ✓ il dimensionamento dell'impianto e il sussistere di eventuali Key performance Indicators;
- ✓ i layout e i processi;
- ✓ le procedure connesse alla Safety & Security;
- ✓ i vincoli ambientali.

Nel dettaglio i contributi predisposti dai partner sono i seguenti:

- Business cases relativi al porto di Genova (Sampierdarena Port basin – Calata Oli Mineral quay) e al porto di Vado Ligure (Deposito in testata piattaforma) realizzato dal CF UNIGE-CIELI; tali contributi hanno analizzato alcune delle principali ipotesi localizzative per la predisposizione di impianti di stoccaggio e bunkeraggio di GNL in relazione ai porti dell'AdSP del Mar Ligure Occidentale;
- Business case relativo al porto di Livorno realizzato dal Partner P2 DESTEC-UNIPI; tale contributo ha permesso di indagare con particolare interesse gli aspetti di tipo autorizzatorio in merito alle condizioni dell'impianto;
- Business cases relativi al porto di Cagliari (Progetto ISGAS Terminal GNL nel Porto Canale di Cagliari) e al porto di Oristano (Impianto di Stoccaggio, Rigassificazione e Distribuzione GNL proposto dalla IVI Petrolifera nel Porto di Oristano – Santa Giusta) realizzato dal Partner P3 UNICA-CIREM; tali contributi hanno evidenziato in modo molto dettagliato la configurazione, il funzionamento e il procedimento autorizzatorio dei due impianti descritti.
- Business case relativo al porto di Tolone realizzato dal consulente esterno See UP Partner P5 CCI del VAR; il consulente esterno ha realizzato il report relativo al terminal GNL di FOs Tonkin gestito da Elengy. Il report nella sua versione integrale viene allegato al report in qualità di "ANNEX I".

Al fine di fornire un'overview del prodotto, ovvero delle principali best practices legate alla pianificazione del layout e dell'organizzazione dei processi nei porti dell'Area Obiettivo del progetto, vengono di seguito riportate integralmente le sopraccitate schede tecniche.

6.2. Business cases porto di Genova.

Zona di interesse: Liguria.

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale"

Autore: UNIGE-CIELI.

Porto/Business case: Genova – Sampierdarena port basin – Calata Oli Mineral quay.

Foto o Rendering delle aree per il bunkering e lo stoccaggio del GNL (Genova-Sampierdarena port basin-Calata Oli Mineral quay)



Layout Genova-Sampierdarena port basin-Calata Oli Mineral quay



6.2.1. Introduzione.

Lo studio ingegneristico analizza la possibile realizzazione di un deposito di GNL che consente di offrire servizi di bunkeraggio di GNL sia a navi, sia a veicoli pesanti (truck). La facility in questione prevede quindi, oltre alla realizzazione della stazione di rifornimento per navi a GNL, anche la realizzazione di una stazione per le operazioni di carico “truck”, ivi compreso un parcheggio per la sosta delle autocisterne che verranno rifornite di bunker dal deposito stesso. Tale progetto si insiederebbe presso Calata Oli Minerali. La fornitura di GNL per ciò che riguarda il lato mare, secondo l’ipotesi progettuale, sarebbe consentita solamente a navi che abbiano determinate dimensioni per garantire le manovre necessarie allo svolgimento delle operazioni di accosto e di bunkeraggio in condizioni di sicurezza. Lo studio proposto utilizza come unità di riferimento una nave dotata delle seguenti caratteristiche:

Capacità	6.600 m ³
Serbatoi	2 pcs di tipo “C” di uguale capacità
Temperatura di trasporto	minimo -163 °C
Lunghezza f.t.	106,0 m circa

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 “Studio per un piano d’azione congiunto per il GNL in ambito portuale”



Larghezza f.t	18,6 m circa
Altezza costruzione	11,7 m circa
Pescaggio max estivo	5,6 m circa
Velocità (85% MCR – 15% sea margin)	13,5 nodi
Rata di scarica – bunkeraggio	500 m ³ /h
Rata di scarica - deposito costiero	1000 m ³ /h
Rata di caricazione con vapori di ritorno	2000 m ³ /h
Numero di approdi mensili previsti a regime (ipotizzando circa 120.00 tons. annue)	3,5
Permanenza in banchina	min. 10 ore – max. 16 ore

6.2.2. *Descrizione dell'impianto.*

L'ipotesi progettuale prevede, nello scenario finale d'implementazione dell'impianto, la realizzazione di 4 serbatoi di stoccaggio di GNL, in modo tale da assicurare una capacità complessiva di stoccaggio pari a 20.000 m³. Inoltre, si prevede la realizzazione di un'area di rifornimento e di sosta per le autocisterne che verranno rifornite di GNL. Oltre a tali impianti si aggiunge la realizzazione di una stanza di controllo delle operazioni di bunkeraggio di GNL, che consente di monitorare i servizi che vengono offerti sia verso il lato mare, sia verso il lato terrestre.

6.2.3. *Aspetti progettuali, autorizzativi e realizzativi.*

L'ipotesi progettuale è attualmente in fase preliminare. Sotto il punto di vista realizzativo, sorgono alcune criticità: la Darsena Tecnica presenta attualmente delle limitazioni di utilizzo. Tali limitazioni sono dovute alle manovre navali di crociera e di navi portacontainer che si svolgono in tale area, che comportano la necessità di liberare gli ormeggi delle banchine che si affacciano all'Avamposto, tra cui quella di Calata Oli Minerali. La stessa problematica realizzativa si presenta per l'accosto a Nord, utilizzato dalle navi che scalano il terminal

S.A.A.R. La nave ormeggiata in tale accosto ridurrebbe la larghezza utile di passaggio tra la banchina ed il molo. O.A.R.N. La realizzazione di tale impianto consentirebbe alle unità navali a GNL l'accosto esterno. Quello interno sarebbe utilizzato solo per il rifornimento di navi di ridotte dimensioni. Per ciò che concerne il lato terrestre, la realizzazione del deposito di GNL incrementerebbe il flusso di camion all'interno del porto, con conseguente congestione nei varchi portuali. Infatti, la presenza di autocisterne a GNL andrebbe ad interferire con la presenza di autocisterne rifornite da carburanti tradizionali. Inoltre, il traffico terrestre andrebbe a concentrarsi sul casello di Genova Ovest e sul nodo di San Benigno. Per la realizzazione del progetto in questione è necessario valutare il possibile ripristino del binario localizzato nella zona dove è presente il Parco Rugna, area che viene attualmente utilizzata come punto di carico per le rinfuse liquide.

6.2.4. *Localizzazione.*

Dal punto di vista localizzativo, il deposito GNL si andrebbe a collocare nella zona di Calata Oli Minerali, alle seguenti coordinate: Latitudine 44°24'02,5" N e Longitudine 8°54'58,9" E. Secondo l'ipotesi progettuale, è prevista un'area dedicata alla sosta delle autocisterne in attesa, la quale verrebbe collocata a ovest rispetto all'impianto, ossia alle spalle dello stesso. La presenza del deposito GNL si andrebbe ad inserire in un contesto delicato per quanto riguarda l'aspetto della commistione di diversi tipi di combustibili che richiederebbe alcuni accorgimenti per quanto riguarda il ridisegno del layout dell'impianto in generale. Inoltre, la probabile futura presenza di un terminal container nell'area di Calata Bettolo richiede la valutazione di eventuali interferenze per quanto riguarda la movimentazione

e lo stoccaggio di container di merci pericolose.

6.2.5. Modalità di approvvigionamento del bunker.

Non sono presenti informazioni sul progetto in merito alla modalità di approvvigionamento del bunker al deposito GNL.

6.2.6. Utenze e distribuzione.

Il documento di riferimento riporta le stime e le considerazioni effettuate da Assocostieri e Confitarma secondo cui i principali utenti del GNL, utilizzato come fonte alternativa di propulsione, sarebbero, almeno inizialmente, le compagnie di navigazione che effettuano servizi di linea passeggeri. Il Porto di Genova è uno dei porti leader a livello nazionale per quanto riguarda il settore Ro-Pax e crocieristico, pertanto è ragionevole pensare che l'introduzione di un impianto in grado di rifornire le navi di GNL all'interno del porto possa godere di un consistente bacino d'utenza.

Viene stimato che, a seguito di una fase iniziale di conversione e assestamento nel consumo di GNL pari ad un decennio, la domanda massima nel Porto di Genova si dovrebbe stabilizzare intorno a 1.600.000 m³. Confitarma individua il ruolo dello scalo genovese come hub del GNL in un'ipotetica rete di distribuzione tra i porti liguri di Savona, Genova e La Spezia. Gli autori del documento di riferimento, inoltre, sottolineano l'importanza dell'utilizzo del GNL, non solo a servizio del settore marittimo, ma anche per quanto riguarda le facilities portuali e i mezzi pesanti terrestri.

6.2.7. Dimensionamento e Key Performance Indicators.

La realizzazione dei 4 serbatoi di GNL presso Calata Oli Minerali prevede l'occupazione di un'area di circa 30.000 m² presso le aree che sono già adibite allo svolgimento delle operazioni di bunkeraggio. La capacità globale dei serbatoi raggiunge i 20.000m³. Il servizio di bunkeraggio alle navi ipotizzato nel documento varia a seconda dell'unità ricevente. Le navi GNL carrier con serbatoi di capacità compresa 5.000 – 7.000 m³ potranno accostare solo esternamente alla banchina a causa di vincoli di natura dimensionale e di accessibilità nautica. Altre navi invece, tendenzialmente adibite al bunkeraggio (bettoline) e con capacità ridotta pari a 250 m³, saranno in grado di procedere ad un accosto più prossimo all'impianto, accedendo al bacino acqueo su cui si affaccia l'impianto stesso. La fornitura dei servizi di bunkeraggi di GNL verrà effettuata rispettando i seguenti vincoli dimensionali

- Dimensioni serbatoi carrier GNL 5.000 – 7.000 m³.
- Navi bunker GNL capacità 250 m³.

Per Calata Olii Minerali è stata ritenuta idonea all'ipotesi di bunkeraggio verso una nave di riferimento avente le seguenti caratteristiche:

Capacità	6.600 m ³
Serbatoi	2 pcs di tipo "C" di uguale capacità
Temperatura di trasporto	minimo -163 °C
Lunghezza f.t.	106,0 m circa
Larghezza f.t.	18,6 m circa
Altezza costruzione	11,7 m circa
Pescaggio max estivo	5,6 m circa
Velocità (85% MCR – 15% sea margin)	13,5 nodi
Rata di scarica – bunkeraggio	500 m ³ /h

Rata di scarica - deposito costiero	1000 m ³ /h
Rata di caricaione con vapori di ritorno	2000 m ³ /h
Numero di approdi mensili previsti a regime (ipotizzando circa 120.00 tons. annue)	3,5
Permanenza in banchina	min. 10 ore – max. 16 ore

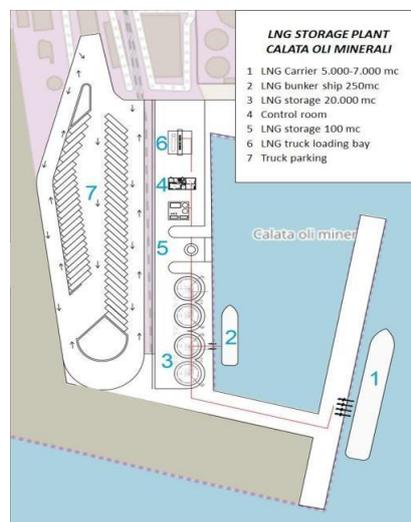
6.2.8. *Layout e processi.*

Il layout progettuale ipotizzato nello scenario finale del processo di implementazione dell'impianto prevede:

- sul lato mare, due accosti, di cui uno interno al bacino di Calata Oli Minerali e uno esterno per quelle navi che non possono accedere al primo per via di vincoli dimensionali,
- sul lato terra, quattro serbatoi per una capacità complessiva di 20.000 m³ e un ulteriore serbatoio di capacità pari a 100 m³; è inoltre prevista una control room per monitorare le operazioni, un'area di carico/scarico del GNL per le autocisterne e un'area di sosta per veicoli terrestri alle spalle del deposito.

Tuttavia, al fine di garantire lo svolgimento delle operazioni di bunkeraggio in condizione di sicurezza, il layout progettuale dovrà essere rivisto in sede di valutazione del rischio, in quanto la conformazione attuale potrebbe comportare rischi per via della manipolazione dei diversi combustibili accorpati in un unico polo, rendendo per questo motivo più difficile il conseguimento dell'autorizzazione per l'effettiva operatività della facility.

LNG storage plant-Calata Oli Minerali



6.2.9. *Procedure di Safety & Security.*

Non sono presenti informazioni sul progetto in merito alle procedure per la Safety & Security.

6.2.10. *Vincoli ambientali.*

La realizzazione dell'ipotesi progettuale di riferimento potrebbe comportare problematiche dal punto di vista ambientale, in quanto tale zona sarebbe adibita alla manipolazione di diversi tipi di combustibile. Nonostante suddetta preoccupazione, è opportuno evidenziare che tale pericolosità è stata discussa in sede di valutazione del rischio giungendo alla conclusione che si rende necessario un ridisegno del layout progettuale, in modo tale da conseguire le distanze minime per lo svolgimento delle

TDI RETE-GNL

operazioni di bunkeraggio di GNL in condizioni di massima sicurezza.

6.3. Business cases porto di Savona-Vado ligure.

Zona di interesse: Liguria.

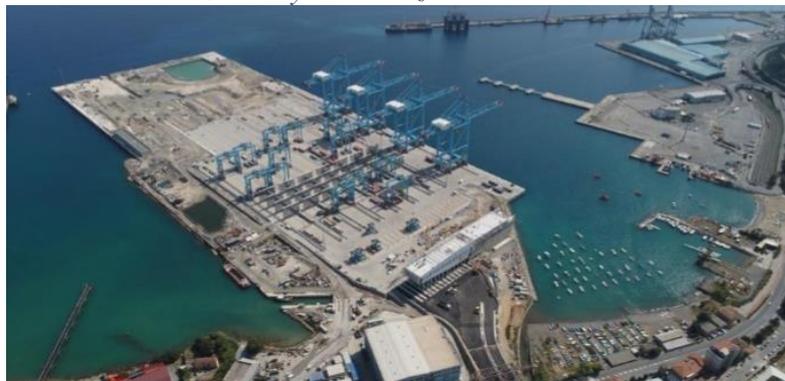
Autore: UNIGE-CIELI.

Porto/Business case: Savona-Vado Ligure - Deposito in testata piattaforma.

Foto o Rendering delle aree per il bunkering e lo stoccaggio del GNL (Vado Ligure – Deposito in testata piattaforma)



Vado Gateway - destinazione d'uso attuale



6.3.1. Introduzione.

L'ipotesi preliminare, presentata nel report "Deposito Small Scale LNG - Ipotesi preliminari" (2018), a cura di A. Vienna e proposta da Eni Spa, Gruppo Autogas, Fratelli Cosulich Spa e Ottavio Novella Spa prevede la realizzazione di un deposito GNL in testata piattaforma nel Porto di Vado Ligure (SV) specializzato nel settore della frutta di cui ne rappresenta il più importante porto di sbarco nel Mediterraneo. Il progetto prevede la costruzione di un deposito costituito da 2 serbatoi da 200 m³ e 10 da 1.000 m³ ai quali si aggiungono 2 pontoni aventi ciascuno capacità da 5.000 m³. L'area complessivamente impiegata per la realizzazione del deposito a terra risulta di circa 1,65 ettari considerando l'utilizzo di una fascia lunga quanto l'intera testata della banchina larga 30 metri unita alla fascia adiacente di 25 metri.

6.3.2. Descrizione dell'impianto.

L'ipotesi progettuale di deposito in testata piattaforma si concretizza in un deposito a terra formato da 2 serbatoi affiancati da 2 pontoni. La metaniera e il mezzo bunker risultano

ormeggianti nella stessa piattaforma e i pontoni sono situati in una struttura rappresentata sotto forma di un molo o di una diga foranea avente funzione di protezione. Gli spazi acquei vengono quindi occupati ulteriormente per una lunghezza dettata dalla testata piattaforma in oggetto e una larghezza data dalla distanza dalla banchina. Per la realizzazione del deposito è previsto uno sviluppo in 3 fasi di seguito riportate:

1. Fase iniziale (400 m³): 2 serbatoi da 200 m³;
2. Fasi intermedie (circa 10.000 m³): +1/+2 pontoni da 5.000 m³ ciascuno;
3. Fase a regime (circa 20.000 m³): +10 serbatoi a terra da 1.000 m³

6.3.3. Aspetti progettuali, autorizzativi e realizzativi.

L'ipotesi preliminare è stata proposta nel report "Deposito Small Scale LNG" (2018) a cura di A. Vienna da Eni Spa, Gruppo Autogas, Fratelli Cosulich Spa e Ottavio Novella Spa.

6.3.4. Localizzazione.

La presente ipotesi di localizzazione della facility GNL è prevista in testata piattaforma nel porto di Vado Ligure, area dedicata ad oggi all'attività container attraverso il nuovo terminal deep-sea Vado Gateway, gestito dalla società AMP Terminals Vado Ligure Spa, che rappresenta ad oggi uno dei terminal più tecnologicamente avanzati del Mediterraneo. Le coordinate GPS dell'area, fornite da Google Earth sono: Latitudine 44°16'12" N e Longitudine 8°27'02" E.

6.3.5. Modalità di approvvigionamento del bunker.

La modalità di approvvigionamento del bunker per l'ipotesi preliminare considerata è rappresentata dall'utilizzo di una specifica LNG Carrier o Bunkering Vessel commissionata dalla società norvegese Stolt-Nielsen Gas. La progettazione delle due navi in costruzione è stata realizzata dalla società Marine Engineering Services (MES) con sede in Italia, a Trieste e la realizzazione dei serbatoi della gassiera dalla società Gas&Heat, a Pisa. Il cantiere Keppel, a Nantong in Cina è stato scelto per la costruzione di due navi con le seguenti caratteristiche dimensionali:

- Length O.A.: abt.118.40 m
- Length B.P.: abt. 111.70 m
- Breadth MLD: abt. 18.60 m
- Depth: abt. 9.20 m
- Design draft: abt. 5.50 m
- Volume Cargo Tanks: abt. 7500 cbm
- Cargo tanks: 2
- Service Speed: abt. 13.5 knots
- Power: abt. 3000 kW
- Crew: 18

Si prevede l'ormeggio della metaniera presso la stessa piattaforma che si estende per circa 35-40 m dalla testata.

6.3.6. Utenze e distribuzione.

I possibili utenti della facility GNL nel porto di Vado Ligure riguardano in particolare il settore ferry che costituisce una delle principali attività del bacino attraverso l'offerta di collegamenti regolari verso la Corsica.



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



6.3.7. Dimensionamento e Key Performance Indicators.

Il deposito a terra è costituito da 2 serbatoi da 200 m³ e 10 serbatoi da 1.000 m³, ad essi si aggiungono 2 pontoni aventi ciascuno capacità da 5.000 m³. Per quanto concerne la lunghezza, si fa riferimento rispettivamente a circa 23 m e 48,5 m, mentre il diametro previsto è di 3,8 m e 5,8 m. È stata considerata anche una possibile alternativa costituita da 8 serbatoi da 1.225 m³ ciascuno divisi in due file, per favorire l'occupazione di una superficie analoga ma con una estensione in lunghezza maggiore, tale da non permettere l'ottimizzazione dell'area. I serbatoi sono tutti di tipo C con doppia parete in acciaio inox, e ogni blocco da 5 occupa un'area netta di circa 45 m x 50 m a cui deve essere sommato lo spazio per i manifold e i diversi equipment che gestiscono il boil off. I pontoni presentano una dimensione di circa 25-30 m x 60m, con un pescaggio di 5-6 m. Il deposito previsto, con dimensione pari a 10.000 m³, poggia sull'intera testata banchina con larghezza di 30 m e su una fascia adiacente da 25 m, occupando complessivamente un'area di 120 x 50 m.

6.3.8. Layout e processi.

L'ipotesi progettuale prevede un deposito di dimensioni pari a 10.000 m³. Tale deposito è costituito da 12 serbatoi più due pontoni ed è sito sull'intera testata banchina con larghezza di 30 m e su una fascia adiacente da 25 m, occupando complessivamente un'area di 120 x 50 m.

6.3.9. Procedure di Safety & Security.

In relazione alle procedure Safety & Security dovranno essere considerate tutte le misure relative alle criticità dell'impianto. In particolare, è necessaria la valutazione della portata delle linee di GNL tra ormeggio e serbatoi per rendere accettabili le distanze tra i punti critici, con maggiore sicurezza data da possibili pareti protettive in cemento.

6.3.10. Vincoli ambientali.

È necessario considerare dei rilasci accidentali di nubi gassose che potrebbero comportare criticità ambientali sia per la piattaforma logistica che per il bacino di accesso al porto, fermo restando che le zone abitate sono particolarmente distanti.

6.4. Business cases porto di Livorno.

Zona di interesse: Toscana.

Autore: Università di Pisa – DESTEC.

Porto/Business case: Porto di Livorno.



Interreg



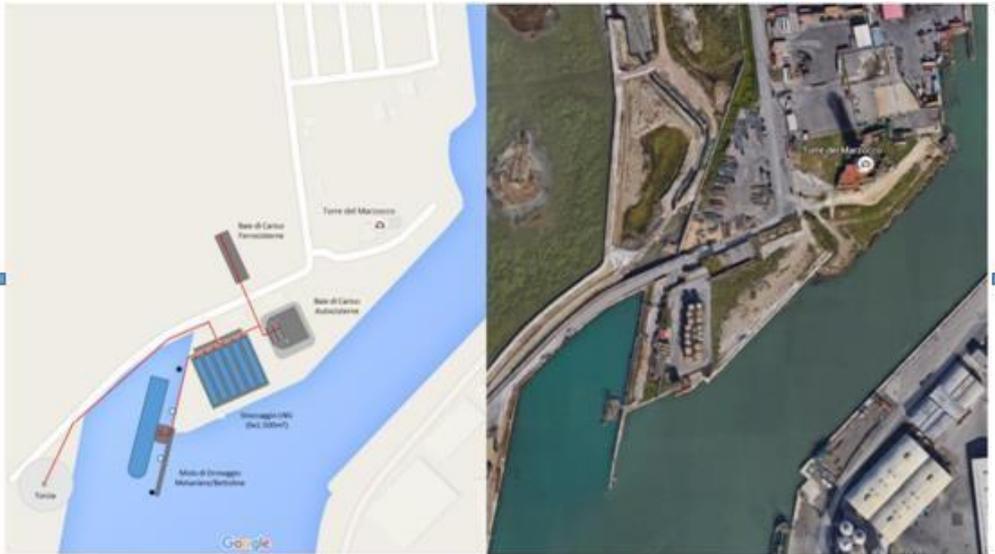
UNION EUROPÉENNE
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Foto o Rendering delle aree per il bunkering e lo stoccaggio del GNL (porto di Livorno)



6.4.1. Introduzione.

Il progetto, il cui costo è stimato in circa 45 M€, è cofinanziato per circa 7.8 M € dalla Commissione Europea, nell'ambito del programma europeo "GAINN4SEA - GAINN far South Europe Maritime LNG roll-out (TEN tec number: 2017_IT_TM_0066_W)" finalizzato allo sviluppo del GNL in ambito europeo nonché a finanziare gli investimenti nelle infrastrutture e nei mezzi afferenti il GNL. Per tale contributo, la Società LLT ha firmato un Grant Agreement con INEA (Innovation and Network Executive Agency - agenzia Governativa della Commissione Europea) sulla cui base, avvalendosi delle garanzie emesse dai soci Fondatori di LLT, un primario operatore bancario/assicurativo nel 2019 ha riconosciuto un finanziamento di importo pari al contributo Europeo (7.8 M €) con traenza differita.

6.4.2. Descrizione dell'impianto.

L'attività principale della Livorno LNG Terminal S.p.A. (di seguito LLT) sarà pertanto il deposito di gas naturale criogenico (codice ATECO 43.22.02) con quantitativo massimo di 2000 tonnellate pari a 4500 m³ di GNL. L'ingegneria è stata sviluppata dalla società Chart Ferox (CZ) che progetta e realizza dal 1970 più di 1000 serbatoi criogenici all'anno ed è attiva nello specifico settore dello stoccaggio GNL dal 1999 con numerosi progetti analoghi a questo.

La tipologia del tipo SSLNG (Small Scale LNG, Deposito LNG di piccola taglia) è di tipo particolarmente semplice poiché non prevede circuiti di liquefazione né di evaporazione su larga scala poiché il gas naturale entra ed esce dal deposito allo stato liquido a bassa temperatura (ad eccezione di una minima quantità di gas naturale dovuta alla evaporazione naturale del GNL per cui si è già individuato un utente locale).

6.4.3. Aspetti progettuali, autorizzativi e realizzativi.

L'impianto, che sorgerà complessivamente su una area di circa 16300 m², avrà le seguenti caratteristiche:

- a. sorgerà in parte sull'area di proprietà dell'Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Settentrionale, sita nel Porto di Livorno sulla Calata del Marzocco, destinata all'esercizio dell'attività di stoccaggio di lattice di gomma e data in concessione a Neri Depositi Costieri in virtù dell'atto registrato al Registro

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale"

Concessioni dell'Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Settentrionale (già Autorità Portuale di Livorno) al

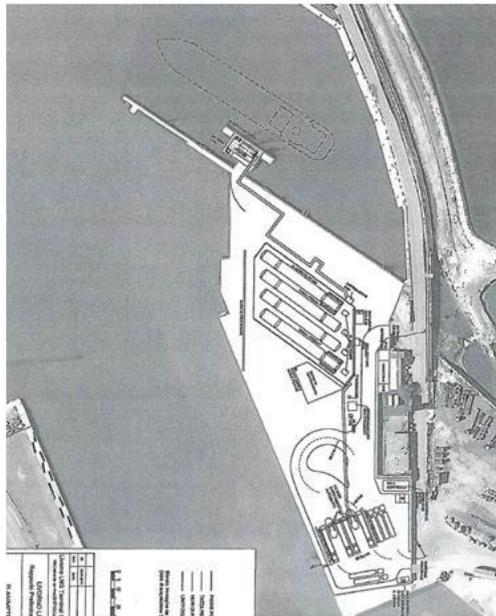
- b. n.64 dell'anno 2015 (Repertorio n. 65) e rinnovata, alla scadenza (31/12/2018) alla Neri Depositi Costieri.
- c. utilizzerà, per lo svolgimento di servizi portuali connessi alle attività sopra indicate, la banchina n. 13, presso la Darsena Petroli del Porto di Livorno nonché l'area antistante detta banchina, concessa ad Eni con atto registrato al Registro Concessioni dell'Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Settentrionale (già Autorità Portuale di Livorno) al n. 97 dell'anno 2016 {Repertorio n. 115), avente piena validità fino al 31 dicembre 2022.

Ad oggi non è stata ancora avviata la procedura di VIA al Ministero dell'Ambiente.

6.4.4. Localizzazione.

Sorgerà in parte sull'area di proprietà dell'Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Settentrionale, sita nel Porto di Livorno sulla Calata del Marzocco e utilizzerà, per lo svolgimento di servizi portuali connessi alle attività sopra indicate, la banchina n. 13, presso la Darsena Petroli del Porto di Livorno nonché l'area antistante detta banchina.

Planimetria deposito Porto di Livorno

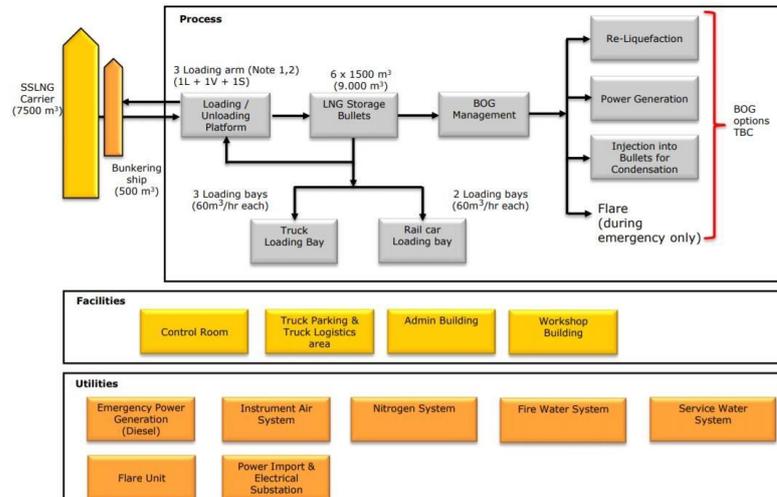


6.4.5. Modalità di approvvigionamento del bunker.

L'impianto sarà rifornito da navi con size variabile tra 3.000 e 7.500 mc.

6.4.6. Utenze e distribuzione.

Il sistema di utenze e distribuzione è esplicito nella figura seguente.



6.4.7. Dimensionamento e Key Performance Indicators.

L'impianto avrà una capacità di 5000 mc (inizialmente previsti 9000 mc) di stoccaggio di GNL e sarà costituito da 4 serbatoi da 1250 mc orizzontali per un throughput annuo di 150000 t; l'impianto sarà dotato di 4 pensiline di carico in grado di rifornire da 20 a 25 autobotti al giorno.

6.4.8. Procedure per la Safety e la Security.

- 2018/12/20 LLT assegna ad Eidos il contratto per lo studio degli aspetti inerenti la sicurezza per gli obblighi di cui alla normativa Seveso III.
- 2019/04/16 Consegnato Rapporto di Sicurezza preliminare per richiesta Nulla Osta di Fattibilità Deposito ai fini Seveso III presso CTR Toscana.
- 2019/04/16 Consegnato Progetto Antincendio, incluso nel Rapporto di Sicurezza preliminare, per Valutazione progetto ai fini DPR 151/2011 al Comando Regionale dei VVF Toscana (e a seguire ai VVF Livorno).

6.4.9. Vincoli ambientali.

Nota almeno una criticità a causa della vicinanza con Torre Marzocco, Sovrintendenza beni culturali.

6.5. Business cases porto di Cagliari.

Zona di interesse: Sardegna.

Autore: Unica- CIIREM

Porto/Business case: Porto di Cagliari, Progetto ISGAS Terminal GNL nel Porto Canale di Cagliari.

Foto o Rendering delle aree per il bunkering e lo stoccaggio del GNL (porto canale di Cagliari)



Interreg



UNION EUROPÉENNE
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Rendering aree per il bunkering e stoccaggio del GNL Porto Canale di Cagliari

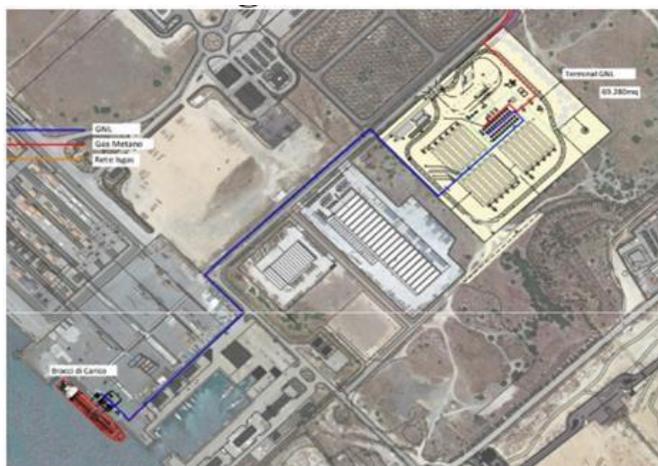


6.5.1. Introduzione.

Il progetto proposto da ISGAS prevede la realizzazione di un terminal per il GNL nel Porto Canale di Cagliari. L'impianto è stato localizzato in un'area che intercetta il tracciato delle reti di trasporto del gas GPL esistenti dell'area vasta di Cagliari. L'obiettivo principale è quello di garantire alle utenze civili e industriali della Sardegna la possibilità di utilizzare il gas metano come fonte energetica alternativa a quelle già presenti nell'isola. Il progetto proposto rientra nelle linee guida del Piano Energetico Ambientale della Regione Sardegna, ed in quelle dell'Accordo di Programma Quadro per la Metanizzazione della Sardegna.

La scelta progettuale adottata è inoltre in piena sinergia con le direttive europee e nazionali, sulla realizzazione di infrastrutture per i combustibili alternativi (Direttiva 2014/94/UE e D.Lgs. 257/2016). Il progetto del Terminal di ISGAS previsto all'interno delle aree del porto canale si pone come obiettivo di diventare uno dei principali poli nel mediterraneo per il rifornimento delle navi che utilizzano il GNL come carburante per il trasporto marittimo. Le infrastrutture sono infatti progettate per creare un efficiente "Bunkering Point" (ship to ship, truck to ship, o pipe to ship). Il proponente del progetto è la ISGAS Energit Multiutilities S.p.A, società Concessionaria, in regime di esclusiva, del servizio di distribuzione del gas nei comuni di Cagliari, Oristano e Nuoro. Attualmente ha oltre 21.000 utenti attivi. ISGAS si occupa della distribuzione e vendita dell'aria propanata (integralmente sostituibile con il metano) attraverso reti canalizzate nei vari territori comunali.

Inquadramento su ortofoto dell'impianto



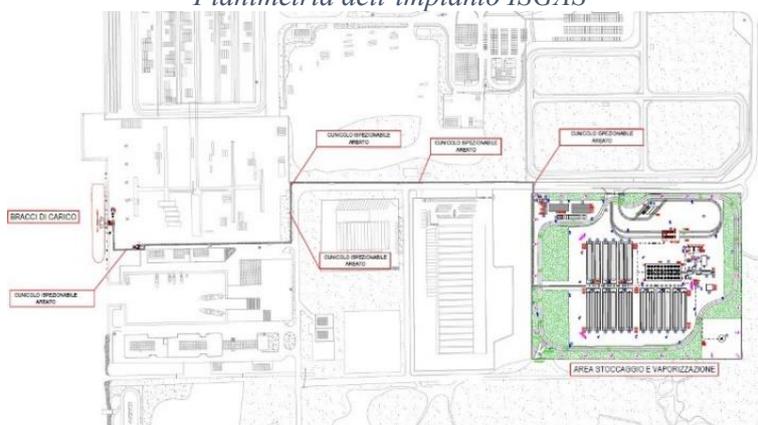
6.5.2. Descrizione dell'impianto.

Il Terminal sarà caratterizzato da una struttura in banchina per la connessione e lo scarico del GNL dalle navi metaniere, un complesso di tubazioni criogeniche per il trasporto del fluido nella zona impianto, un sistema di stoccaggio, pompaggio, e rigassificazione del GNL. Nel Terminal è prevista l'installazione di:

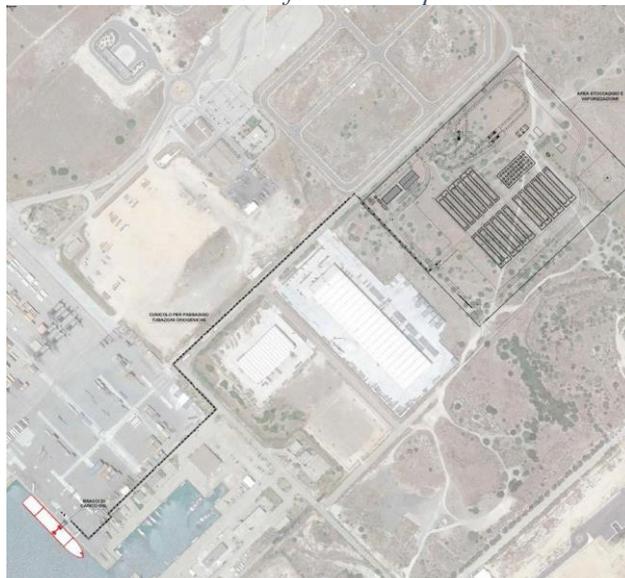
- 18 serbatoi criogenici;
- 9 gruppi di pompaggio;
- 40 vaporizzatori ad aria ambiente (AAV);
- 1 stazione per il filtraggio, la misura e l'odorizzazione del gas naturale propedeutica all'immissione nelle reti di trasporto.

Attraverso le baie di carico per le autocisterne si potrà trasportare il GNL su gomma in tutto il territorio regionale, o rifornire le navi, attuando così le direttive europee sull'utilizzo del GNL come combustibile per le imbarcazioni.

Planimetria dell'impianto ISGAS



Planimetria su ortofoto dell'impianto ISGAS



6.5.3. Aspetti progettuali, autorizzativi e realizzativi.

Stato progettuale e autorizzativo

Valutazione di Impatto Ambientale	
Livello Progettuale	Progetto definitivo
Stato Procedura	Parere CTVIA emesso, in attesa parere MIBACT
Avvio Procedura	19/06/2017
Soggetto Autorizzante	Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare

Stato realizzativo

Data prevista avvio cantieri	Non disponibile
Data prevista chiusura cantieri	Non disponibile
Tempi di costruzione:	10 mesi
Descrizione delle fasi di realizzazione	Le attività di realizzazione dell'opera sono previste in parallelo con l'utilizzo simultaneo di più squadre capaci di procedere nello stesso arco temporale. La realizzazione dell'impianto potrebbe anche essere prevista in due fasi distinte. In una prima fase verrebbe realizzato un impianto con una capacità di 6 serbatoi criogenici. In una fase successiva verrebbe realizzato il secondo lotto costituito dagli altri 12 serbatoi. Tuttavia in una ipotesi realizzativa comprendente un primo lotto si terrebbe conto di tutte le predisposizioni necessarie per la realizzazione delle restanti parti dell'impianto.

6.5.4. Localizzazione.

L'impianto sarà ubicato all'interno del Porto Industriale di Cagliari. Le coordinate del Baricentro



Interreg



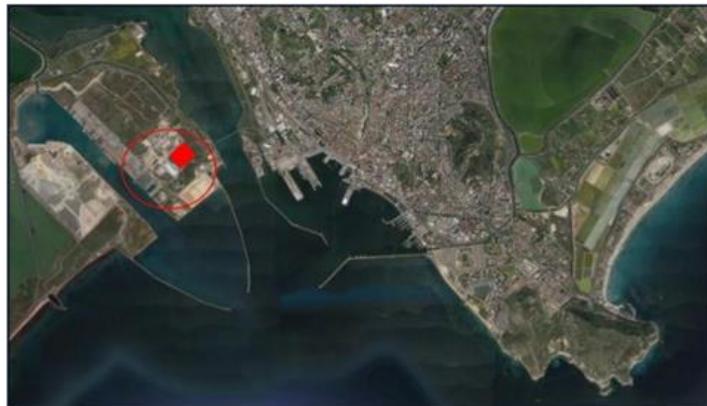
MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



dell'area dell'impianto sono E=1507402.7727; N= 4340468.3092 secondo il sistema di Riferimento Gauss Boaga (Roma Monte Mario). L'area è stata storicamente ricavata all'interno dello stagno di Santa Gilla durante i lavori per la costruzione del Porto Industriale stesso negli anni 60. Essa risulta infatti principalmente costituita da terreni di riporto.

Localizzazione impianto ISGAS



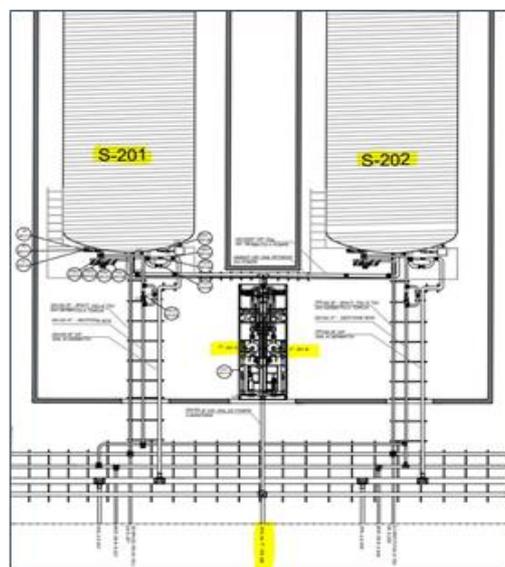
La posizione strategica in cui è ubicato l'impianto permette alle autocisterne criogeniche che transiteranno nell'impianto di accedere con facilità all'area portuale. L'impianto è infatti situato a soli 100 metri dalla Strada Statale 195, dal quale tramite le strade SS-195 racc. e la

S.S. 554 è possibile raggiungere la SS131 principale arteria di collegamento stradale della Sardegna. La posizione strategica del porto Canale non è dovuta solo alla ottima connessione stradale ma anche alla vantaggiosa collocazione nel contesto del bacino del Mediterraneo.

6.5.5. Modalità di approvvigionamento del bunker.

Il carico del GNL alle navi avverrà attraverso l'utilizzo di due pompe di rilancio P201A/B collegate ai serbatoi S-201-S-202.

Schema dei serbatoi e delle pompe di rilancio



TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale"

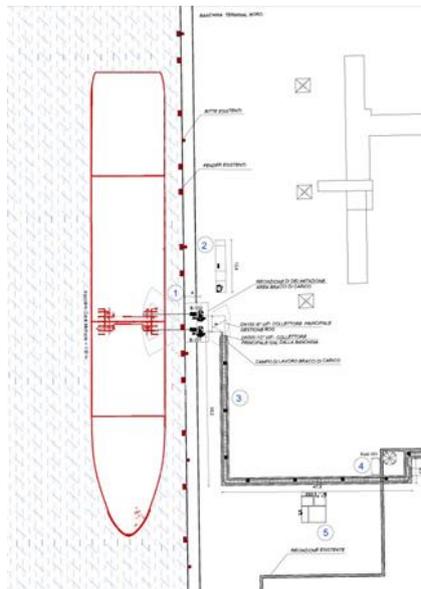
Le pompe di rilancio GNL attingono dai serbatoi tramite tubazioni da 6", per rilanciarlo alla pressione adeguata nel collettore principale anch'esso da 6" posto in uscita dai serbatoi.

Le pompe durante il ciclo operativo normale, inviano il GNL alla banchina e attraverso il braccio di carico BC-101, utilizzando la stessa linea di scarico delle navi ma in verso opposto, eseguono il rifornimento.

Le pompe saranno installate in adiacenza ai serbatoi e saranno accoppiate con funzionamento alternato. Le stesse pompe con configurazione adeguata permettono il ricircolo del GNL fino alla banchina per il raffreddamento delle tubazioni di scarico.

Le pompe P-201A/B sono dimensionate in configurazione alternata sulla massima capacità di rifornimento delle imbarcazioni dell'ordine di 250 mc/h ad una pressione massima di 5 bar. Il tempo di rifornimento sarà ovviamente correlato alla dimensione del serbatoio dell'imbarcazione.

Banchina e darsena di carico e scarico di GNL



6.5.6. UtENZE e distribuzione.

Il Terminal, una volta in funzione sarà in grado di fornire un servizio di bunkeraggio navale tra i più importanti nel mediterraneo occidentale. Il progetto ha inoltre come obiettivo di realizzare un impianto in grado di distribuire e di soddisfare i consumi di GNL delle utenze civili e industriali previsti dalla Regione Sardegna nell'area metropolitana di Cagliari. Gli utenti servibili dal terminal GNL attraverso la rete di trasporto ISGAS sono: Assemini, Cagliari, Capoterra, Decimomannu, Elmas, Monserrato, Quartu Sant'Elena, Quartucciu, Selargius, Settimo San Pietro, Sinnai e Sestu, per un totale di 400.428 abitanti. Al fine di raggiungere altre zone della Sardegna che non saranno allacciate alla rete di trasporto regionale o a quella dell'area vasta di Cagliari, verrà predisposta una zona denominata "Baie di Carico" in cui le autocisterne criogeniche, destinate al trasporto del GNL verso i centri di consumo interno al territorio regionale, potranno effettuare il rifornimento. A tale servizio verranno dedicati due serbatoi con due pompe a funzionamento alternato.

Questo sistema di trasporto del gas naturale liquefatto permetterà inoltre la creazione di piccoli sistemi di stoccaggio e rigassificazione locale, ovvero una tipologia di impianto che si sta diffondendo di pari

passo alla diffusione del GNL e delle tecnologie ad esso correlate.

6.5.7. Dimensionamento e Key Performance Indicators.

Il volume complessivo dei 18 serbatoi è pari a 22,068 m³. Il terminale è stato progettato e dimensionato in considerazione dei seguenti aspetti:

- attracco di navi metaniere fino ad una capacità massima di 15,000 m³ (7500 m³ per il primo lotto funzionale);
- capacità utile di stoccaggio nei serbatoi fissi pari a circa 22,000 m³ di GNL (1226 m³ per serbatoio, 18 serbatoi totali);
- approvvigionamento minimo stimato pari a 360,000 m³/anno di GNL (2 carichi mensili da 15,000 m³);
- GNL trasferito via autobotti/bettoline pari a 120,000 m³/anno;
- GNL rigassificato e inviato a rete pari a 240,000 m³/anno;
- capacità di rigassificazione di 832 milioni di m³/anno.

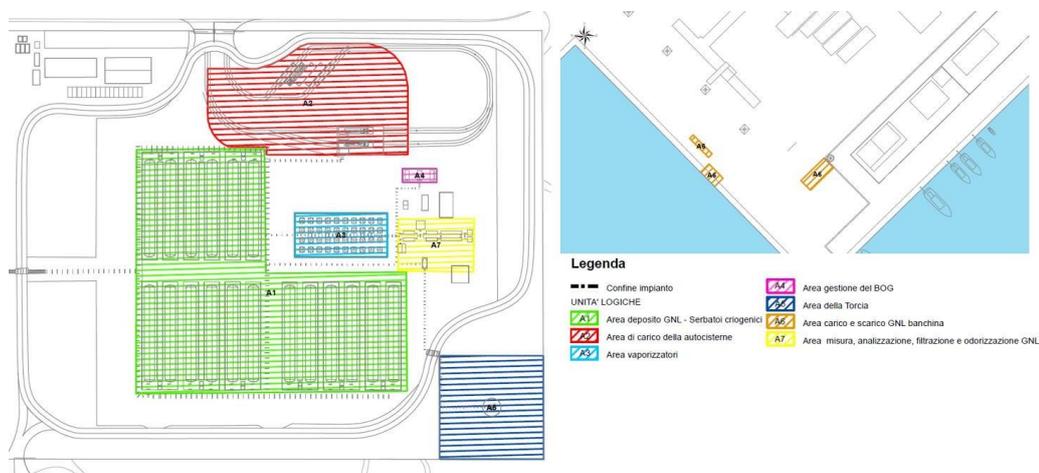
6.5.8. Layout e processi.

L'impianto sarà composto da 7 macro zone: un'area di carico e scarico del GNL con bracci di carico; un'area stoccaggio e pompaggio di GNL; un'area vaporizzatori; un'area baie di carico delle autocisterne; un'area gestione BOG; un'area torcia; un'area filtrazione, misura e odorizzazione del gas metano.

Il progetto prevede l'arrivo di navi gasiere di piccola taglia (da circa 15.000 m³) che ormeggeranno presso la banchina dedicata, e trasferiranno ai serbatoi il GNL attraverso bracci di carico.

Le operazioni di carico autocisterne potranno essere eseguite simultaneamente alle operazioni di scarico metaniere o bunkeraggio. Nel primo caso permetteranno lo scarico delle navi assicurando una capacità di trasferimento massima fino a 1000 m³/h, mentre per le fasi di bunkeraggio la portata massima sarà di 250 m³/h.

Unità logiche dell'impianto ISGAS



TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale"



Interreg

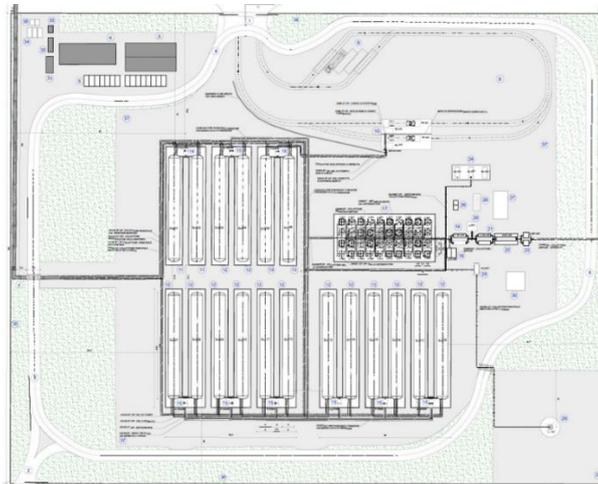


MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Planimetria di dettaglio dell'impianto



6.5.9. Procedure per la Safety & Security.

Il sistema di arresto di emergenza (Emergency Shutdown System ESD) si affianca al sistema di controllo distribuito (DCS) per intervenire nel caso di malfunzionamento o errore operativo, garantendo la messa in sicurezza dell'impianto. Per minimizzare le conseguenze di un evento di incendio, è previsto un sistema di depressurizzazione automatica di emergenza, del serbatoio coinvolto e di quello ad esso più prossimo, con lo scopo di mantenere il contenimento con la massima rapidità possibile.

La fermata totale o parziale dell'impianto può essere iniziata sia da sequenze automatiche, attivate dal superamento delle condizioni operative dell'impianto stabilite in fase di progetto, sia da attivazione manuale tramite pulsanti di blocco disponibili agli operatori, posizionati in campo e/o in sala controllo, a seconda della necessità.

6.5.10. Vincoli ambientali.

Il progetto ricade all'interno della Riserva naturale di Santa Gilla e dell'Oasi di protezione faunistica di Santa Gilla nei pressi dell'area SIC ITB040023 "Stagno di Cagliari, Saline di Macchiareddu, Laguna di Santa Gilla" e dell'area ZPS ITB044003 "Stagno di Cagliari".

Il Piano di gestione che interessa l'area SIC ITB040023 "Stagno di Cagliari, Saline di Macchiareddu, Laguna di Santa Gilla" e l'area ZPS ITB044003 "Stagno di Cagliari" prende in considerazione anche le aree tutelate precedentemente indicate della zona, e in particolare:

- l'Oasi permanente di protezione faunistica e di cattura "Stagno di Santa Gilla e Capoterra" ai sensi della L.R. 23/98; • la zona Ramsar "Stagno di Santa Gilla" (codice Ramsar: 3IT018);
- la Riserva Naturale Regionale proposta ai sensi della L.R. 31/89;
- il Sito di Interesse Comunitario ITB040023 "Stagno di Cagliari, Saline di Macchiareddu, Laguna di Santa Gilla", designato ai sensi della Direttiva 92/43/CEE "Habitat";
- la Zona di Protezione Speciale ITB044003 "Stagno di Cagliari" designata ai sensi della Direttiva 79/409/CEE "Uccelli selvatici";

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale"



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



- l'area IBA (Important Bird Area) “Stagni di Cagliari” (codice n° 188).

Per quanto riguarda i Piani di Gestione di SIC e ZPS dell'area Stagno di Cagliari, non paiono esservi elementi in contrasto con la realizzazione dell'opera in progetto. L'area di interesse non ricade infatti all'interno delle aree SIC e ZPS individuate per l'area vasta. Il progetto non interessa direttamente alcun sito della Rete Natura 2000 e non presenta interferenze con i Piani di Gestione esaminati.

6.6. Business cases porto di Oristano.

Zona di interesse: Sardegna.

Autore: Unica-CIREM.

Porto/Business case: Porto di Oristano, Impianto di Stoccaggio, Rigassificazione e Distribuzione GNL proposto dalla IVI Petrolifera nel Porto di Oristano – Santa Giusta.

Rendering delle aree per il bunkering e lo stoccaggio del GNL nel Porto Oristano Santa Giusta: dettaglio 1



Rendering delle aree per il bunkering e lo stoccaggio del GNL nel Porto Oristano Santa Giusta: dettaglio 2.



TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 “Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale”



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



*Rendering delle aree per il bunkering e lo stoccaggio del GNL nel Porto Oristano Santa Giusta:
dettaglio 3.*



6.6.1. Introduzione.

Di seguito viene descritta la proposta progettuale avanzata dalla società IVI Petrolifera S.p.A. che intende realizzare all'interno del porto di Oristano un deposito costiero per lo stoccaggio e la distribuzione di GNL di capacità pari a circa 9000 m³.

Inquadramento su ortofoto dell'impianto



L'opera in progetto è prevista nell'area del Porto industriale di Oristano, incluso nel territorio comunale di Santa Giusta, in Provincia di Oristano, e inserito nell'area industriale gestita dal Consorzio Industriale Provinciale Oristanese (CIPOR), Ente Pubblico Economico che promuove la localizzazione e lo sviluppo delle imprese nell'agglomerato industriale di Oristano. Il progetto prevede l'implementazione di una filiera che include l'approvvigionamento del GNL tramite navi metaniere, lo stoccaggio in impianto e la successiva distribuzione via terra mediante autocisterne e via mare tramite imbarcazioni (bettoline). Il deposito a terra comporterà lo stoccaggio di GNL fino a un massimo di circa 8000 m³. Infatti, il volume totale ammissibile sarà tale da permettere, in caso di problemi su un serbatoio, di trasferire il contenuto di un serbatoio verso gli altri. Il volume totale ammissibile sarà quindi pari circa 8000 m³ per i 9 serbatoi.

6.6.2. Descrizione dell'impianto.

Il deposito costiero sarà concettualmente suddiviso nelle aree funzionali di seguito elencate:

- area di attracco e trasferimento del GNL, che comprende le infrastrutture e i dispositivi

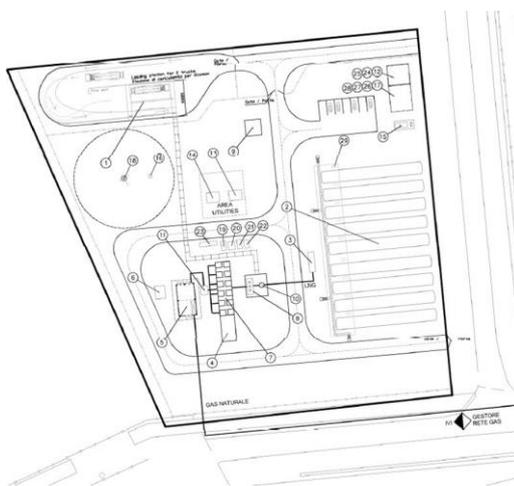
TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale"

per l'ormeggio di metaniere e bettoline, già attualmente esistenti, e tutti i dispositivi e le apparecchiature necessarie per il corretto trasferimento, durante lo scarico delle metaniere ed il carico delle bettoline;

- area di deposito del GNL, che comprende i serbatoi di stoccaggio e tutti i dispositivi accessori ed ausiliari necessari alla loro corretta gestione, nonché la sala controllo per la supervisione e la gestione dell'impianto e il generatore diesel di emergenza;
- area di rigassificazione, comprensiva di 12 vaporizzatori ad aria;
- area di carico delle autocisterne, che comprende le baie di carico/raffreddamento per le autocisterne, i sistemi di misurazione del carico e tutti i sistemi ausiliari per il corretto funzionamento e gestione.

Planimetria dell'impianto IVI Petrolifera



6.6.3. Aspetti progettuali, autorizzativi e realizzativi.

Stato progettuale e autorizzativo

Valutazione di Impatto Ambientale	
Livello progettuale	Progetto definitivo
Stato Procedura	Istruttoria Tecnica CTVIA
Avvio Procedura	09/08/2018
Soggetto Autorizzante	Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare

Stato realizzativo

Data prevista avvio cantieri	2019.
Data prevista chiusura cantieri	2020.
Tempi di costruzione:	10 mesi



Descrizione delle fasi di cantierizzazione

- preparazione dell'area, che comprende la rimozione ed il trasporto fuori sito del materiale superficiale - l'asfalto attualmente presente - e l'approvvigionamento di materiale granulare per le successive attività di costruzione;
- esecuzione delle fondazioni delle strutture del deposito costiero;
- installazione, completamento e sistemazione superficiale dell'area di impianto

6.6.4. Localizzazione.

La localizzazione dell'impianto è prevista all'interno dell'area industriale del Porto di Oristano. Tale area è individuabile mediante le seguenti coordinate geografiche: latitudine: 39°86'76" N longitudine: 8°54'78" E.

L'area prevista per l'ubicazione del deposito è quella situata sulla colmata esistente, nei pressi del molo e della banchina di sottoflutto che si affacciano sull'avamposto, ed interessa una superficie a terra di circa 16,000 m², attualmente asfaltati. La zona d'impianto sarà localizzata ad una distanza di circa 350 m dal deposito oli esistente di IVI Petrolifera.

Localizzazione dell'impianto IVI Petrolifera



6.6.5. Modalità di approvvigionamento del bunker.

Il rifornimento di GNL alle navi viene effettuato off shore mediante bettoline di capacità pari a 500 m³ secondo la procedura operativa denominata "ship to ship". Il servizio è reso possibile dall'impiego di pompe di travaso con una linea dedicata al condotto del liquido comune nella stazione di rifornimento della nave. La tubazione tra il collettore del liquido e la stazione di riempimento della nave è la stessa utilizzata per lo scarico della nave. La portata di riempimento per rifornimento della nave è progettata per 250 m³/h. È presente un tubo flessibile di rifornimento della nave. La procedura di rifornimento prevista è un'operazione condotta dall'equipaggio in cui sono richiesti sia operatori sulla nave sia sul lato del terminal.

Il rifornimento alla bettolina viene effettuato tramite un tubo flessibile di rifornimento della nave per una durata complessiva di scarico di circa 2 ore, senza includere la durata di ormeggio, ancoraggio e disormeggio. Il riempimento del serbatoio viene effettuato dal collettore di liquido alla mandata della pompa. Il riempimento di GNL e la pressione del serbatoio della nave di trasporto, viene regolata da opportune valvole. La pressione viene aumentata per correggere il flusso di carico durante l'avviamento e si abbassa a zero al termine della sequenza di riempimento automatico. I tubi sono flessibili e sono dotati di attacco rapido e raccordi di distacco manuale che consentono un funzionamento sicuro e affidabile tra il terminale e la bettolina. I tubi e i raccordi devono essere opportunamente conservati in

appositi armadi dopo lo scarico di GNL. Il terminale è inoltre dotato di collegamento ESD pneumatico. Il rifornimento di GNL viene effettuato azionando le 3 pompe di travaso dedicate che pompano GNL, attraverso una linea dedicata, alla stazione di rifornimento della bettolina. La tubazione tra il collettore del liquido e la stazione di rifornimento è la stessa utilizzata per lo scarico delle metaniere. La stazione di carico della bettolina è dotata di:

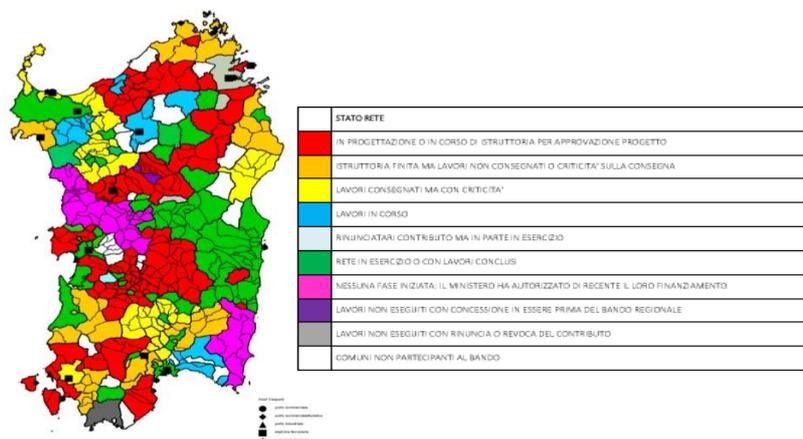
- Bracci di carico per il trasferimento del GNL;
- Raccordo del flessibile con attacco rapido e raccordi di distacco manuale;
- Valvola doppio blocco e sfiato per l'isolamento manuale;
- Valvola On/Off automatica;
- Valvola di regolazione per aumentare il flusso;
- Sensore di misura della temperatura, adeguatamente installato in banchina per rilevare grandi perdite di GNL;
- Flussometro e totalizzatore per la misura fiscale;
- Trasmettitori di temperatura e pressione;
- Valvola di spurgo azoto;
- Rilevatori di incendi e gas;
- Pulsante di arresto ed emergenza;
- Luci di segnalazione.

In caso di emergenza e qualora la bettolina avesse necessità di rimuovere il proprio carico, tale operazione sarà effettuata mediante l'uso di azoto. La bettolina può quindi collegare il tubo per l'azoto disponibile sulla banchina per forzare il GNL verso i serbatoi a terra.

6.6.6. Utenze e distribuzione.

Il Terminale GNL è finalizzato prioritariamente ad alimentare le reti interne esistenti presenti nel territorio regionale della Sardegna. Infatti, il piano della rete regionale è articolato su 38 bacini che interessano complessivamente N° 330 comuni.

Situazione realizzativa dei bacini di distribuzione del gas in Sardegna (2015)



TDI RETE-GNL



La massima portata annua a regime dell'impianto di GNL rigassificato sarà di 876.000 m³ verso la rete di distribuzione interna della Sardegna del gas metano; si prevede inoltre che in fase di esercizio saranno distribuiti 4000 m³ di GNL tramite camion o bettoline. L'impianto consentirà inoltre di svolgere un servizio di Bunkering in modalità Ship to Ship.

6.6.7. Dimensionamento e Key Performance Indicators.

Il terminale sarà approvvigionato mediante l'arrivo di massimo 220 metaniere annue di capacità compresa tra 4000 e 5000 m³. I volumi massimi annui stoccati saranno pari a 880,000 m³ di GNL. Il progetto prevede la predisposizione delle aree e dei punti di connessione ai sistemi necessari per il trasferimento del GNL rispettivamente su auto cisterne per la distribuzione del prodotto nel territorio interno e bettoline per il rifornimento di navi alimentate a GNL. Per il caricamento delle bettoline sarà prevista la possibilità di inversione del flusso (reverse flow) della linea di scarico GNL. Nel progetto è prevista la distribuzione via mare di circa il 20% del GNL approvvigionato al deposito mentre il restante 80% sarà distribuito via gomma internamente al territorio regionale verso i centri di consumo. Per lo svolgimento delle attività via mare si stimano le seguenti tempistiche:

- Manovra di ingresso al porto e presa di ormeggio: 3 ore;
- Tempo di carico/scarico: 12 ore;
- Disormeggio e manovra di uscita: 3 ore.

Per quanto riguarda la distribuzione via terra tramite autobotti, si prevede l'utilizzo di massimo 100 unità annue. Le attività di carico delle autobotti avranno una durata di circa 1.5 ore. L'impianto sarà operativo per circa 310 giorni l'anno e potrà operare in maniera continuativa per almeno 25 anni.

- Il progetto si basa su un flusso continuo di GNL in grado di consentire una portata di rigassificazione di 60,000m³/h (equivalente a 100 m³/h di GNL);
- Il carico dell'autobotte può essere effettuato per due autobotti contemporaneamente;
- È previsto ritorno di vapore dall'autobotte al serbatoio GNL;
- Non è previsto ritorno di vapore dai serbatoi di stoccaggio GNL alla nave che trasporta GNL;
- Il rifornimento delle bettoline può essere effettuato contemporaneamente al carico dell'autobotte
- La rigassificazione può essere effettuata in contemporanea alle operazioni di movimentazione GNL di cui sopra.

Nella tabella seguente vengono forniti alcuni valori relativi alle caratteristiche dell'impianto per le operazioni di carico di GNL alle navi e alle autobotti.

Carico Nave	
Capacità LNGC, min/max	4000-5000 m ³
Tonnellaggio massimo pontile	50,000 DWT
Dimensioni massime del pontile, lunghezza	170-190 m
Limitazione di pescaggio del pontile	11.5 m
Tempo di scarico	12 ore



Carico Autocarro	
Numero stazioni di carico autocarro	1
Numero banchine di carico autocarro per stazione	2
Frequenza di esportazione LNG mensile	4000 m ³
Frequenza di carico autocarro per giorno lavorativo	3-4

6.6.8. Layout e Processi.

Di seguito vengono illustrate le unità principali dell'impianto:

- **Scarico e trasferimento GNL:** il GNL sarà trasportato al deposito costiero tramite navi gasiere o metaniere aventi caratteristiche analoghe a quelle attualmente esistenti di capacità di trasporto tipicamente tra i 4,000 e i 5,000 m³. Le navi saranno ormeggiate e scaricate in corrispondenza di un'area di accosto che si trova su un pontile esistente. Una volta assicurato l'ormeggio della nave e stabilite le comunicazioni con il deposito, potranno iniziare le procedure di scarico del GNL con la connessione del braccio di carico ubicato in corrispondenza dell'accosto ed effettuate le relative prove di tenuta. Il braccio di carico consentirà il collegamento della linea del GNL. Il prodotto verrà scaricato e inviato ai nove serbatoi di stoccaggio del deposito.
- **Serbatoi di stoccaggio GNL:** il GNL è stoccato in 9 serbatoi in pressione cilindrici orizzontali, di capacità utile di circa 1000 m³ ciascuno. I serbatoi del tipo cilindrico orizzontale saranno installati fuori terra e saranno del tipo a doppio contenimento totale, ciascuno composto da un serbatoio esterno e uno interno entrambi in acciaio inossidabile criogenico. I serbatoi hanno una pressione di progetto di 8 barg + Full Vacuum, e una pressione operativa variabile tra 1 e 7 barg.
- **Sistema di distribuzione GNL:** a) *Carico del GNL alle bettoline:* questa operazione avverrà tramite il funzionamento di 3 pompe di rilancio. Le pompe di rilancio aspireranno dai serbatoi e, durante la marcia normale, invieranno il GNL alla bettolina utilizzando in contro-flusso la stessa linea di scarico della metaniera. Le bettoline saranno approvvigionate attraverso una manichetta che permetterà una grande flessibilità di carico, consentendo di approvvigionare diverse tipologie di bettoline. Le pompe di carico GNL saranno centrifughe di tipo sommerso multistadio. In condizioni di marcia normale le 3 pompe saranno tutte operative, dimensionate in configurazione 3 al 33% sulla massima capacità di carico delle bettoline ossia 255 m³/ora. b) *Carico del GNL su autocisterne:* saranno previste 2 baie di carico GNL su autocisterne. Le baie saranno alimentate da una delle tre pompe di trasferimento GNL. La pompa utilizzata ha una portata nominale di 85 m³/ora e una prevalenza di 200 m, garantendo in tal modo di alimentare le due baie con 42.5 m³/ora di GNL ciascuna.
- **Sistema di gestione del BOG:** le caratteristiche dei serbatoi, in grado di operare con alta pressione, permettono il contenimento del BOG lasciando che la pressione interna di saturazione e le temperature associate aumentino fino alla successiva fornitura di GNL e comunque fino al valore di set previsto per la gestione del BOG. La pressione e la temperatura all'interno del serbatoio sono relativamente alte se comparate con il GNL che viene approvvigionato al deposito mediante metaniera. Il GNL scaricato da una metaniera si miscela con quello nel serbatoio condensando il BOG e portando il GNL ad una temperatura e pressione più basse. Questo processo di gestione si basa sulla fornitura periodica di GNL che riequilibra il GNL nei serbatoi in modo da ridurre o non produrre BOG. Se la fornitura di nuovo GNL non



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



dovesse avvenire per tempo tale da portare la pressione ad un valore di set, si attiverà l'impianto di re- liquefazione. Quando la pressione dei serbatoi si approssimerà alla pressione di set, l'impianto di re-liquefazione si attiverà e preleverà il BOG dalla parte superiore dei serbatoi e lo invierà ad uno scambiatore di calore criogenico a piastre alettate che condenserà il vapore in liquido e lo restituirà in forma liquida ai serbatoi di stoccaggio GNL. Questo processo consente di controllare la pressione dei serbatoi a tempo indeterminato.

- **Sistema torcia di emergenza:** il deposito sarà dotato di un sistema raccolta rilasci collettato a una torcia calda, il sistema è progettato per raccogliere e smaltire in sicurezza gli scarichi provenienti dalle linee di spurgo, dalle valvole limitatrici di pressione e dalle valvole di protezione termica. Il rilascio di gas attraverso la torcia è atteso esclusivamente durante condizioni di funzionamento anomale e di emergenza, o per la preparazione a interventi di manutenzione.

6.6.9. Procedure per la Safety & Security.

L'impianto è stato concepito per minimizzare la possibilità di fuoriuscita accidentale o perdite di GNL. La filosofia adottata ha lo scopo di minimizzare gli accoppiamenti flangiati in favore di quelli saldati. È previsto l'utilizzo di flange laddove esplicitamente richiesto dagli standard normativi di riferimento, ad esempio per l'isolamento positivo dei serbatoi. Inoltre, l'impianto è dotato di valvole di intercettazione in ingresso ed uscita dalle apparecchiature principali (serbatoi, pompe, ecc.) e sulle linee principali di GNL. In tal modo è possibile isolare le apparecchiature e i tratti di linea e quindi limitare al minimo i rilasci accidentali di GNL e di vapori. Il Manuale Operativo previsto includerà tutte le procedure operative necessarie al buon esercizio dell'impianto e dei sistemi presenti nel deposito.

Le procedure operative prevedranno che il volume totale stoccato nei serbatoi sia tale da consentire il travaso di un serbatoio negli altri, al fine di poter gestire eventuali situazioni di emergenza su un serbatoio. Il volume massimo di GNL che potrà essere stoccato all'interno dei 9 serbatoi sarà 8000 m³. La procedura di scarico è un'operazione condotta dal personale per cui sono richiesti operatori sulla nave e sul lato del deposito GNL. E' prevista una persona sul pontile durante lo scarico ed una nella sala controllo presso l'impianto. L'interazione tra questi due operatori e l'equipaggio della nave è essenziale durante la procedura di scarico. La stazione di carico delle autocisterne è stata progettata per consentire all'autista dell'autocisterna di controllare l'intera operazione di carico, tra cui avviamento, arresto e set point di riempimento, senza alcuna assistenza. Ciò è facilitato da un pannello dell'operatore posizionato all'interno dell'area della stazione di carico. Tutte le operazioni vengono svolte automaticamente dal sistema di controllo con l'eccezione della connessione e disconnessione dei bracci di carico e della verifica della corretta connessione. L'impianto sarà dotato della necessaria segnaletica di sicurezza in accordo a quanto richiesto dal D.L.vo 81/2008 al Titolo V "Segnaletica di Salute e Sicurezza sul Lavoro" e s.m.i.. Saranno installati i necessari cartelli di:

- sicurezza e salute sul luogo di lavoro;
- divieto, quali ad esempio il divieto di fumare e usare fiamme libere e il divieto di accesso alle persone non autorizzate;
- avvertimento, quali ad esempio cartelli che informano della presenza di gas infiammabili, liquidi infiammabili, sostanze a bassa temperatura;
- prescrizione, quali cartelli che invitano a indossare i necessari Dispositivi di Protezione Individuale;

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale"



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



- salvataggio e soccorso (ad esempio segnalazione vie di fuga ed uscite di emergenza).

Tutte le attrezzature antincendio presenti saranno colorate in rosso, collocate in posizioni visibili ed adeguatamente segnalate da appositi cartelli. Per evitare danni per la caduta di oggetti o da collisione che potrebbero comportare perdite di GNL verranno presi opportuni accorgimenti per la manutenzione e l'installazione delle apparecchiature. I lavori attorno alle apparecchiature saranno soggetti a valutazione del rischio, ma in generale non saranno consentite operazioni di sollevamento con mezzi mobili nei pressi delle apparecchiature.

Il deposito sarà dotato di recinzione antintrusione ed è prevista una portineria destinata al controllo dell'accesso presidiato 24/24 ore. Il deposito sarà inoltre dotato di telecamere a circuito chiuso per controllare la presenza di eventuali anomalie. I sistemi di protezione, previsti al fine di ottenere un elevato grado di sicurezza, sono stati scelti sulla base di quanto richiesto dalle norme, codici, standard di riferimento e di quanto deriva da criteri di buona ingegneria. Il sistema di protezione attiva antincendio è costituito dalle seguenti apparecchiature:

- 8 idranti fuori terra e relative cassette per le manichette;
- 1 monitor di capacità pari a 2000 l/m. In caso di necessità i Vigili del Fuoco potranno collegarsi alla rete antincendio attraverso il punto di connessione dedicato. Il sistema è dimensionato per consentire una portata di acqua antincendio pari a 180 m³/ora e ad una pressione di 8 bar.

6.6.10. Vincoli ambientali.

Per quanto riguarda i seguenti argomenti e/o strumenti di pianificazione non risultano essere presenti vincoli o tutele con riferimento alle aree di progetto:

- *Siti della Rete Natura 2000, IBA, Parchi, EUAP.* L'area di localizzazione del progetto non interessa direttamente nessuna di tali aree naturali protette o sottoposte a tutela. Il sito più prossimo all'area di progetto è il SIC ITB032219 Sassu Cirras, a circa 1.3 km, la cui caratterizzazione è riportata nello Studio di Incidenza per la valutazione delle potenziali incidenze sui siti Natura 2000 più prossimi all'area di progetto;
- *Vincoli nautici.* Le Carte nautiche No.293 "Golfo di Oristano" (Istituto Idrografico della Marina, aggiornamento al 2013, scala 1:40,000) e No. 291 "Porto di Oristano" (Istituto Idrografico della Marina, aggiornamento al 2009, scala 1:10,000) non riportano vincoli nautici per l'area di progetto. Si evidenzia inoltre che durante l'esercizio dell'opera in progetto, le navi GNL seguiranno le regole di navigazione previste per l'accesso e per le manovre nel Porto di Oristano;
- *Vincoli militari.* Come riportato nella Carta Nautica No. 1050 "Zone Normalmente Impiegate per le Esercitazioni Navali e di Tiro e Zone dello Spazio Aereo Soggette a Restrizioni" (Istituto Idrografico della Marina, aggiornamento al 2014, scala 1:1,700,000), l'area di progetto ricade all'interno di una zona "dello spazio aereo soggetta a restrizioni" denominata R 54, per la quale risulta regolamentato lo spazio aereo ed in cui il traffico navale è tenuto ad attenersi alle indicazioni dell'Avviso ai naviganti in caso di esercitazioni in corso o in programma. Non sono pertanto identificati vincoli militari nell'area di progetto;
- *PAI.* L'analisi della Cartografia delle aree a rischio idraulico e di frana relative al Sub Bacino idrografico No. 2 "Tirso" mostra che l'area di progetto non interessa né aree a Pericolosità Idraulica (Hi), né a Pericolosità Geomorfologica (Hg). L'area a pericolosità idraulica più vicina

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale"



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



al sito del progetto è un'area ad alta pericolosità (Hi4) in corrispondenza della Foce del Fiume Tirso, a circa 1.4 km a Nord Ovest dal progetto;

- *Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (approvato con la Deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino Regionale della Sardegna No. 2 del 15.03.2016).* Dall'analisi delle mappe della Pericolosità, del Danno Potenziale e del Rischio Alluvioni nell'area di interesse per il progetto è possibile rilevare che:
 - a. l'area dell'impianto ricade nella classe di danno potenziale D1 - Danno potenziale moderato o nullo, la quale comprende aree libere da insediamenti urbani o produttivi dove risulta possibile il libero deflusso delle piene. Si noti in tal senso che, una volta presente l'impianto, l'area di progetto potrà verosimilmente essere riclassificata in classe D4 – Danno potenziale molto elevato, in analogia alle aree antropizzate limitrofe alla zona del rigassificatore,
 - b. l'area di progetto non ricade in alcuna classe di pericolosità,
 - c. l'area del rigassificatore e delle condotte non ricade in alcuna area di Rischio alluvioni. Tali aree sono definite considerando congiuntamente la classificazione di pericolosità e di danno potenziale del territorio, motivo per il quale l'area di progetto non è ricompresa in nessuno dei quattro livelli di Rischio (R4, R3, R2 ed R1);
- *Piano di Tutela delle Acque.* L'area di progetto non risulta interessata dalla presenza di:
 - d. aree sensibili (comprendenti zone umide, laghi naturali e corsi d'acqua afferenti, altre acque dolci ecc.) disciplinata dall'art.22 delle NTA del Piano,
 - e. zone vulnerabili da nitrati,
 - f. aree si salvaguardia per il loro rilevante interesse ambientale e paesaggistico quali Parchi, SIC, ZPS ecc.

Non si individuano pertanto tutele ambientali sull'area di progetto per quanto riguarda le acque;

- *Piano Regionale di Qualità dell'Aria.* L'area di progetto ricade all'interno della zona rurale (IT2010), per la quale il Piano non prevede norme o vincoli;
- *Piano Regolatore Territoriale Consortile del Consorzio Industriale Provinciale Oristanese.* L'area dell'impianto si trova in un'Area Disponibile per Attività Produttive. Nell'art.6 "Lotti per attività produttive" delle NTA del Piano, si indica che in tali aree "sono ammessi soltanto [...] insediamenti industriali, depositi, attività artigianali, strutture di supporto ad attività produttive operanti". Si evidenzia inoltre che la linea delle condotte di progetto sarà installata in una pista tubi già esistente, la quale ricade solo parzialmente all'interno dell'agglomerato industriale, costeggiando la fascia verde di rispetto consortile, le aree di deposito delle materie prime e la fascia di rispetto inedificabile. Pertanto, il Piano non pone vincoli o tutele nell'area di realizzazione del progetto, che risulta coerente con le previsioni del Piano stesso;
- *PUC Santa Giusta.* Il progetto ricade all'interno della sottozona D1 "Grandi aree industriali". Secondo quanto stabilito dalle NTA del PUC, le sottozone D1 sono "aree impegnate da impianti destinati ad attività industriali di tipo complesso, di trasformazione di materie prime, che possono produrre un significativo inquinamento acustico, atmosferico, non compatibili con la residenza, caratterizzati da una estesa occupazione di territorio". Il PUC di Santa Giusta non

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale"



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



risulta pertanto porre vincoli o tutele sull'area di realizzazione delle opere.

Il progetto, come da indicazioni delle NTA del PUC, potrà essere oggetto di PUA dedicato;

- *Piano di Utilizzo dei Litorali (PUL), Comune di Santa Giusta.* L'area di impianto non interessa alcun ambito del PUL, perciò tale area non risulta soggetta alla disciplina di Piano. Le condotte GNL previste dal progetto saranno realizzate in una pista tubi già esistente, localizzata nell'ambito 3 "Porto Industriale". In tali aree secondo le NTA del PUL, l'ambito di costa relativo al Porto Industriale è escluso dal campo di applicazione del PUL stesso, essendo disciplinato dal Piano Regolatore del Consorzio Oristanese trattato sopra;
- *Piano Regolatore Portuale del Porto Industriale e Commerciale di Oristano.* L'area a progetto ricade in aree industriali e commerciali insediamenti in atto. A tal proposito si precisa che le aree industriali e commerciali, individuate nella zonizzazione del 1964 come insediamenti in atto, sono state nel frattempo realizzate, contribuendo a rimarcare l'attuale vocazione portuale ed industriale dell'area. Pertanto, il Piano non risulta porre vincoli o tutele sull'area di realizzazione delle opere.

6.7. Business cases porto di Tolone.

Zona di interesse: Provenza-Alpi-Costa Azzurra

Autore: CCI del VAR con la collaborazione di See Up

Porto/Business case: Porto di Tolone, terminale GNL di Fos Tonkin (in gestione a Elengy).

6.7.1. Introduzione.

Di seguito si riporta sinteticamente il business cases del porto di Tolone, realizzato dal consulente scientifico See Up del Partner P5 (CCI del VAR), al fine di inquadrare ed indentificare l'apporto di ciascun Partner. Per una maggior coerenza all'interno del prodotto T.2.2.2 "Scheda di Sintesi" l'intervento verrà suddiviso nelle stesse sezioni dei business cases precedenti.

Le metaniere GNL del Porto di Tolone provengono in maniera maggioritaria dall'Africa settentrionale, una volta giunte in loco al terminal GNL di Fos Tonkin il GNL può essere oggetto di tre tipi di interventi:

- rigassificazione e successiva immissione nella rete nazionale di distribuzione;
- caricamento allo stato liquido in autocisterne e successivo inoltro verso il settore industriale;
- caricamento in metaniere aventi una stazza ridotta.

6.7.2. Descrizione dell'impianto.

Di seguito, nella figura sottostante, si riporta la rappresentazione del sito GNL di Fos Tonkin da cui emerge come il sito, avente una superficie pari a circa 17 ettari, sia suddivisibile in 4 zone, identificate in figura dalle lettere A, B, C, D⁷.

⁷ Dove: A indica il punto di entrata/uscita delle metaniere; B la zona destinata ad uffici ed officina; C il pontile per l'ormeggio; D la zona industriale.



Schema del sito di GNL di Fos Tonkin e le sue zone principali



Il processo industriale e il ciclo di vita del GNL all'interno del porto in esame vengono riassunti in un sistema a 12 fasi, riportato sinteticamente nella figura sottostante, che va dalla scaricazione del GNL mediante bracci di scarico (fase 1), fino al suo inoltro nella rete, a seguito di una sua rigassificazione e al conferimento di un odore (fase 7). Viene quindi riportato anche il processo di equalizzazione compiuto durante lo scarico della metaniera (fase 9), nonché la presenza di due impianti di carico GNL per autocisterne (fase 12).

6.7.3. Aspetti progettuali, autorizzativi e realizzativi.

Stato progettuale e autorizzativo

Valutazione di Impatto Ambientale	
Livello progettuale	Progetto preliminare
Stato Procedura	Cfr. report consulente
Avvio Procedura	Cfr. report consulente
Soggetto Autorizzante	Cfr. report consulente

Stato realizzativo

Data prevista avvio cantieri	Cfr. report consulente
Data prevista chiusura cantieri	Cfr. report consulente
Tempi di costruzione:	5 anni
Descrizione delle fasi di progettazione	<ul style="list-style-type: none"> • predisposizione del progetto iniziale e identificazione del luogo; • studio dell'impatto (ICPE: Impianto Classificato per la Tutela dell'Ambiente) e valutazione dei rischi; • richiesta di autorizzazione presso la prefettura; • elaborazione dettagliata del progetto; • richiesta e ottenimento della licenza edilizia di costruzione; • messa in funzione.

6.7.4. Localizzazione.

La scelta della ubicazione del sito di Fos Tonkin, che risulta essere in primo luogo un terminale di rigassificazione, è stata effettuata benché tale sito rispondeva a obiettivi diversi rispetto a quelli dati da un sito di stoccaggio puro.

6.7.5. Modalità di approvvigionamento del bunker.

La fonte di approvvigionamento del sito è esclusivamente quella via mare. Si sottolinea come il sito non risulti idoneo ad ospitare navi aventi una capacità più elevata di 74.000 m³ a causa del limite tecnico dato dalla capacità del serbatoio in loco, pari a 80.000 m³. Il flusso di scarico risulta essere pari a 4.500 m³/h a velocità di crociera, il tempo di sosta non supera quindi le 30 ore.

6.7.6. Utenze e distribuzione.

Nel 2019, dei 4 milioni di m³ di GNL presi in consegna dal sito di Fos Tonkin, il 90% è stato immesso nella rete di distribuzione, mentre la restante parte è stata caricata su autocisterne. Inoltre, avendo il sito due impianti di carico/scarico per autocisterne ed essendo il periodo di transito di queste ultime, all'interno di Fos Tonkin, pari a circa 1 h, il sito può gestire fino a 34 camion al giorno⁸. Il transito e l'ingresso degli autoveicoli è stato inoltre ottimizzato grazie ad un sistema di prenotazione.

6.7.7. Dimensionamento e Key Performance Indicators.

Il sito di Fos Tonkin dispone di un serbatoio avente capacità pari a 80.000 m³, consentendo, grazie alla velocità di scaricazione/caricazione delle sue pompe, il transito di circa 10 milioni di GNL l'anno. All'interno dello studio vengono individuati 3 KPIs:

- indice di rotazione di GNL nel serbatoio;
- numero di autocisterne caricate ogni giorno, con relativo tempo medio di passaggio;
- numero di imbarcazioni caricate/scaricate e durata dello scalo.

6.7.8. Layout e Processi.

Per quanto attiene al layout e ai processi, il report predisposto dal Partner P5 dettaglia puntualmente i profili più rilevanti. Di seguito la visione di dettaglio del layout previsto.

Schema del processo di GNL nel terminale di Fos Tonkin



⁸ Dato ottenuto considerando una velocità massima di carica/scarica pari a 80m³/h.

6.7.9. Procedure per la Safety & Security.

Con la specifica menzione relativa alla disciplina normativa a cui il sito di Fos Tonkin può essere/è oggetto (ICPE Seveso Soglia Alta; ISPS; ZAR), occorre menzionare alcune delle procedure e degli impianti di sicurezza realizzate da Elengy all'interno del terminale, vengono quindi riportate sinteticamente nella tabella sottostante.

Procedure in materia di sicurezza adottate dal sito Fos Tonkin

Carico/scarico marittimo	<i>Monitoraggio di un operatore; Dispositivo di scollegamento di emergenza sui bracci.</i>
Stazione di carico di GNL di autocisterne nel sito	<i>Monitoraggio di un operatore; Attesa del conducente in luogo sicuro; Entrata nel sito solo mediante autorizzazione; tubi di collegamento flessibili.</i>
Serbatoio di Stoccaggio	<i>Caricamento del GNL effettuato dall'alto.</i>
Sito industriale	<i>Monitoraggio meteorologico; sistemi MMR per il rilevamento di GNL; Impianti antincendio.</i>
Norme e standard applicati	<i>ISO 9001; ISO 14 001; ISO 45 001; Sistema di gestione della sicurezza (ISR8)</i>

6.7.10. Vincoli ambientali.

Si rimanda al prodotto T2.2.2 nella sua versione integrale per l'analisi di dettaglio.



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



7. SCHEDA DI SINTESI DEL PRODOTTO T2.3.1 (“TOOL MANAGERIALI PER VALUTAZIONE INVESTIMENTI IN IMPIANTI RIFORNIMENTO/STOCCAGGIO GNL IN AMBITO PORTUALE”)

La versione finale del Prodotto T2.3.1 “Tool manageriali per valutazione investimenti in impianti rifornimento/stoccaggio GNL in ambito portuale” costituisce il momento di sintesi e di integrazione sinergica di una molteplicità di attività di ricerca condotte dal partenariato nel suo complesso, in linea con quanto previsto a formulario. Nella versione finale del Prodotto citato infatti confluiscono i diversi report e la documentazione predisposta dai vari partner e dai relativi consulenti esterni funzionale allo sviluppo di un primo know how in merito ai principali profili economici e finanziari connessi alla realizzazione e alla gestione di impianti di stoccaggio e di bunkering di GNL in ambito marittimo-portuale, con particolare attenzione alle soluzioni tecnologiche e gestionali concretamente realizzabili all’interno dei porti previsti a formulario in relazione all’Area Obiettivo.

Tanto premesso, di seguito si indicano i contributi e i task realizzati da ciascun partner di progetto in relazione alle attività di ricerca riconducibili al prodotto T2.3.1 indicando anche l’attribuzione specifica dei singoli capitoli e paragrafi della versione finale del Prodotto in oggetto:

- P1/CF (UNIGE-CIELI): il CF con il supporto dei Partner P2 e P3 e con il supporto del proprio consulente esterno Assocostieri Srl e del consulente esterno del partner P3 assegnatario delle attività in oggetto (Enterprise Shipping Agency Srl; D.D. n.356/2020 dell’11/06/2020) ha definito il modello concettuale volto all’esame della struttura dei costi relativi alla realizzazione e alla gestione di impianti per il bunkering e lo storage di GNL in ambito marittimo-portuale. Il framework considera congiuntamente OPEX e CAPEX includendo nelle analisi anche le dimensioni economico-finanziarie connesse alla logistica dell’approvvigionamento del GNL alle infrastrutture in oggetto. Mediante il consulente Assocostieri Srl, il CF ha realizzato l’ossatura dell’elaborato. Nel dettaglio ad Assocostieri Srl vanno attribuiti i capitoli 1, 2, e 4 del prodotto T 2.3.1, ad esclusione del paragrafo 4.4. Alla versione finale del Prodotto T2.3.1 viene allegato anche il relativo documento predisposto da Assocostieri. Il CF, unitamente al partner P3 ha coordinato anche le attività di ricerca svolte dal consulente esterno del P3, Enterprise Shipping Agency Srl, al fine di assicurare la piena coerenza e omogeneità nella raccolta dati e nello sviluppo della documentazione di progetto. Il CF ha revisionato costantemente la documentazione in oggetto e ha inoltre predisposto la versione finale del Prodotto T2.3.1 che integra tutti i contributi e i documenti richiamati qui e di seguito e ha predisposto anche la scheda finale di sintesi del Prodotto T2.3.1;
- P2 (UNUPI): il partner P2 (UNUPI) ha supportato il CF nella definizione del framework concettuale per l’esame degli investimenti e dei costi di gestione connessi a questo tipo di infrastrutture. Il Partner P2, con il supporto del consulente esterno studio STF (dott. Tommaso Franci) ha realizzato un report intitolato “Analisi dei costi delle infrastrutture per la logistica del GNL in ambito portuale e relative esternalità” funzionale all’acquisizione di dati e informazioni rilevanti all’interno delle attività di ricerca riconducibili al Prodotto T2.3.1. Il report in oggetto viene anch’esso allegato alla versione finale integrale del Prodotto T.2.3.1. Il Partner P2 inoltre ha revisionato e riletto la documentazione prodotta dagli altri partner e consulenti e ha validato la versione finale del Prodotto T2.3.1 e la relativa scheda di sintesi.
- P3 (UNICA-CIREM): il partner P3 (UNICA-CIREM) ha supportato il CF nella definizione del framework concettuale per l’esame degli investimenti e dei costi di gestione connessi a questo tipo di infrastrutture. Il Partner P3 mediante il supporto del consulente esterno Enterprise Shipping Agency Srl ha realizzato un report intitolato “valutazione economico-finanziaria

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 “Studio per un piano d’azione congiunto per il GNL in ambito portuale”

preliminare di impianti di bunkering e stoccaggio GNL nei porti dell'area obiettivo" funzionale all'approfondimento dei profili connessi alla valutazione economico-finanziaria delle infrastrutture per il bunkering e lo storage di GNL in ambito marittimo portuale e a fornire ulteriori dati economico-finanziari di dettaglio caratterizzanti gli investimenti nelle specifiche soluzioni tecnologiche per il bunkering di GNL. Il report in oggetto viene anch'esso allegato alla versione finale integrale del Prodotto T.2.3.1. Si precisa inoltre che i capitoli 3, 4.4 e 5 della versione finale del Prodotto T2.3.1 sono da imputarsi al Partner P3 e al relativo succitato consulente esterno (Enterprise Shipping Agency Srl). Il Partner P3 inoltre ha revisionato e riletto la documentazione prodotta dagli altri partner e consulenti e ha validato la versione finale del Prodotto T2.3.1 e la relativa scheda di sintesi.

- P4 (OTC): il Partner P4 (OTC) con il consulente esterno "consorzio Tractebel Energie" ha supportato il CF nella predisposizione del capitolo 3, 4.2.1, 5 e ha realizzato il report "Strumento di gestione per la valutazione degli investimenti in strutture di bunkeraggio/stoccaggio di GNL". Inoltre, il Partner P4 ha revisionato e riletto la documentazione prodotta dagli altri partner e consulenti e ha validato la versione finale del Prodotto T2.3.1 e la relativa scheda di sintesi.
- P5 (CCIVAR): Il partner 5 (CCIVAR) ha revisionato e riletto la documentazione prodotta dagli altri partner e consulenti e ha validato la versione finale del Prodotto T2.3.1 e la relativa scheda di sintesi.



7.1. Finalità del prodotto T2.3.1

L'obiettivo del Prodotto T2.3.1 "Tool manageriali per valutazione investimenti in impianti rifornimento/stoccaggio GNL in ambito portuale" collocato all'interno della componente T2 "Predisposizione del Piano d'azione comune integrato per la pianificazione e lo sviluppo di impianti per il bunkering di GNL nei porti dell'area di Programma" è quello di definire alcuni tool manageriali per la valutazione di investimenti in impianti di rifornimento/stoccaggio GNL in ambito portuale. Nello specifico, il suddetto prodotto fornisce un set di informazioni di dettaglio in merito agli investimenti (CAPEX) e ai costi operativi (OPEX) riconducibili alla realizzazione e alla gestione di diverse soluzioni di bunkering e di storage di GNL in ambito marittimo portuale, considerando diverse opzioni tecnologiche e dimensionamenti d'impianto coerenti rispetto alle specificità dei porti previsti a formulario. Inoltre, le attività di ricerca condotte hanno consentito di fornire indicazioni dettagliate in merito a indicatori e parametri da impiegare al fine di effettuare una prima valutazione di massima circa la sostenibilità economico-finanziaria di diverse soluzioni tecnologiche per il bunkering e lo stoccaggio di GNL, e di disporre di alcuni primi agevoli tool gestionali volti a una valutazione più consapevole da parte di decisori pubblici e altri soggetti competenti rispetto a proposte progettuali che provengano da operatori privati interessati a investire nella realizzazione di questo tipo di facilities e soluzioni di rifornimento in ambito portuale. Il quadro concettuale sviluppato per l'analisi degli investimenti e dei costi operativi, peraltro, considera anche i principali profili economico-finanziari connessi alla logistica

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale"



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



di approvvigionamento degli impianti in esame. Ai fini di espletare le attività ivi menzionate, è stato predisposto anche un articolato foglio di calcolo “Excel” contenente gli strumenti che agevolano la valutazione dei profili economico-finanziari che derivano dalle scelte di investimento nelle strutture descritte. Detto file potrebbe essere utilmente oggetto di attività di capitalizzazione per fornire ai decisori pubblici coinvolti in questo tipo di processo di progettazione infrastrutturale e nel relativo iter autorizzativo, strumenti analitici di supporto alle decisioni strategiche aventi carattere user-friendly e semi-automatico.

Il prodotto è quindi a beneficio di diverse categorie di gruppi target previsti a progetto, tra cui in primis le autorità portuali, gli enti pubblici territoriali, operatori privati del settore (armatori, società di bunkeraggio, società terminaliste), capitanerie di porto e vigili del fuoco.

7.2. Profili metodologici

Al fine di definire un framework concettuale solido e condiviso funzionale all’esame dei diversi investimenti e costi operativi riconducibili a ciascuna soluzione di bunkering e di storage di GNL in ambito marittimo portuale, in considerazione di diverse specifiche dimensionali e meccanismi di logistica di approvvigionamento, il partenariato, ha definito i profili metodologici comuni da applicare nell’ambito delle attività di ricerca in oggetto. Questa fase ha visto in particolare un forte coordinamento tra i Partner P1, P2 e P3 unitamente ai rispettivi consulenti esterni (Assocostieri Servizi Srl per il P1 ed Enterprise Shipping Agency Srl per il partner P3). Nella definizione dei profili metodologici non si è solo identificata la classificazione e la tassonomia delle diverse voci di costo (CAPEX e OPEX) e i profili connessi ai costi della logistica di approvvigionamento del GNL ai nodi di bunkering e storage, bensì, pur nella carenza attuale di dati e informazioni in merito al pricing che potrà caratterizzare nei prossimi anni i servizi di bunkering di GNL in ambito portuale si è cercato di definire approcci per la valutazione preliminare degli investimenti in facilities di questo tipo sotto il profilo economico e finanziario.

In particolare, si è proceduto a definire per ciascuna opzione tecnologica di bunkering e stoccaggio di GNL una tassonomia puntuale delle macro e micro-categorie di costo riconducibili a CAPEX, OPEX e logistica di approvvigionamento. Per un esame puntuale dei profili metodologici in oggetto si rimanda alla versione integrale del Prodotto T2.3.1.

Il modello concettuale adottato beneficia delle attività di ricerca condotte dai diversi partner e relativi consulenti e poggia quindi sui documenti di seguito richiamati:

1. “Esame dei profili economico-finanziari connessi alla predisposizione delle più idonee soluzioni tecnologico-produttive di bunkering e storage di GNL in ambito portuale” elaborato da Assocostieri srl in relazione al contributo al progetto Interreg Marittimo TDI RETE-GNL;
2. “Prodotto T2.3.1 “Tool manageriali per valutazione investimenti in impianti rifornimento/stoccaggio GNL in ambito portuale” predisposto da ESA Group come contributo al sovra citato progetto;
3. “T2.3.1 Strumento di gestione per la valutazione degli investimenti in strutture di bunkeraggio/stoccaggio di GNL” fornito dal partner di progetto Office des Transports de Corse (OTC);
4. “Analisi dei costi delle infrastrutture per la logistica del GNL in ambito portuale e relative esternalità” fornito dal partner UNIPI in collaborazione con la società di consulenza STF – Studio Tommaso Franci.

Inoltre, al fine di pervenire ad una prima valutazione di sintesi di investimenti infrastrutturali di questo tipo UNICA-CIREM con il consulente ESA ha predisposto un’analisi di tipo mark-up e multi-scenario

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 “Studio per un piano d’azione congiunto per il GNL in ambito portuale”



con cui si è cercato di individuare alcuni indicatori economico-finanziari atti a valutare sostenibilità economico-finanziaria di diverse tipologie di investimenti per il GNL in ambito marittimo-portuale. La definizione del conceptual framework e della metodologia di analisi così adottato è stata condivisa mediante apposito incontro telematico nel mese di luglio 2020 congiuntamente al Committente e al CF di progetto.

Infine, nel Prodotto T2.3.1 vengono anche ipotizzate soluzioni possibili per incrementare dal punto di vista del settore privato l'attrattività del business in oggetto mediante forme di supporto pubblico o interventi di vario tipo, quali:

- ✓ Realizzazione di PPP (public-private partnership), contributi a fondo perduto ed erogazione di finanziamenti a tasso agevolato.
- ✓ Certificati "green" e incentivi fiscali (tasse portuali differenziali).
- ✓ Contributi in conto esercizio per gli investimenti in tecnologie "green".

7.3. Descrizione voci di costo

Al fine di definire una classificazione adeguata degli investimenti e dei costi operativi connessi alla realizzazione e alla gestione di infrastrutture per il bunkering di GNL in ambito marittimo-portuale, il partenariato ha definito macro categorie di costo che sono state successivamente disarticolate per voci di spesa omogenee, considerando i costi di capitale (CAPEX) e i costi operativi e di gestione (OPEX) che contraddistinguono le diverse tipologie di impianto (si precisa nuovamente che sono stati inclusi anche i costi di cui alla logistica di approvvigionamento).

In particolare, i costi di investimento da sostenere in merito alla costruzione di infrastrutture di storage & transfer bunkering delle diverse tecnologie analizzate vengono articolati in tre macrocategorie di costo, a loro volta suddivise in micro-categorie di costo (Figura 35).

Figura 35. Classificazione dei costi CAPEX per le varie soluzioni di bunkering GNL

LNG - BUNKERING MODE	T-t-S				P-t-S				S-t-S					
	ISO-cont on wheel	semi-trailer on wheel	ISO-cont on skid	Tank on skid	Tank/ISO-c multi-rads	S-bullet cylinders	M-bullet cylinders	L-bullet cylinders	secondary atm. tank	primary atm. tank	MV. (Seagas)	barge (Flexstar)	MV (Coralis)	MV (Coral MV (Coral Northsea) Emcent)
CAPEX INVESTMENT COSTS														
A) LNG storage IN/OUT														
tank surface factor		f.												
tank pressure factor		f.												
LME IN 5%	54.000	kt€												
tank/hull structure factor	2.000	kt€												
B.O.P. (pumps, pipes, meters, ...)		kt€												
A) LNG Storage IN/OUT construct. cost		kt€												
B) LNG send out to bunkering														
distance LNG storage to ship		m												
pipes & bunkering equipment	54.000,00	kt€												
B.O.P.		kt€												
B) LNG send out to bunker costs		kt€												
C) LNG infrastructure general items														
Land	150	kt€												
Project Manag. & Engineer.	8%	kt€												
site set up & start up costs	3%	kt€												
insurances	1%	kt€												
various & contingencies	3%	kt€												
C) LNG infrastructure general costs		kt€												
LNG BUNKERING TOTAL CAPEX		kt€												
Specific CAPEX/Storage INDEX:		€/m ³												
tractors & semi-trailers	135	kt€												
D) LNG SUPPLY CHAIN		kt€												
CAPEX Entire Bunker Supply Chain		kt€												
Specific CAPEX Entire Supply INDEX		€/m ³												
		€/m ³ y												

Fonte: Assocostieri Servizi Srl/UNIGE-CIELI



Le macrocategorie sono:

- A. Costi per la costruzione dello storage IN/OUT del GNL (LNG Storage IN/OUT construct costs);
- B. Costi per la costruzione dell'impianto di trasferimento (out) del GNL (LNG send out to bunker costs);
- C. Costi generali di infrastruttura del GNL (LNG infrastructure general costs).

Le voci di costo fin qui esaminate dipendono dalla distanza dello storage del GNL dell'impianto alla nave da rifornire. Oltre alle tre macrocategorie sopra riportate occorre esaminare anche una quarta voce di costo legata alla supply chain (D.) denominata "Costi per GNL supply chain (LNG supply chain Costs)" che considera i costi della logistica di approvvigionamento di GNL della facility per l'erogazione di servizi di bunkering.

Proseguendo nella presa in esame dei principali costi dell'ambito delle attività di stoccaggio/bunkering di GNL, sono stati esaminati i costi di funzionamento/gestione degli impianti di bunkering GNL distinti in due macrocategorie di costo:

- E. Costi operativi di storage e trasmissione (out) del GNL (LNG Storage & Send-Out Total Opex).
- F. Costi operativi della supply chain del GNL (LNG Supply Chain Cost).

Anche in questo caso è stata elaborata una ulteriore suddivisione in micro-voci di costo riportate nella Figura 36.

Figura 36. Classificazione dei costi OPEX per le varie soluzioni di bunkering GNL

LNG - BUNKERING MODE	T-t-S						P-t-S				S-t-S				
	ISO-cont on wheel	semi trailer on wheel	ISO-cont on skid	Tank on skid	Tank/Skid multi-rack	S-bullet cylinders	M-bullet cylinders	L-bullet cylinders	secondary atm. tank	primary atm. tank	M.V. (Seagas)	Barge (Flexbuoy)	MV (Coralux)	MV (Coral Methane)	MV (Coral Encanto)
OPEX - OPERATION COSTS															
E) LNG STORAGE & SEND OUT															
Manager/Captain	110														
Assist. Manager/Officer	90														
shift work/crew	60														
day work	45														
Labor total															
Maintenance & Tech. Services	2%														
Energy & other utilities	200	50													
GSA&Insurances	50%	1%													
LNG Storage & Send-Out TOTAL OPEX	k€/y														
F) LNG SUPPLY CHAIN															
Manager/Captain	110														
Assist. Manager/Officer	90														
drive/crew	45														
Labor total															
Maintenance & Tech. Services	2%														
Energy & other utilities	200	50													
GSA&Insurances	50%	1%													
LNG Supply Chain TOTAL OPEX	k€/y														
OPEX Entire Bunker Supply Chain	k€														
Specific OPEX Entire Supply INDEX	€/m³														
€/m³y															
Operation range of bunkering mode/type	best for bunkering flexibility to small boats & ferries						best for ships bunkering @ the docks of the Terminal				best for bunkering large ships @ their mooring docks (or at sea)				

Fonte: Assocostieri Servizi Srl/UNIGE-CIELI

7.4. Valutazione economica-finanziaria delle diverse soluzioni di bunkering GNL

Nell'ambito del prodotto T2.3.1 è stata condotta un'analisi dei profili economico-finanziari connessi alle diverse opzioni tecnologiche afferenti alle soluzioni di bunkering GNL, ovvero Ship to Ship (STS), Truck to Ship (TTS) e Pipe to Ship (PTS). Nei successivi sotto paragrafi vengono analizzati e comparati i profili tecnico-operativi che maggiormente influiscono sui valori economici di ciascuna delle suddette opzioni tecnologiche. Infine, viene proposta un'analisi di confronto tra i costi CAPEX e OPEX relativi alle tre soluzioni di bunkering, considerando per ciascuna soluzione tecnologica diverse opzioni di investimento.

7.4.1. Ship to Ship (STS)

Nell'ambito della soluzione STS sono state individuate le seguenti cinque opzioni per il bunkering di GNL in relazione alla capacità di stoccaggio (espressa in m³) dei serbatoi delle navi impiegate per le operazioni di rifornimento:

1. Navi bunker GNL molto piccole (150-300m³);
2. Chiatte bunker di piccola taglia (1.000-3000 m³);
3. MV bunker Small size (1.000-5.000 m³);
4. MV bunker Mid-size (6.000-10.000 m³);
5. MV bunker Large size (15.000-30.000 m³).

Al fine di svolgere un'analisi comparativa e fornire indicazioni di sintesi in merito ai profili economico-finanziari caratterizzanti le diverse opzioni di bunkering di GNL sono state selezionate le seguenti variabili tecnico-operative (Tabella 33).

Tabella 33: Profili tecnico-operativi rivelanti per l'analisi economico finanziaria delle diverse opzioni di investimento riconducibili alla soluzione tecnologica di bunkering di tipo STS

LNG - BUNKERING MODE	S-t-S				
LNG - BUNKERING TYPE	Navi bunker GNL molto piccole	Chiatte bunker di piccola dimensione	MV bunker small size	MV bunker mid size	MV bunker large size
Capacità media serbatoio (m ³)	200	1.500	5.000	7.500	30.000
Capacità d'invio (m/h ³)	150	600	600	900	1.800
Velocità (knts)	12,5	7	13	13	16
Distanza Hub Approvvigionamento e nave da bunkerare (km)	50	250	500	500	500
Ore navigazione e in porto (carico/scarico/inattivo/operazioni portuali)	13	56	84	84	96
Operazioni di bunkeraggio alla settimana	14	7	2	2	2
Capacità MAX annua (m ³)	146.000	234.000	520.000	780.000	3.120.000

Fonte: Assocostieri Servizi Srl/UNIGE-CIELI e Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.

Sulla base dei dati riportati nella Tabella 33 si è proceduto ad analizzare i costi CAPEX relativi a ogni opzione di investimento (Tabella 34) sia in termini assoluti che per singolo m³ di capacità produttiva annua degli impianti (con vita utile della nave stimata in 25 anni – Tabella 35).

Tabella 34: Costo CAPEX totale delle soluzioni di bunkering STS

LNG - BUNKERING MODE	S-t-S				
LNG - BUNKERING TYPE	Navi bunker GNL molto piccole	Chiatte bunker di piccola dimensione	MV bunker small size	MV bunker mid size	MV bunker large size
Costi per la costruzione dello storage IN/OUT del GNL	1.228.000	8.775.000	14.591.000	25.456.000	73.646.000
Costi per la costruzione dell'impianto di trasferimento (out) del GNL	155.000	436.000	436.000	623.000	1.186.000

Costi generali di infrastruttura del GNL	719.000	3.039.000	6.161.000	9.258.000	11.224.000
Costi della supply chain del GNL	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Costo CAPEX totale	2.102.000	12.250.000	21.188.000	35.337.000	86.056.000

Fonte: Assocostieri Servizi Srl/ UNIGE-CIELI e Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.

Tabella 35: Costo CAPEX annuo per m³ di capacità produttiva delle opzioni di bunkering di tipo STS (25 anni vita utile).

LNG - BUNKERING MODE	S-t-S				
LNG - BUNKERING TYPE	Navi bunker GNL molto piccole	Chiatte bunker di piccola dimensione	MV bunker small size	MV bunker mid size	MV bunker large size
Costi per la costruzione dello storage IN/OUT del GNL	0,34	1,50	1,12	1,31	0,94
Costi per la costruzione dell'impianto di trasferimento (out) del GNL	0,04	0,07	0,03	0,03	0,02
Costi generali di infrastruttura del GNL	0,20	0,52	0,47	0,47	0,14
Costi della supply chain del GNL	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Costo CAPEX unitario totale annuo	0,58	2,09	1,63	1,81	1,10

Fonte: Assocostieri Servizi Srl/ UNIGE-CIELI e Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM

L'analisi comparativa dei dati riportati nelle precedenti tabelle evidenzia come i CAPEX aumentino in modo meno che proporzionale al crescere della dimensione dell'asset navale, producendo un effetto di economie di scala maggiormente visibile prendendo in considerazione il rapporto tra l'investimento complessivo annuo richiesto e la capacità annua dell'impianto nave. La medesima formulazione è stata usata in merito ai costi operativi di ciascuna opzione d'investimento riconducibile al soluzioni STS (Tabella 36 e Tabella 37).

Tabella 36: Costo OPEX annuo per le soluzioni di bunkering di tipo STS

LNG - BUNKERING MODE	S-t-S				
LNG - BUNKERING TYPE	Navi bunker GNL molto piccole	Chiatte bunker di piccola dimensione	MV bunker small size	MV bunker mid size	MV bunker large size
Costo del lavoro	530.000	950.000	1.790.000	1.790.000	1.790.000
Costi di manutenzione e di servizi tecnici	42.000	246.000	424.000	706.000	1.722.000
Costi per l'energia e altre utenze	465.750	746.500	1.659.000	2.488.750	9.954.750
Costi generali di amministrazione, safety e assicurativi	307.000	721.000	1.319.000	1.601.000	2.617.000
Costo operativo dell'infrastruttura di bunkering GNL	1.344.750	2.663.500	5.192.000	6.585.750	16.083.750
Costo del lavoro	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Costi di manutenzione e di servizi tecnici	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Costi per l'energia e altre utenze	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Costi generali di amministrazione, safety e assicurativi	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Costi della supply chain del GNL	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Costo operativo totale	1.344.750	2.663.500	5.192.000	6.585.750	16.083.750

Fonte: Assocostieri Servizi Srl/ UNIGE-CIELI e Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.

Tabella 37: Costo OPEX annuo per m³ di capacità annua dell'impianto delle opzioni di bunkering di tipo STS

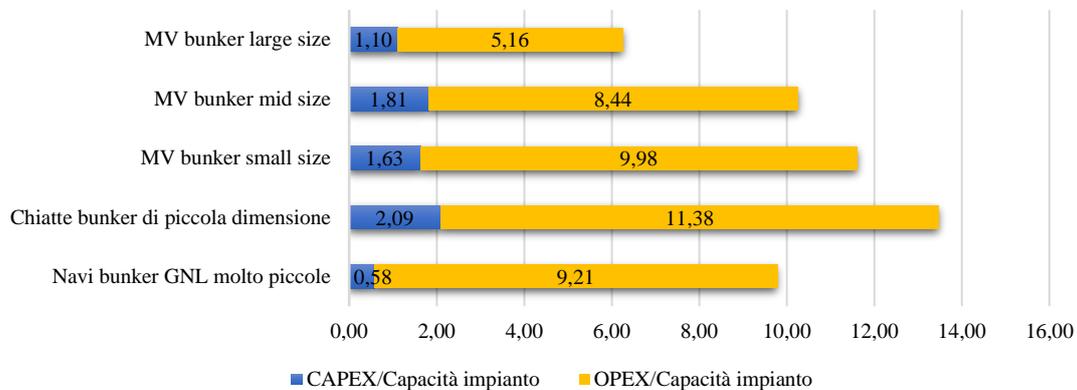
LNG - BUNKERING MODE	S-t-S				
LNG - BUNKERING TYPE	Navi bunker GNL molto piccole	Chiatte bunker di piccola dimensione	MV bunker small size	MV bunker mid size	MV bunker large size
Costo del lavoro	3,63	4,06	3,44	2,29	0,57
Costi di manutenzione e di servizi tecnici	0,29	1,05	0,82	0,91	0,55
Costi per l'energia e altre utenze	3,19	3,19	3,19	3,19	3,19
Costi generali di amministrazione, safety e assicurativi	2,10	3,08	2,54	2,05	0,84
Costo operativo dell'infrastruttura di bunkering GNL	9,21	11,38	9,98	8,44	5,16
Costo del lavoro	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Costi di manutenzione e di servizi tecnici	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Costi per l'energia e altre utenze	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Costi generali di amministrazione, safety e assicurativi	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Costi della supply chain del GNL	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Costo operativo totale	9,21	11,38	9,98	8,44	5,16

Fonte: Assocostieri Servizi Srl/ UNIGE-CIELI e Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.

L'esame dei dati raccolti e le analisi economico-finanziarie di dettaglio realizzate dal gruppo di lavoro nel suo complesso consentono di evidenziare il sussistere di evidenti benefici connessi alle economie di scala dell'impianto-nave, in ragione del fatto che alcuni costi (come i costi dell'energia e delle altre utenze) crescono al crescere dell'impianto ma in modo meno che proporzionale rispetto alla dimensione stessa. Inoltre, vi sono alcuni costi come i costi di gestione del personale, con ciò intendendosi sia il costo del lavoro che il costo di "manning" che, in relazione ad opzioni come la "small size MV" o la "large size MV" restano addirittura costanti. Appare di particolare interesse l'esame dell'andamento del costo totale annuo (CAPEX annuo + OPEX annuo⁹) per unità di capacità annua dell'impianto (visibile nella Figura 37 che presenta una variazione percentuale del costo annuo per m³ di capacità produttiva pari ad un massimo di -36% considerando il passaggio da una small size di 200 m³ a una large di 30.000 m³).

⁹ In merito ai valori delle variabili di costo CAPEX e OPEX si precisa che sono sempre inclusi i costi della logistica di approvvigionamento

Figura 37: Costo totale annuo (CAPEX annuo + OPEX annuo) per m3 di capacità produttiva delle tecnologie STS



Fonte: Assocostieri Servizi Srl/ UNIGE-CIELI e Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.

7.4.2. Truck to Ship (TTS)

In merito alla soluzione Truck to Ship (TTS), le cinque principali opzioni di bunkering sono risultate essere:

1. Iso-Container Su Gomma;
2. Bunkeraggio Mediante Atb;
3. Iso-Container su Skid;
4. Cisterna Su Skid;
5. Iso Container / Cisterna Su Multi-Track.

Anche in questo caso è poi fornita una valutazione comparativa in merito ai profili economico-finanziari connessi alle caratteristiche tecniche e operative, esaminando le variabili riportate in Tabella 38:

Tabella 38: Profili tecnici-operativi rivelanti per l'analisi economico finanziaria delle diverse opzioni di investimento riconducibili alla soluzione tecnologica di bunkering di tipo TTS

LNG - BUNKERING MODE	T-t-S				
	Iso-Container Su Gomma	Bunkeraggio Mediante Atb	Iso-Container Su Skid	Cisterna Su Skid	Iso Container / Cisterna Su Multi-Track
Capacità media serbatoio (m ³)	40	50	40	40	40
Numero di rifornimenti al giorno	6	6	7	8	16
Tempo rifornimento un serbatoio (ore)	4	4	3	3	1,5
Capacità MAX annua (m³)	87.000	109.000	102.000	116.000	233.000
Motrici	6	6	8	9	16
Rimorchi	6		8	9	16
Semi Rimorchi		6			
Numero di mezzi necessari per l'approvvigionamento settimanale della catena logistica	12	12	16	18	32

Fonte: Assocostieri Servizi Srl/ UNIGE-CIELI e Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.

Come nel caso della soluzione STS, sono stati esaminati i costi CAPEX e OPEX sia in termini assoluti che con riferimento al m³ di capacità produttiva, ipotizzando in questo caso una vita utile di 20 anni (Tabella 39, Tabella 40, Tabella 41 e Tabella 42).

Tabella 39: Costo CAPEX totale delle soluzioni di bunkering TTS

LNG - BUNKERING MODE	T-t-S				
LNG - BUNKERING TYPE	Iso-Container Su Gomma	Bunkeraggio Mediante Atb	Iso-Container Su Skid	Cisterna Su Skid	Iso Container / Cisterna Su Multi-Track
Costi per la costruzione dello storage IN/OUT del GNL	100.000	179.000	100.000	145.000	601.000
Costi per la costruzione dell'impianto di trasferimento (out) del GNL	92.000	63.000	92.000	92.000	206.000
Costi generali di infrastruttura del GNL	28.800	30.800	103.800	110.550	121.050
Costi della supply chain del GNL	1.500.000	1.884.000	2.000.000	2.250.000	4.000.000
Costo CAPEX totale	1.720.800	2.156.800	2.295.800	2.597.550	4.928.050

Fonte: Assocostieri Servizi Srl/ UNIGE-CIELI e Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.

Tabella 40: Costo CAPEX annuo per m3 di capacità produttiva delle opzioni di bunkering TTS, 20 anni vita utile

LNG - BUNKERING MODE	T-t-S				
LNG - BUNKERING TYPE	Iso-Container Su Gomma	Bunkeraggio Mediante Atb	Iso-Container Su Skid	Cisterna Su Skid	Iso Container / Cisterna Su Multi-Track
Costi per la costruzione dello storage IN/OUT del GNL	0,057	0,082	0,049	0,063	0,129
Costi per la costruzione dell'impianto di trasferimento (out) del GNL	0,053	0,029	0,045	0,040	0,044
Costi generali di infrastruttura del GNL	0,017	0,014	0,051	0,048	0,026
Costi della supply chain del GNL	0,862	0,864	0,980	0,970	0,858
Costo CAPEX unitario totale annuo	0,989	0,989	1,125	1,120	1,058

Fonte: Assocostieri Servizi Srl/ UNIGE-CIELI e Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.

Tabella 41: Costo OPEX annuo per le soluzioni di bunkering di tipo TTS

LNG - BUNKERING MODE	T-t-S				
LNG - BUNKERING TYPE	Iso-Container Su Gomma	Bunkeraggio Mediante Atb	Iso-Container Su Skid	Cisterna Su Skid	Iso Container / Cisterna Su Multi-Track
Costo del lavoro	650.000	650.000	650.000	650.000	740.000
Costi di manutenzione e di servizi tecnici	4.400	5.400	6.000	7.000	18.600
Costi per l'energia e altre utenze	317.500	372.500	380.000	390.000	732.500

Costi generali di amministrazione, safety e assicurativi	329.400	330.400	331.000	332.000	388.600
Costo operativo dell'infrastruttura di bunkering GNL	1.301.300	1.358.300	1.367.000	1.379.000	1.879.700
Costo del lavoro	1.100.000	1.100.000	1.235.000	1.370.000	2.855.000
Costi di manutenzione e di servizi tecnici	30.000	37.680	40.000	45.000	80.000
Costi per l'energia e altre utenze	136.500	136.500	159.250	182.000	364.000
Costi generali di amministrazione, safety e assicurativi	580.000	587.680	657.500	730.000	1.507.500
Costi della supply chain del GNL	1.846.500	1.861.860	2.091.750	2.327.000	4.806.500
Costo operativo totale	3.147.800	3.220.160	3.458.750	3.706.000	6.686.200

Fonte: Assocostieri Servizi Srl/ UNIGE-CIELI e Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.

L'analisi comparativa, anche per le opzioni di investimento prese in esame in relazione alla tecnologica TTS, mostra una crescita dei CAPEX in valore assoluto meno che proporzionale alla crescita della dimensione dell'impianto, come succede in particolare, nel passaggio da una opzione "ISO container su ruote (40 m³ di serbatoio per 6 unità)" a una "ISO container/cisterna su multi track da 16 unità" in cui emerge un aumento del 7% del costo CAPEX complessivo in termini assoluti rispetto ad un aumento della capacità produttiva annua di oltre il 160%.

Tabella 42: Costo OPEX annuo per m³ di capacità annua dell'impianto per le soluzioni di bunkering di tipo TTS

LNG - BUNKERING MODE	T-t-S				
LNG - BUNKERING TYPE	Iso-Container Su Gomma	Bunkeraggio Mediante Atb	Iso-Container Su Skid	Cisterna Su Skid	Iso Container / Cisterna Su Multi-Track
Costo del lavoro	7,47	5,96	6,37	5,60	3,18
Costi di manutenzione e di servizi tecnici	0,05	0,05	0,06	0,06	0,08
Costi per l'energia e altre utenze	3,65	3,42	3,73	3,36	3,14
Costi generali di amministrazione, safety e assicurativi	3,79	3,03	3,25	2,86	1,67
Costo operativo dell'infrastruttura di bunkering GNL	14,96	12,46	13,40	11,89	8,07
Costo del lavoro	12,64	10,09	12,11	11,81	12,25
Costi di manutenzione e di servizi tecnici	0,34	0,35	0,39	0,39	0,34
Costi per l'energia e altre utenze	1,57	1,25	1,56	1,57	1,56
Costi generali di amministrazione, safety e assicurativi	6,67	5,39	6,45	6,29	6,47
Costi della supply chain del GNL	21,22	17,08	20,51	20,06	20,63
Costo operativo unitario totale	36,18	29,54	33,91	31,95	28,70

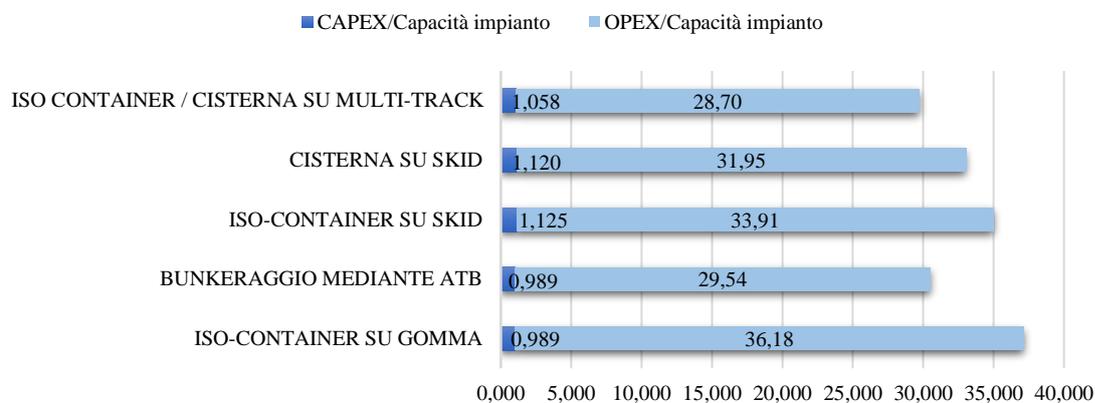
Fonte: Assocostieri Servizi Srl/ UNIGE-CIELI e Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.

Un ragionamento analogo può poi essere fatto in merito ai costi OPEX dell'impianto, che, come mostrato nella Tabella 41, rimangono alquanto stabili eccezion fatta per la soluzione ISO

container/cisterna su multi-track per cui si ha un aumento considerevole dei costi delle utenze, dei costi generali e del lavoro ben compensati però, dall'aumento della capacità produttiva dell'impianto.

Al termine dell'analisi dei costi CAPEX e OPEX, si è passato ad esaminare i costi totali (calcolati come somma delle due componenti sopra richiamate), che ha mostrato come, ponderando il valore di costo per le capacità annua degli impianti, un passaggio dal sistema ISO container su ruote (6 unità) ad uno ISO container/cisterna su multi track (16 unità), porterebbe un aumento della capacità produttiva annua dell'impianto del 168% e della capacità di stoccaggio del 167%, a fronte di una diminuzione del suddetto costo per m³ del 10% (Figura 38).

Figura 38: Costo totale annuo per m³ di capacità produttiva delle tecnologie TTS



Fonte: Assocostieri Servizi Srl/ UNIGE-CIELI e Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.

7.4.3. Pipe to Ship (PTS)

Per quanto concerne tale soluzione tecnologica, ben più flessibile delle precedenti in quanto non subisce ripercussioni legate al livello del mare, è parso opportuno esaminare le seguenti tecnologie:

1. Terminal costiero di GNL "Small Bullet Cylinders";
2. Terminal costiero di GNL "Mid-Size Bullet Cylinders";
3. Terminal costiero di GNL "Long-Bullet Cylinders";
4. Terminal costiero di GNL "Secondario" a pressione atmosferica;
5. Terminal costiero di GNL "Primario" a pressione atmosferica.

Ai fini dell'analisi comparativa sono state definite e studiate le variabili tecnico-operative riportate nella Tabella 43.

Tabella 43: Profili tecnico-operativi rivelanti per l'analisi economico finanziaria delle diverse opzioni di investimento riconducibili alla soluzione tecnologica di bunkering di tipo PTS

LNG - BUNKERING MODE	P-t-S				
	Terminal Costiero Di Gnl "Small Bullet Cylinders"	Terminal Costiero Di Gnl "Mid-Size Bullet Cylinders"	Terminal Costiero Di Gnl "Long-Bullet Cylinders"	Terminal Costiero Di Gnl "Secondario" A Pressione Atmosferica	Terminal Costiero Di Gnl "Primario" A Pressione Atmosferica
Capacità media serbatoio (m ³)	640-1.000	9.000-10.000	20.000	20.000	50.000

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale"

Capacità d'invio (m/h ³)	80-100	1.000	n.a	n.a	n.a
Lunghezza condutture di bunkering (m)	250	1.000	1000	1.000	1.000
Terreno (m ³)	2.900	15.000	50.000	15.000	20.000
Numero mezzi necessari per il rifornimento del serbatoio a settimana	16 ISO container/1 chiatta 500-1000 m ³	2 navi feeder da 7.500 m ³	2 navi feeder da 15.000 m ³	2 navi feeder da 15.000 m ³	2 navi feeder da 30.000 m ³
Capacità MAX annua (m³)	233.000	780.000	1.560.000	1.560.000	3.120.000
ISO container	19				
Nave feeder (7.500 m ³)		1			
Nave feeder (15.000 m ³)			1	1	
Nave feeder (30.000 m ³)					1
Numero di mezzi necessari per l'approvvigionamento settimanale della catena logistica	19	1	1	1	1

Fonte: Assocostieri Servizi Srl/ UNIGE-CIELI e Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.

Con riferimento ai CAPEX sono state svolte realizzate le medesime analisi effettuate per le altre opzioni di investimento afferenti alle precedenti tecnologie (Tabella 44 e Tabella 45) che hanno condotto a risultati molto simili evidenziando un incremento in valore assoluto meno che proporzionale rispetto al trend della capacità di rifornimento dell'impianto considerato.

Tabella 44: Costo CAPEX totale delle soluzioni di bunkering PTS

LNG - BUNKERING MODE	P-t-S				
	Terminal Costiero Di Gnl "Small Bullet Cylinders"	Terminal Costiero Di Gnl "Mid-Size Bullet Cylinders"	Terminal Costiero Di Gnl "Long-Bullet Cylinders"	Terminal Costiero Di Gnl "Secondario" A Pressione Atmosferica	Terminal Costiero Di Gnl "Primario" A Pressione Atmosferica
Costi per la costruzione dello storage IN/OUT del GNL	3.283.000	33.143.000	67.315.000	31.635.000	62.852.000
Costi per la costruzione dell'impianto di trasferimento (out) del GNL	1.898.000	8.040.000	8.415.000	8.415.000	9.165.000
Costi generali di infrastruttura del GNL	1.212.150	8.427.450	18.859.500	8.257.500	13.802.550
Costi della supply chain del GNL	4.750.000	35.300.000	61.000.000	61.000.000	86.100.000
Costo CAPEX totale	11.143.150	84.910.450	155.589.500	109.307.500	171.919.550

Fonte: Assocostieri Servizi Srl/ UNIGE-CIELI e Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.

Tabella 45: Costo CAPEX annuo per m³ di capacità produttiva delle opzioni di bunkering PTS, 30 anni vita utile

LNG - BUNKERING MODE	P-t-S				
LNG - BUNKERING TYPE	Terminal Costiero Di Gnl "Small Bullet Cylinders"	Terminal Costiero Di Gnl "Mid-Size Bullet Cylinders"	Terminal Costiero Di Gnl "Long-Bullet Cylinders"	Terminal Costiero Di Gnl "Secondario" A Pressione Atmosferica	Terminal Costiero Di Gnl "Primario" A Pressione Atmosferica
Costi per la costruzione dello storage IN/OUT del GNL	0,470	1,416	1,438	0,676	0,671
Costi per la costruzione dell'impianto di trasferimento (out) del GNL	0,272	0,344	0,180	0,180	0,098
Costi generali di infrastruttura del GNL	0,173	0,360	0,403	0,176	0,147
Costi della supply chain del GNL	0,680	1,509	1,303	1,303	0,920
Costo CAPEX unitario totale annuo	1,594	3,629	3,325	2,336	1,837

Fonte: Assocostieri Servizi Srl/ UNIGE-CIELI e Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.

In relazione ai costi OPEX, la Tabella 46 riporta i dati di costo operativo annuo in termini assoluti per ogni opzione di tipo PTS, mentre la

Tabella 47 riporta il costo OPEX (annuo) per unità di capacità annua dell'impianto.

Tabella 46: Costo OPEX annuo per le soluzioni di bunkering di tipo PTS

LNG - BUNKERING MODE	P-t-S				
LNG - BUNKERING TYPE	Terminal Costiero Di Gnl "Small Bullet Cylinders"	Terminal Costiero Di Gnl "Mid-Size Bullet Cylinders"	Terminal Costiero Di Gnl "Long-Bullet Cylinders"	Terminal Costiero Di Gnl "Secondario" A Pressione Atmosferica	Terminal Costiero Di Gnl "Primario" A Pressione Atmosferica
Costo del lavoro	980.000	1.505.000	1.850.000	1.505.000	1.505.000
Costi di manutenzione e di servizi tecnici	128.000	992.000	1.892.000	966.000	1.716.000
Costi per l'energia e altre utenze	743.500	2.488.750	4.977.250	4.977.250	9.954.750
Costi generali di amministrazione, safety e assicurativi	618.000	1.744.500	2.817.000	1.718.500	2.468.500
Costo operativo dell'infrastruttura di bunkering GNL	2.469.500	6.730.250	11.536.250	9.166.750	15.644.250
Costo del lavoro	2.855.000	1.550.000	1.550.000	1.550.000	1.550.000
Costi di manutenzione e di servizi tecnici	95.000	706.000	1.220.000	1.220.000	1.722.000
Costi per l'energia e altre utenze	364.000	511.599	680.609	680.609	849.618
Costi generali di amministrazione, safety e assicurativi	1.522.500	1.481.000	1.995.000	1.995.000	2.497.000
Costi della supply chain del GNL	4.836.500	4.248.599	5.445.609	5.445.609	6.618.618
Costo operativo totale	7.306.000	10.978.849	16.981.859	14.612.359	22.262.868

Fonte: Assocostieri Servizi Srl/ UNIGE-CIELI e Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.



Tabella 47: Costo OPEX annuo per m³ di capacità annua dell'impianto per le soluzioni di bunkering di tipo PTS

LNG - BUNKERING MODE	P-t-S				
LNG - BUNKERING TYPE	Terminal Costiero Di Gnl "Small Bullet Cylinders"	Terminal Costiero Di Gnl "Mid-Size Bullet Cylinders"	Terminal Costiero Di Gnl "Long-Bullet Cylinders"	Terminal Costiero Di Gnl "Secondario" A Pressione Atmosferica	Terminal Costiero Di Gnl "Primario" A Pressione Atmosferica
Costo del lavoro	4,21	1,93	1,19	0,96	0,48
Costi di manutenzione e di servizi tecnici	0,55	1,27	1,21	0,62	0,55
Costi per l'energia e altre utenze	3,19	3,19	3,19	3,19	3,19
Costi generali di amministrazione, safety e assicurativi	2,65	2,24	1,81	1,10	0,79
Costo operativo dell'infrastruttura di bunkering GNL	10,60	8,63	7,40	5,88	5,01
Costo del lavoro	12,25	1,99	0,99	0,99	0,50
Costi di manutenzione e di servizi tecnici	0,41	0,91	0,78	0,78	0,55
Costi per l'energia e altre utenze	1,56	0,66	0,44	0,44	0,27
Costi generali di amministrazione, safety e assicurativi	6,53	1,90	1,28	1,28	0,80
Costi della supply chain del GNL	20,76	5,45	3,49	3,49	2,12
Costo operativo unitario totale annuo	31,36	14,08	10,89	9,37	7,14

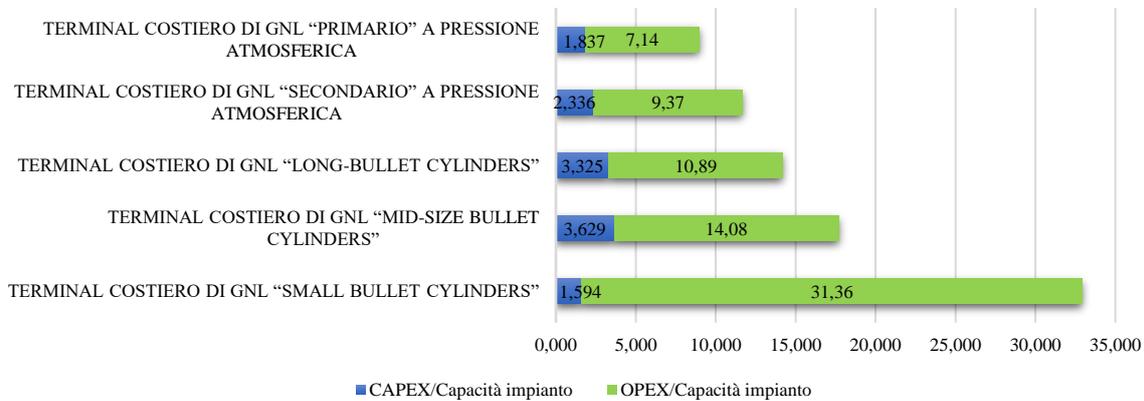
Fonte: Assocostieri Servizi Srl/ UNIGE-CIELI e Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.

In particolare, ciò che emerge dalle suddette analisi è che anche in relazione ai costi operativi, sono presenti i benefici connessi alle economie di scala dell'impianto in quanto, all'aumentare delle dimensioni dell'impianto di storage/bunkering di GNL, i costi operativi di storage e approvvigionamento aumentano meno che proporzionalmente rispetto all'aumento dimensionale dello stesso, mentre la voce "costo del lavoro" diminuisce al crescere dell'impianto a causa del maggiore livello di automazione della tecnologia.

Considerando infine, il valore di costo totale annuo ponderato per la capacità annua dell'impianto (come effettuato per le due precedenti soluzioni tecnologiche), si è riscontrato che un passaggio dall'opzione terminal costiero di GNL small bullet cylinders (1.000 m³ di serbatoio) alla quella terminal costiero di GNL "primario" a pressione atmosferica (50.000 m³ di serbatoio), comporta una riduzione percentuale del costo totale (CAPEX annuo + OPEX annuo) per m³ di GNL prodotto dall'impianto del 75% (Figura 39).



Figura 39: Costo totale annuo per m³ di capacità produttiva delle tecnologie PTS



Fonte: Assocostieri Servizi Srl/ UNIGE-CIELI e Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.

7.4.4. Confronto tra i costi OPEX-CAPEX delle diverse soluzioni di bunkering GNL analizzate

Nel capitolo 4.4 del Prodotto T2.3.1 si comparano i diversi profili economico-finanziari delle opzioni di bunkering di GNL indagate, ponendo particolare enfasi sui costi annui in termini assoluti e sui costi annui ponderati per la capacità annua degli impianti, dato quest'ultimo che risulta essenziale al fine dell'analisi di valutazione delle performance economico-finanziarie degli investimenti in tali tecnologie, denominata "mark-up multi scenario analisi" e descritta nel capitolo finale.

L'analisi comparativa dei costi annui delle varie modalità analizzate è stata svolta sia sulle voci di costo di tipo OPEX, sia su quelle di tipo CAPEX che sui costi totali delle varie modalità di bunkering GNL indagate.

Le opzioni di bunkering di tipo PTS risultano ovviamente quelle maggiormente "capital intensive", mentre in posizione diametralmente opposta di collocano le varie opzioni d'investimento riconducibili alla tecnologia TTS. Le opzioni di tipo PTS, caratterizzate da una maggiore dimensione di impianto, da una maggiore capacità complessiva di erogazione del servizio, da un elevato standard tecnologico di riferimento e da maggiori costi connessi all'attività di manutenzione ordinaria, alla gestione del personale impiegato e dai consumi energetici più elevati, comportano un investimento iniziale nell'ordine di 6x-60x e costi operativi annui nell'ordine di 2x-5x rispetto alle soluzioni TTS.

Le soluzioni STS, soluzioni con un dimensionamento in termini di capacità di stoccaggio del GNL in generale più simile a quello delle soluzioni PTS, ma tecnologicamente meno complesse, sono risultate in termini assoluti di costo annuo (CAPEX, OPEX e totali) meno "capital intensive" rispetto alle soluzioni PTS ma non rispetto alle soluzioni TTS, rappresentando così una via intermedia in termini economici tra le varie modalità analizzate.

Ciò detto, si sottolinea però che ragionando in termini assoluti non si tiene conto delle diverse dimensioni degli impianti, e in particolare delle diverse capacità produttive di questi.

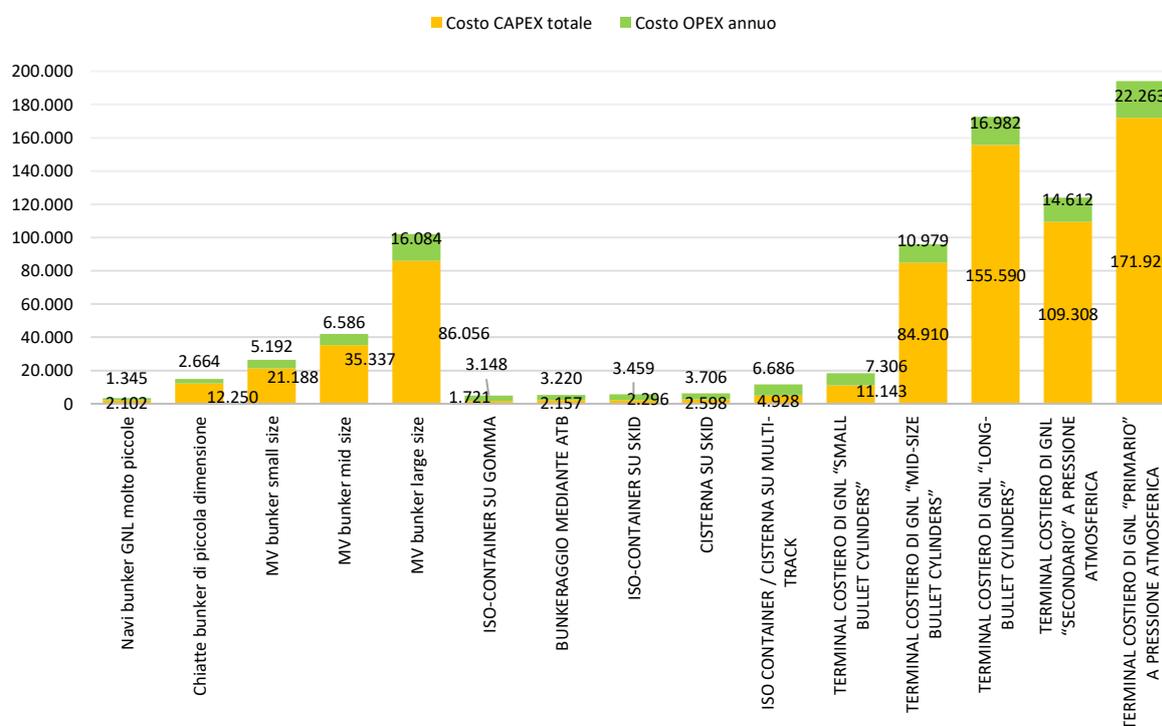
Perciò, sebbene gli impianti PTS in termini assoluti possano sembrare quelli più costosi e meno economici, da un punto di vista di costo annuo ponderato per le capacità produttiva annua risultano

essere opzioni di bunkering GNL meno costose per m³ di capacità produttiva dell'impianto rispetto a quelle TTS.

Tale effetto di scala degli impianti è visibile sia nella Figura 40 in cui è riportato il costo totale del primo anno di attività delle singole infrastrutture di bunkering GNL, considerando il costo CAPEX totale più il costo OPEX annuo, sia nella

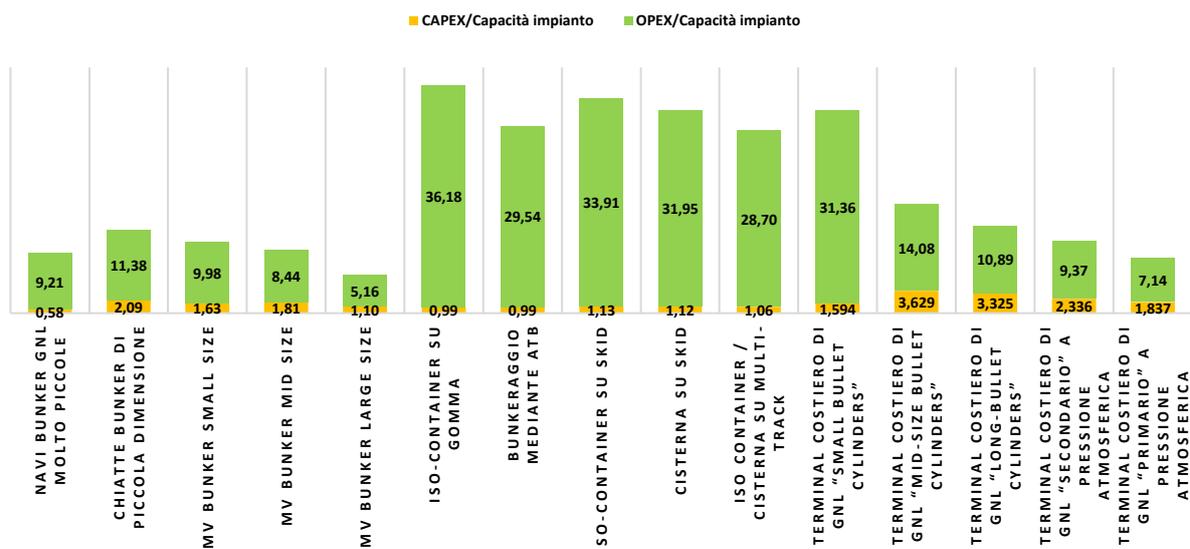
Figura 41 dove è riportato il costo totale annuo ponderato per la capacità produttiva dei diversi impianti.

Figura 40: Costi totali (CAPEX totale+ OPEX annuo) delle soluzioni di bunkering GNL di tipo STS-TTS-PTS; dati in migliaia euro



Fonte: Assocostieri Servizi Srl/UNIGE-CIELI e Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.

Figura 41: Costi totali annui (CAPEX annuo + OPEX annuo) per unità di capacità produttiva (m³) delle soluzioni di bunkering GNL di tipo STS-TTS-PTS



Fonte: Assocostieri Servizi Srl/ UNIGE-CIELI e Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.

Dall'esame dei dati riportati nelle precedenti figure si nota come, sebbene i costi totali per l'investimento in infrastrutture di GNL relative al primo anno di attività (CAPEX totale + OPEX annuo) siano maggiori per le soluzioni PTS e STS, ragionando invece in termini di costo totale annuo (CAPEX annuo + OPEX annuo) ponderato per la capacità dell'impianto, le soluzioni TTS risultano quelle meno economiche essendo queste le soluzioni con i minori costi totali in termini assoluti ma anche con i minori livelli di capacità produttiva.

Infatti, i costi totali annui ponderati delle soluzioni di tipo TTS si aggirano tra i 30 e 37 euro per m³ di capacità produttiva, mentre, le soluzioni STS presentano le migliori prestazioni con un range di costo totale annuo per capacità produttiva tra 6 a 13,5 euro per m³.

I dati di costo totali annui ponderati delle opzioni PTS sono simili a quelle STS, escludendo la soluzione a minore capacità produttiva “terminal costiero GNL small bullet cylinders”, anche se per gli investimenti in tecnologie di tipo PTS è richiesto un investimento iniziale notevolmente maggiore, che implica un costo totale annuo in termini di m³ di capacità produttiva degli impianti leggermente superiore rispetto a quello delle soluzioni STS, compreso in un range tra 9 e 33 euro per m³.

In conclusione, risulta come, sebbene in termini assoluti le soluzioni PTS e STS richiedano indubbiamente maggiori investimenti iniziali e determinino maggiori fabbisogni finanziari, rispetto alle opzioni d’investimento di tipo TTS esaminate nel progetto, in termini ponderati per le capacità produttive degli impianti, tali soluzioni siano da preferire sotto il profilo economico-finanziario.

Naturalmente, oltre agli aspetti economico finanziari delle diverse soluzioni di bunkering GNL analizzate, i vincoli operativi e tecnici dei terminal e i vincoli di mercato sono da tenere in considerazione nella scelta tra un tipo di impianto di bunkering rispetto ad un altro.

7.5. Analisi mark up multi-scenario

Successivamente all’analisi dei costi delle diverse soluzioni di bunkering GNL, si è proceduto con lo svolgimento dell’analisi “Mark up multi scenario” al fine di individuare ulteriori possibili indicatori economico-finanziari atti ad esprimere una prima valutazione di massima di progetti di investimento relativi alla realizzazione di infrastrutture per il bunkering/storage di GNL in ambito portuale adottando diverse tecnologie alternative.

Tale analisi è stata svolta in base ad ipotesi multi-scenario sul prezzo di vendita dei servizi di rifornimento di GNL, le quali hanno permesso di impostare i prospetti di cassa per gli investimenti nelle diverse soluzioni di bunkering GNL indagate.

Al fine di individuare il range di prezzo finale del servizio di bunkering di GNL che permettesse di formulare per investimenti nelle diverse opzioni tecnologiche di bunkering GNL analizzate i relativi prospetti di cassa si è dapprima ricercato il valore del “costo variabile per m³ di materia prima GNL acquistata dai diversi impianti di bunkering GNL ”per poi applicare 3 diversi mark up su tale dato di costo, ipotizzando la massima utilizzazione degli impianti secondo le ipotesi formulate nel paragrafo 1.4.

In via semplificativa si è ipotizzato un costo di acquisto del GNL a m³ costante per tutte le tecnologie indagate, indipendentemente dal volume di GNL acquistato e gestito dalle infrastrutture. Si tratta ovviamente di un’ipotesi non realistica e comunque banalizzante, ma indispensabile in ragione del già elevato livello di complessità connesso ai processi di stima e valutazione condotti nell’ambito delle attività tecniche T2.3 del Progetto TDI RETE-GNL.

Come proxy del costo variabile per m³ di materia prima è stato impiegato la media relativa agli ultimi 5 anni dei prezzi del GNL PEG Nord, con ciò intendendosi il prezzo del GNL scambiato nell’hub Nord francese (Point d’échange de gaz - Nord), comunemente indicato come PEG Nord, il quale è uno dei 3 punti di scambio virtuali per la vendita, l’acquisto e lo scambio di gas naturale e GNL in Francia.

La scelta di utilizzare la media quinquennale è frutto del fatto che in data 6 agosto, risultava come un 1 m³ di GNL nell’Hub PEG Nord fosse scambiato a 7 euro per MWH e considerando che 1 m³ di GNL equivale a 6,933 MWH, il prezzo nell’agosto 2020 era di quasi 50 euro per m³, prezzo che risulta storicamente molto basso, causa la riduzione dei consumi e la seguente caduta dei prezzi delle

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 “Studio per un piano d’azione congiunto per il GNL in ambito portuale”



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



commodities energetiche in relazione alla pandemia COVID19, e perciò non rappresentativo del reale prezzo di mercato e del possibile prezzo futuro di tale commodity.

Inoltre, a fini prudenziali, al valore medio quinquennale del PEG, di 20€/MWh, si è aggiunto un mark up di sicurezza di 2 euro per MWh (GNL = PEG + 2€/MWh).

In conclusione, utilizzando un prezzo per m³ di GNL di 22 euro per MWh, il valore di mercato per m³ di GNL è risultato essere di 150 euro per m³.

Così procedendo, dopo l'individuazione del costo variabile per m³ di materia prima si è impostata l'analisi multi-scenario basata su tre diversi livelli di mark-up parametrati a tale costo:

- ✓ scenario low: Prezzo finale del servizio = Costo totale della materia prima + 10% (165 euro per m³)
- ✓ scenario base: Prezzo finale del servizio = Costo totale della materia prima + 20% (180 euro per m³)
- ✓ scenario high: Prezzo finale del servizio = Costo totale della materia prima + 30% (195 euro per m³)

A seguito dell'impostazione dei tre diversi scenari, individuato l'ipotetico range di prezzo finale del servizio di bunkering GNL, è stata effettuata l'analisi dei flussi di cassa attualizzati (DCFA – Discounted Cash Flow Analysis) sottostanti a ciascuna delle ipotesi di investimento in impianti di bunkering di GNL analizzate.

A tal fine, oltre all'ipotesi di massimo utilizzo degli impianti e di costo per l'acquisto della materia prima costante e indipendente dai volumi acquistati, sono state impostate 5 ipotesi operative alla base dei prospetti di cassa sviluppati per ogni soluzione di bunkering GNL indagata, qui di seguito elencate e spiegate:

- ✓ tasso d'inflazione del 2% annuo;
- ✓ vita utile economica delle tecnologie: STS = 25 anni; TTS = 20 anni; PTS = 30 anni;
- ✓ Nessuna operazione di manutenzione straordinaria (ipotesi estremamente semplificatrice);
- ✓ Valore finale dell'infrastruttura uguale a 0 (analisi future dovrebbero invece considerare il probabile rischio di avere un valore finale dell'infrastruttura negativo in ragione dei costi di smantellamento della stessa);
- ✓ Costo ponderato del capitale (WACC) = 5,77% (cfr. precisazioni sottostanti);

Il tasso d'inflazione del 2% annuo, con ciò intendendosi il tasso di interesse applicato all'andamento futuro dei costi/ricavi e non il tasso d'inflazione funzionale al calcolo del tasso di attualizzazione, è stato applicato per descrivere l'effetto dell'obsolescenza tecnologica e l'effetto dello sviluppo dei sistemi economici.

Infatti, si è ipotizzato che, a partire dal sesto anno di vita degli impianti, i costi operativi aumentino a causa del fatto che le tecnologie di bunkering di GNL inizino a necessitare di una maggiore manutenzione e manodopera.

Inoltre, come indicato dalla BCE, il tasso d'inflazione del 2% annuo descrive un sistema economico in sviluppo, e si presume quindi che anche i materiali utilizzati per le manutenzioni, riparazioni e sostituzioni, per lo più parti metalliche, aumentino il loro valore di costo.

Da notare è il fatto che, il tasso d'inflazione in oggetto, non è stato applicato al costo della materia prima GNL, in quanto, come descritto, il costo per m³ di GNL acquistato è derivato dalla media del costo del GNL PEG degli ultimi 5 anni, che ad oggi risulta essere del +300% rispetto al valore attuale della

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale"



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



materia prima GNL. Inoltre, poiché il prezzo finale è rapportato al prezzo di acquisto della materia prima, l'applicazione del tasso d'inflazione al costo della materia prima non avrebbe alcun impatto in termini di flussi di cassa.¹⁰

Inoltre, nei prospetti di cassa elaborati per ogni soluzione di bunkering di GNL indagata, non è stato definito un valore finale dell'infrastruttura, che nel caso delle soluzioni STS solitamente è positivo ed è dato o dal valore di rivendita o dal valore di demolizione, con ciò intendendosi il valore del ferro presente nell'infrastruttura mentre, per le soluzioni PTS e TTS è solitamente negativo, comportando queste tecnologie costi di smantellamento a fine vita utile economica. Tale ipotesi è stata applicata non avendo il gruppo di lavoro la disponibilità del dato sui costi di manutenzione straordinaria delle tecnologie in oggetto¹¹.

Infine, per sviluppare i modelli di cassa e stimare il VAN di progetto (valore attuale netto dei flussi di cassa) delle varie opzioni analizzate è stato necessario individuare il costo ponderato del capitale investito (WACC)¹².

Attraverso l'implementazione delle ipotesi qui descritte e alla conseguente impostazione dei modelli di cassa atti ad individuare la fattibilità economica delle soluzioni di bunkering GNL analizzate, si sono evidenziati i seguenti indicatori economici finanziari dell'investimento:

- ✓ ROI dell'investimento: ritorno sul capitale investito;
- ✓ BEP dell'investimento: break even point (punto di pareggio espresso in anni);
- ✓ VAN dell'investimento: valore attuale netto dell'investimento
- ✓ IRR (TIR) dell'investimento: tasso interno di rendimento dell'investimento

Nelle successive tabelle, Tabella 48, Tabella 49, Tabella 50, Tabella 51, Tabella 52, Tabella 53, Tabella 54, Tabella 55, Tabella 56 sono riportati i dati di questi indicatori finanziari nelle diverse ipotesi di scenario e per i diversi tipi di soluzioni di bunkering GNL analizzate.

¹⁰ Per tale motivo il tasso d'inflazione è stato applicato solo ai costi OPEX e non anche ai ricavi.

¹¹ Per le soluzioni STS indagate, nell'arco della loro vita utile economica dell'asset sono solitamente previste operazioni di manutenzione straordinaria ogni 2,5 anni (dry dock costs). Nel caso specifico, le ipotesi di valore finale nullo e costi straordinari di manutenzione uguale a zero si compensano parzialmente, essendo il valore finale dell'asset positivo e consistente.

¹² Il WACC, acronimo per Weighted Average Cost of Capital, è inteso come il costo che l'azienda/il soggetto investitore deve sostenere per raccogliere risorse finanziarie presso soci e terzi finanziatori. Si tratta di una media ponderata tra il costo del capitale proprio ed il costo del debito, con "pesi" rappresentati dai mezzi propri e dai debiti finanziari complessivi. Tale dato è stato ripreso dalle analisi annuali svolte dal prof. Damodaran dell'università di economia di New York, che stima un costo del capitale per investimenti in infrastrutture e tecnologie del settore "marine" del 5,77%, assumendo un costo del capitale di tipo equity del 10,49%, un costo del capitale di tipo debito del 3,37%, una leva finanziaria del 47%, un beta di settore di 1,43 e un tasso di inflazione atteso per l'euro dello 0,2% e del 1,5% per il dollaro.

Nel caso qui specifico, essendo il WACC riportato da Damodaran espresso in termini di USD, per convertirlo in WACC su base euro bisogna moltiplicare il WACC USD per il rapporto tra l'inflazione attesa dell'euro sul dollaro.

Il WACC rappresenta perciò il tasso di attualizzazione dei flussi di cassa utilizzato per indagare il VAN. Al fine di comprendere se un investimento risulta profittevole bisogna comparare il tasso WACC al tasso IRR; se il tasso IRR è maggiore del WACC allora l'investimento risulta profittevole.

Tabella 48: Flussi di cassa in entrata e uscita delle diverse soluzioni di bunkering GNL di tipo TTS; scenario low-base-high (dati in migliaia euro)

T	ISO-CONTAINER SU GOMMA				BUNKERAGGIO MEDIANTE ATB				ISO-CONTAINER SU SKID				CISTERNA SU SKID				ISO CONTAINER / CISTERNA SU MULTI-TRACK			
	Flussi U	Flussi E (MARK UP 10%)	Flussi E (MARK UP 20%)	Flussi E (MARK UP 30%)	Flussi U	Flussi E (MARK UP 10%)	Flussi E (MARK UP 20%)	Flussi E (MARK UP 30%)	Flussi U	Flussi E (MARK UP 10%)	Flussi E (MARK UP 20%)	Flussi E (MARK UP 30%)	Flussi U	Flussi E (MARK UP 10%)	Flussi E (MARK UP 20%)	Flussi E (MARK UP 30%)	Flussi U	Flussi E (MARK UP 10%)	Flussi E (MARK UP 20%)	Flussi E (MARK UP 30%)
0	1.721				2.157				2.296				2.598				4.928			
1	16.198	14.355	15.660	16.965	19.570	17.985	19.620	21.255	18.759	16.830	18.360	19.890	21.106	19.140	20.880	22.620	41.636	38.445	41.940	45.435
2	16.198	14.355	15.660	16.965	19.570	17.985	19.620	21.255	18.861	16.830	18.360	19.890	21.106	19.140	20.880	22.620	41.636	38.445	41.940	45.435
3	16.198	14.355	15.660	16.965	19.570	17.985	19.620	21.255	18.963	16.830	18.360	19.890	21.106	19.140	20.880	22.620	41.636	38.445	41.940	45.435
4	16.198	14.355	15.660	16.965	19.570	17.985	19.620	21.255	19.065	16.830	18.360	19.890	21.106	19.140	20.880	22.620	41.636	38.445	41.940	45.435
5	16.198	14.355	15.660	16.965	19.570	17.985	19.620	21.255	19.167	16.830	18.360	19.890	21.106	19.140	20.880	22.620	41.636	38.445	41.940	45.435
6	16.261	14.355	15.660	16.965	19.635	17.985	19.620	21.255	19.338	16.830	18.360	19.890	21.180	19.140	20.880	22.620	41.770	38.445	41.940	45.435
7	16.325	14.355	15.660	16.965	19.700	17.985	19.620	21.255	19.510	16.830	18.360	19.890	21.256	19.140	20.880	22.620	41.906	38.445	41.940	45.435
8	16.390	14.355	15.660	16.965	19.767	17.985	19.620	21.255	19.684	16.830	18.360	19.890	21.333	19.140	20.880	22.620	42.045	38.445	41.940	45.435
9	16.457	14.355	15.660	16.965	19.836	17.985	19.620	21.255	19.860	16.830	18.360	19.890	21.411	19.140	20.880	22.620	42.187	38.445	41.940	45.435
10	16.525	14.355	15.660	16.965	19.905	17.985	19.620	21.255	20.037	16.830	18.360	19.890	21.492	19.140	20.880	22.620	42.332	38.445	41.940	45.435
11	16.595	14.355	15.660	16.965	19.976	17.985	19.620	21.255	20.215	16.830	18.360	19.890	21.574	19.140	20.880	22.620	42.480	38.445	41.940	45.435
12	16.666	14.355	15.660	16.965	20.049	17.985	19.620	21.255	20.395	16.830	18.360	19.890	21.657	19.140	20.880	22.620	42.630	38.445	41.940	45.435
13	16.738	14.355	15.660	16.965	20.123	17.985	19.620	21.255	20.576	16.830	18.360	19.890	21.742	19.140	20.880	22.620	42.784	38.445	41.940	45.435
14	16.812	14.355	15.660	16.965	20.198	17.985	19.620	21.255	20.760	16.830	18.360	19.890	21.829	19.140	20.880	22.620	42.941	38.445	41.940	45.435
15	16.887	14.355	15.660	16.965	20.275	17.985	19.620	21.255	20.944	16.830	18.360	19.890	21.918	19.140	20.880	22.620	43.100	38.445	41.940	45.435
16	16.964	14.355	15.660	16.965	20.354	17.985	19.620	21.255	21.131	16.830	18.360	19.890	22.008	19.140	20.880	22.620	43.263	38.445	41.940	45.435
17	17.042	14.355	15.660	16.965	20.434	17.985	19.620	21.255	21.319	16.830	18.360	19.890	22.100	19.140	20.880	22.620	43.430	38.445	41.940	45.435
18	17.122	14.355	15.660	16.965	20.516	17.985	19.620	21.255	21.508	16.830	18.360	19.890	22.194	19.140	20.880	22.620	43.599	38.445	41.940	45.435
19	17.203	14.355	15.660	16.965	20.599	17.985	19.620	21.255	21.700	16.830	18.360	19.890	22.290	19.140	20.880	22.620	43.772	38.445	41.940	45.435
20	17.287	14.355	15.660	16.965	20.684	17.985	19.620	21.255	21.893	16.830	18.360	19.890	22.388	19.140	20.880	22.620	43.949	38.445	41.940	45.435
TOT	333.985	287.100	313.200	339.300	402.059	359.700	392.400	425.100	405.979	336.600	367.200	397.800	434.499	382.800	417.600	452.400	855.299	768.900	838.800	908.700

Fonte: UNIGE-CIELI e Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.

Tabella 49: Flussi di cassa totali, ROI, IRR e BEP delle diverse soluzioni di bunkering GNL di tipo TTS; scenario low-base-high (dati in migliaia euro)

T	ISO-CONTAINER SU GOMMA			BUNKERAGGIO MEDIANTE ATB			ISO-CONTAINER SU SKID			CISTERNA SU SKID			ISO CONTAINER / CISTERNA SU MULTI-TRACK		
	Flussi U/E (MARK UP 10%)	Flussi U/E (MARK UP 20%)	Flussi U/E (MARK UP 30%)	Flussi U/E (MARK UP 10%)	Flussi U/E (MARK UP 20%)	Flussi U/E (MARK UP 30%)	Flussi U/E (MARK UP 10%)	Flussi U/E (MARK UP 20%)	Flussi U/E (MARK UP 30%)	Flussi U/E (MARK UP 10%)	Flussi U/E (MARK UP 20%)	Flussi U/E (MARK UP 30%)	Flussi U/E (MARK UP 10%)	Flussi U/E (MARK UP 20%)	Flussi U/E (MARK UP 30%)
0	-1.721	-1.721	-1.721	-2.157	-2.157	-2.157	-2.296	-2.296	-2.296	-2.598	-2.598	-2.598	-4.928	-4.928	-4.928
1	-1.843	-538	767	-1.585	50	1.685	-1.929	-399	1.131	-1.966	-226	1.514	-3.191	304	3.799
2	-1.843	-538	767	-1.585	50	1.685	-2.031	-501	1.029	-1.966	-226	1.514	-3.191	304	3.799
3	-1.843	-538	767	-1.585	50	1.685	-2.133	-603	927	-1.966	-226	1.514	-3.191	304	3.799
4	-1.843	-538	767	-1.585	50	1.685	-2.235	-705	825	-1.966	-226	1.514	-3.191	304	3.799
5	-1.843	-538	767	-1.585	50	1.685	-2.337	-807	723	-1.966	-226	1.514	-3.191	304	3.799
6	-1.906	-601	704	-1.650	-15	1.620	-2.508	-978	552	-2.040	-300	1.440	-3.325	170	3.665
7	-1.970	-665	640	-1.715	-80	1.555	-2.680	-1.150	380	-2.116	-376	1.364	-3.461	34	3.529
8	-2.035	-730	575	-1.782	-147	1.488	-2.854	-1.324	206	-2.193	-453	1.287	-3.600	-105	3.390
9	-2.102	-797	508	-1.851	-216	1.419	-3.030	-1.500	30	-2.271	-531	1.209	-3.742	-247	3.248
10	-2.170	-865	440	-1.920	-285	1.350	-3.207	-1.677	-147	-2.352	-612	1.128	-3.887	-392	3.103
11	-2.240	-935	370	-1.991	-356	1.279	-3.385	-1.855	-325	-2.434	-694	1.046	-4.035	-540	2.955
12	-2.311	-1.006	299	-2.064	-429	1.206	-3.565	-2.035	-505	-2.517	-777	963	-4.185	-690	2.805
13	-2.383	-1.078	227	-2.138	-503	1.132	-3.746	-2.216	-686	-2.602	-862	878	-4.339	-844	2.651
14	-2.457	-1.152	153	-2.213	-578	1.057	-3.930	-2.400	-870	-2.689	-949	791	-4.496	-1.001	2.494
15	-2.532	-1.227	78	-2.290	-655	980	-4.114	-2.584	-1.054	-2.778	-1.038	702	-4.655	-1.160	2.335
16	-2.609	-1.304	1	-2.369	-734	901	-4.301	-2.771	-1.241	-2.868	-1.128	612	-4.818	-1.323	2.172
17	-2.687	-1.382	-77	-2.449	-814	821	-4.489	-2.959	-1.429	-2.960	-1.220	520	-4.985	-1.490	2.005
18	-2.767	-1.462	-157	-2.531	-896	739	-4.678	-3.148	-1.618	-3.054	-1.314	426	-5.154	-1.659	1.836
19	-2.848	-1.543	-238	-2.614	-979	656	-4.870	-3.340	-1.810	-3.150	-1.410	330	-5.327	-1.832	1.663
20	-2.932	-1.627	-322	-2.699	-1.064	571	-5.063	-3.533	-2.003	-3.248	-1.508	232	-5.504	-2.009	1.486
TOT	-46.885	-20.785	5.315	-42.359	-9.659	23.041	-69.379	-38.779	-8.179	-51.699	-16.899	17.901	-86.399	-16.499	53.401
ROI	-2725%	-1208%	309%	-1964%	-448%	1068%	-3022%	-1689%	-356%	-1990%	-651%	689%	-1753%	-335%	1084%
IRR			42,41%			77,72%						57,45%			76,71%
BEP			3			2						2			2

Fonte: UNIGE-CIELI e Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.

Tabella 50: Valore attuale netto dei flussi di cassa totali delle diverse soluzioni di bunkering GNL di tipo TTS; scenario low-base-high (dati in migliaia euro)

T	ISO-CONTAINER SU GOMMA			BUNKERAGGIO MEDIANTE ATB			ISO-CONTAINER SU SKID			CISTERNA SU SKID			ISO CONTAINER / CISTERNA SU MULTI-TRACK		
	VAN (MARK UP 10%)	VAN (MARK UP 20%)	VAN (MARK UP 30%)	VAN (MARK UP 10%)	VAN (MARK UP 20%)	VAN (MARK UP 30%)	VAN (MARK UP 10%)	VAN (MARK UP 20%)	VAN (MARK UP 30%)	VAN (MARK UP 10%)	VAN (MARK UP 20%)	VAN (MARK UP 30%)	VAN (MARK UP 10%)	VAN (MARK UP 20%)	VAN (MARK UP 30%)
0	-1.721	-1.721	-1.721	-2.157	-2.157	-2.157	-2.296	-2.296	-2.296	-2.598	-2.598	-2.598	-4.928	-4.928	-4.928
1	-1.742	-508	725	-1.499	47	1.593	-1.824	-377	1.070	-1.859	-214	1.431	-3.017	287	3.592
2	-1.647	-481	686	-1.417	45	1.506	-1.815	-448	920	-1.757	-202	1.353	-2.853	272	3.396
3	-1.557	-454	648	-1.340	42	1.424	-1.802	-509	784	-1.661	-191	1.279	-2.697	257	3.210
4	-1.472	-430	613	-1.267	40	1.346	-1.786	-563	659	-1.571	-181	1.210	-2.550	243	3.035
5	-1.392	-406	580	-1.197	38	1.273	-1.765	-609	546	-1.485	-171	1.144	-2.411	229	2.870
6	-1.361	-429	503	-1.178	-10	1.157	-1.791	-698	394	-1.457	-214	1.028	-2.375	121	2.618
7	-1.330	-449	432	-1.158	-54	1.050	-1.810	-777	256	-1.429	-254	921	-2.337	23	2.383
8	-1.299	-466	367	-1.138	-94	950	-1.822	-846	131	-1.400	-289	822	-2.299	-67	2.164
9	-1.269	-481	306	-1.117	-130	857	-1.829	-905	18	-1.371	-321	729	-2.259	-149	1.960
10	-1.239	-494	251	-1.096	-163	770	-1.830	-957	-84	-1.342	-349	644	-2.218	-224	1.771
11	-1.209	-504	200	-1.074	-192	690	-1.826	-1.001	-175	-1.313	-374	565	-2.177	-291	1.594
12	-1.179	-513	153	-1.053	-219	615	-1.818	-1.038	-258	-1.284	-396	491	-2.135	-352	1.431
13	-1.149	-520	109	-1.031	-243	546	-1.807	-1.069	-331	-1.255	-416	423	-2.093	-407	1.279
14	-1.120	-525	70	-1.009	-264	482	-1.792	-1.094	-396	-1.226	-433	361	-2.050	-456	1.137
15	-1.092	-529	34	-987	-283	422	-1.774	-1.114	-454	-1.197	-447	303	-2.007	-500	1.006
16	-1.063	-531	0	-965	-299	367	-1.753	-1.129	-506	-1.169	-460	249	-1.964	-539	885
17	-1.035	-533	-30	-944	-314	316	-1.730	-1.140	-550	-1.141	-470	200	-1.921	-574	773
18	-1.008	-533	-57	-922	-326	269	-1.704	-1.147	-590	-1.113	-479	155	-1.878	-605	669
19	-981	-532	-82	-900	-337	226	-1.677	-1.150	-623	-1.085	-486	114	-1.835	-631	573
20	-955	-530	-105	-879	-346	186	-1.649	-1.151	-652	-1.058	-491	76	-1.792	-654	484
VAN	-26.821	-11.570	3.682	-24.328	-5.220	13.889	-37.900	-20.018	-2.137	-29.770	-9.434	10.902	-49.793	-8.947	31.900
ROI	-1559%	-672%	214%	-1128%	-242%	644%	-1651%	-872%	-93%	-1146%	-363%	420%	-1010%	-182%	647%
IRR			34,64%			68,03%			7,07%			48,86%			67,07%

Fonte: UNIGE-CIELI e Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale"

Tabella 51: Flussi di cassa in entrata e uscita delle diverse soluzioni di bunkering GNL di tipo STS; scenario low-base-high (dati in migliaia euro)

T	Navi bunker GNL molto piccole				Chiatte bunker di piccola dimensione				MV bunker small size				MV bunker mid size				MV bunker large size			
	Flussi U	Flussi E (MARK UP 10%)	Flussi E (MARK UP 20%)	Flussi E (MARK UP 30%)	Flussi U	Flussi E (MARK UP 10%)	Flussi E (MARK UP 20%)	Flussi E (MARK UP 30%)	Flussi U	Flussi E (MARK UP 10%)	Flussi E (MARK UP 20%)	Flussi E (MARK UP 30%)	Flussi U	Flussi E (MARK UP 10%)	Flussi E (MARK UP 20%)	Flussi E (MARK UP 30%)	Flussi U	Flussi E (MARK UP 10%)	Flussi E (MARK UP 20%)	Flussi E (MARK UP 30%)
0	2.102				12.250				21.188				35.337				86.056			
1	23.245	24.090	26.280	28.470	37.764	38.610	42.120	45.630	83.192	85.800	93.600	101.400	123.586	128.700	140.400	152.100	484.084	514.800	561.600	608.400
2	23.245	24.090	26.280	28.470	37.764	38.610	42.120	45.630	83.712	85.800	93.600	101.400	123.586	128.700	140.400	152.100	484.084	514.800	561.600	608.400
3	23.245	24.090	26.280	28.470	37.764	38.610	42.120	45.630	84.232	85.800	93.600	101.400	123.586	128.700	140.400	152.100	484.084	514.800	561.600	608.400
4	23.245	24.090	26.280	28.470	37.764	38.610	42.120	45.630	84.752	85.800	93.600	101.400	123.586	128.700	140.400	152.100	484.084	514.800	561.600	608.400
5	23.245	24.090	26.280	28.470	37.764	38.610	42.120	45.630	85.272	85.800	93.600	101.400	123.586	128.700	140.400	152.100	484.084	514.800	561.600	608.400
6	23.272	24.090	26.280	28.470	37.817	38.610	42.120	45.630	85.896	85.800	93.600	101.400	123.717	128.700	140.400	152.100	484.405	514.800	561.600	608.400
7	23.299	24.090	26.280	28.470	37.871	38.610	42.120	45.630	86.522	85.800	93.600	101.400	123.852	128.700	140.400	152.100	484.734	514.800	561.600	608.400
8	23.327	24.090	26.280	28.470	37.927	38.610	42.120	45.630	87.150	85.800	93.600	101.400	123.989	128.700	140.400	152.100	485.068	514.800	561.600	608.400
9	23.356	24.090	26.280	28.470	37.983	38.610	42.120	45.630	87.780	85.800	93.600	101.400	124.129	128.700	140.400	152.100	485.410	514.800	561.600	608.400
10	23.385	24.090	26.280	28.470	38.041	38.610	42.120	45.630	88.412	85.800	93.600	101.400	124.271	128.700	140.400	152.100	485.758	514.800	561.600	608.400
11	23.414	24.090	26.280	28.470	38.100	38.610	42.120	45.630	89.047	85.800	93.600	101.400	124.417	128.700	140.400	152.100	486.113	514.800	561.600	608.400
12	23.445	24.090	26.280	28.470	38.160	38.610	42.120	45.630	89.684	85.800	93.600	101.400	124.565	128.700	140.400	152.100	486.475	514.800	561.600	608.400
13	23.476	24.090	26.280	28.470	38.221	38.610	42.120	45.630	90.323	85.800	93.600	101.400	124.716	128.700	140.400	152.100	486.845	514.800	561.600	608.400
14	23.507	24.090	26.280	28.470	38.283	38.610	42.120	45.630	90.965	85.800	93.600	101.400	124.871	128.700	140.400	152.100	487.222	514.800	561.600	608.400
15	23.539	24.090	26.280	28.470	38.347	38.610	42.120	45.630	91.609	85.800	93.600	101.400	125.028	128.700	140.400	152.100	487.606	514.800	561.600	608.400
16	23.572	24.090	26.280	28.470	38.412	38.610	42.120	45.630	92.256	85.800	93.600	101.400	125.189	128.700	140.400	152.100	487.998	514.800	561.600	608.400
17	23.605	24.090	26.280	28.470	38.478	38.610	42.120	45.630	92.905	85.800	93.600	101.400	125.352	128.700	140.400	152.100	488.398	514.800	561.600	608.400
18	23.640	24.090	26.280	28.470	38.546	38.610	42.120	45.630	93.556	85.800	93.600	101.400	125.519	128.700	140.400	152.100	488.806	514.800	561.600	608.400
19	23.674	24.090	26.280	28.470	38.614	38.610	42.120	45.630	94.211	85.800	93.600	101.400	125.690	128.700	140.400	152.100	489.222	514.800	561.600	608.400
20	23.710	24.090	26.280	28.470	38.685	38.610	42.120	45.630	94.868	85.800	93.600	101.400	125.864	128.700	140.400	152.100	489.647	514.800	561.600	608.400
21	23.746	24.090	26.280	28.470	38.756	38.610	42.120	45.630	95.528	85.800	93.600	101.400	126.041	128.700	140.400	152.100	490.080	514.800	561.600	608.400
22	23.783	24.090	26.280	28.470	38.830	38.610	42.120	45.630	96.190	85.800	93.600	101.400	126.222	128.700	140.400	152.100	490.521	514.800	561.600	608.400
23	23.821	24.090	26.280	28.470	38.904	38.610	42.120	45.630	96.855	85.800	93.600	101.400	126.406	128.700	140.400	152.100	490.972	514.800	561.600	608.400
24	23.859	24.090	26.280	28.470	38.980	38.610	42.120	45.630	97.524	85.800	93.600	101.400	126.594	128.700	140.400	152.100	491.431	514.800	561.600	608.400
25	23.898	24.090	26.280	28.470	39.058	38.610	42.120	45.630	98.195	85.800	93.600	101.400	126.786	128.700	140.400	152.100	491.900	514.800	561.600	608.400
TOT	589.653	602.250	657.000	711.750	969.078	965.250	1.053.000	1.140.750	2.281.823	2.145.000	2.340.000	2.535.000	3.156.482	3.217.500	3.510.000	3.802.500	12.265.083	12.870.000	14.040.000	15.210.000

Fonte: UNIGE-CIELI e Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 “Studio per un piano d’azione congiunto per il GNL in ambito portuale”



Interreg



UNION EUROPÉENNE
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

TDI RETE-GNL



Tabella 52: Flussi di cassa totali, ROI, IRR e BEP delle diverse soluzioni di bunkering GNL di tipo STS; scenario low-base-high (dati in migliaia euro)

T	Navi bunker GNL molto piccole			Chiatte bunker di piccola dimensione			MV bunker small size			MV bunker mid size			MV bunker large size		
	Flussi U/E (MARK UP 10%)	Flussi U/E (MARK UP 20%)	Flussi U/E (MARK UP 30%)	Flussi U/E (MARK UP 10%)	Flussi U/E (MARK UP 20%)	Flussi U/E (MARK UP 30%)	Flussi U/E (MARK UP 10%)	Flussi U/E (MARK UP 20%)	Flussi U/E (MARK UP 30%)	Flussi U/E (MARK UP 10%)	Flussi U/E (MARK UP 20%)	Flussi U/E (MARK UP 30%)	Flussi U/E (MARK UP 10%)	Flussi U/E (MARK UP 20%)	Flussi U/E (MARK UP 30%)
0	-2.102	-2.102	-2.102	-12.250	-12.250	-12.250	-21.188	-21.188	-21.188	-35.337	-35.337	-35.337	-86.056	-86.056	-86.056
1	845	3.035	5.225	847	4.357	7.867	2.608	10.408	18.208	5.114	16.814	28.514	30.716	77.516	124.316
2	845	3.035	5.225	847	4.357	7.867	2.088	9.888	17.688	5.114	16.814	28.514	30.716	77.516	124.316
3	845	3.035	5.225	847	4.357	7.867	1.568	9.368	17.168	5.114	16.814	28.514	30.716	77.516	124.316
4	845	3.035	5.225	847	4.357	7.867	1.048	8.848	16.648	5.114	16.814	28.514	30.716	77.516	124.316
5	845	3.035	5.225	847	4.357	7.867	528	8.328	16.128	5.114	16.814	28.514	30.716	77.516	124.316
6	818	3.008	5.198	793	4.303	7.813	-96	7.704	15.504	4.983	16.683	28.383	30.395	77.195	123.995
7	791	2.981	5.171	739	4.249	7.759	-722	7.078	14.878	4.848	16.548	28.248	30.066	76.866	123.666
8	763	2.953	5.143	683	4.193	7.703	-1.350	6.450	14.250	4.711	16.411	28.111	29.732	76.532	123.332
9	734	2.924	5.114	627	4.137	7.647	-1.980	5.820	13.620	4.571	16.271	27.971	29.390	76.190	122.990
10	705	2.895	5.085	569	4.079	7.589	-2.612	5.188	12.988	4.429	16.129	27.829	29.042	75.842	122.642
11	676	2.866	5.056	510	4.020	7.530	-3.247	4.553	12.353	4.283	15.983	27.683	28.687	75.487	122.287
12	645	2.835	5.025	450	3.960	7.470	-3.884	3.916	11.716	4.135	15.835	27.535	28.325	75.125	121.925
13	614	2.804	4.994	389	3.899	7.409	-4.523	3.277	11.077	3.984	15.684	27.384	27.955	74.755	121.555
14	583	2.773	4.963	327	3.837	7.347	-5.165	2.635	10.435	3.829	15.529	27.229	27.578	74.378	121.178
15	551	2.741	4.931	263	3.773	7.283	-5.809	1.991	9.791	3.672	15.372	27.072	27.194	73.994	120.794
16	518	2.708	4.898	198	3.708	7.218	-6.456	1.344	9.144	3.511	15.211	26.911	26.802	73.602	120.402
17	485	2.675	4.865	132	3.642	7.152	-7.105	695	8.495	3.348	15.048	26.748	26.402	73.202	120.002
18	450	2.640	4.830	64	3.574	7.084	-7.756	44	7.844	3.181	14.881	26.581	25.994	72.794	119.594
19	416	2.606	4.796	-4	3.506	7.016	-8.411	-611	7.189	3.010	14.710	26.410	25.578	72.378	119.178
20	380	2.570	4.760	-75	3.435	6.945	-9.068	-1.268	6.532	2.836	14.536	26.236	25.153	71.953	118.753
21	344	2.534	4.724	-146	3.364	6.874	-9.728	-1.928	5.872	2.659	14.359	26.059	24.720	71.520	118.320
22	307	2.497	4.687	-220	3.290	6.800	-10.390	-2.590	5.210	2.478	14.178	25.878	24.279	71.079	117.879
23	269	2.459	4.649	-294	3.216	6.726	-11.055	-3.255	4.545	2.294	13.994	25.694	23.828	70.628	117.428
24	231	2.421	4.611	-370	3.140	6.650	-11.724	-3.924	3.876	2.106	13.806	25.506	23.369	70.169	116.969
25	192	2.382	4.572	-448	3.062	6.572	-12.395	-4.595	3.205	1.914	13.614	25.314	22.900	69.700	116.500
TOT	12.597	67.347	122.097	-3.828	83.922	171.672	-136.823	58.177	253.177	61.018	353.518	646.018	604.917	1.774.917	2.944.917
ROI	599%	3204%	5809%	-31%	685%	1401%	-646%	275%	1195%	173%	1000%	1828%	703%	2063%	3422%
IRR	39,30%	144,37%	248,58%		35,16%	64,12%		43,16%	82,92%	12,21%	47,41%	80,65%	35,35%	90,04%	144,45%
BEP	3	2	1		3	2		3	2	7	3	2	3	2	1

Fonte: UNIGE-CIELI e Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale"

Tabella 53: Valore attuale netto dei flussi di cassa totali delle diverse soluzioni di bunkering GNL di tipo STS; scenario low-base-high (dati in migliaia euro)

T	Navi bunker GNL molto piccole			Chiatte bunker di piccola dimensione			MV bunker small size			MV bunker mid size			MV bunker large size		
	VAN (MARK UP 10%)	VAN (MARK UP 20%)	VAN (MARK UP 30%)	VAN (MARK UP 10%)	VAN (MARK UP 20%)	VAN (MARK UP 30%)	VAN (MARK UP 10%)	VAN (MARK UP 20%)	VAN (MARK UP 30%)	VAN (MARK UP 10%)	VAN (MARK UP 20%)	VAN (MARK UP 30%)	VAN (MARK UP 10%)	VAN (MARK UP 20%)	VAN (MARK UP 30%)
0	-2.102	-2.102	-2.102	-12.250	-12.250	-12.250	-21.188	-21.188	-21.188	-35.337	-35.337	-35.337	-86.056	-86.056	-86.056
1	799	2.870	4.940	800	4.119	7.437	2.466	9.840	17.215	4.835	15.897	26.959	29.041	73.288	117.535
2	756	2.713	4.671	757	3.894	7.032	1.866	8.839	15.811	4.571	15.030	25.488	27.456	69.290	111.123
3	714	2.565	4.416	715	3.682	6.648	1.325	7.917	14.509	4.322	14.210	24.098	25.959	65.510	105.061
4	675	2.425	4.175	676	3.481	6.285	837	7.070	13.302	4.086	13.435	22.783	24.542	61.936	99.329
5	639	2.293	3.947	639	3.291	5.942	399	6.291	12.183	3.863	12.702	21.540	23.204	58.557	93.911
6	584	2.149	3.713	567	3.073	5.580	-68	5.502	11.073	3.559	11.915	20.271	21.708	55.133	88.558
7	534	2.013	3.492	499	2.869	5.239	-487	4.780	10.046	3.274	11.174	19.074	20.302	51.904	83.505
8	487	1.885	3.283	436	2.677	4.918	-862	4.118	9.097	3.008	10.477	17.946	18.981	48.859	78.736
9	443	1.765	3.087	378	2.497	4.616	-1.195	3.513	8.221	2.759	9.821	16.883	17.740	45.987	74.235
10	402	1.652	2.902	325	2.328	4.331	-1.491	2.960	7.411	2.527	9.204	15.881	16.573	43.280	69.987
11	365	1.546	2.728	275	2.169	4.063	-1.752	2.456	6.665	2.311	8.623	14.936	15.477	40.727	65.977
12	329	1.446	2.563	230	2.020	3.811	-1.981	1.998	5.976	2.109	8.077	14.045	14.448	38.321	62.193
13	296	1.352	2.409	188	1.880	3.573	-2.181	1.580	5.342	1.921	7.564	13.206	13.482	36.052	58.622
14	266	1.264	2.263	149	1.749	3.350	-2.355	1.201	4.758	1.746	7.081	12.415	12.575	33.913	55.252
15	237	1.181	2.126	113	1.627	3.140	-2.504	858	4.221	1.583	6.627	11.670	11.723	31.898	52.072
16	211	1.104	1.996	81	1.511	2.942	-2.631	548	3.727	1.431	6.200	10.968	10.924	29.998	49.072
17	187	1.031	1.874	51	1.403	2.756	-2.738	268	3.274	1.290	5.798	10.307	10.174	28.207	46.241
18	164	962	1.760	23	1.302	2.581	-2.826	16	2.858	1.159	5.421	9.684	9.470	26.520	43.570
19	143	897	1.652	-2	1.207	2.416	-2.897	-210	2.476	1.037	5.067	9.097	8.810	24.930	41.050
20	124	837	1.550	-24	1.119	2.262	-2.953	-413	2.127	924	4.734	8.544	8.191	23.432	38.672
21	106	780	1.454	-45	1.036	2.116	-2.995	-593	1.808	819	4.421	8.023	7.611	22.020	36.429
22	89	727	1.364	-64	958	1.980	-3.024	-754	1.517	721	4.127	7.533	7.067	20.690	34.313
23	74	677	1.280	-81	885	1.851	-3.043	-896	1.251	631	3.851	7.071	6.558	19.438	32.317
24	60	630	1.200	-96	817	1.730	-3.050	-1.021	1.009	548	3.592	6.636	6.081	18.258	30.435
25	47	586	1.125	-110	753	1.617	-3.049	-1.130	788	471	3.349	6.227	5.634	17.146	28.659
VAN	6.631	35.249	63.867	-5.768	40.099	85.966	-58.378	43.549	145.476	20.169	173.060	325.950	287.673	899.236	1.510.798

Fonte: UNIGE-CIELI e Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale"

Tabella 54: Flussi di cassa in entrata e uscita delle diverse soluzioni di bunkering GNL di tipo PTS; scenario low-base-high (dati in migliaia euro)

T	TERMINAL COSTIERO DI GNL "SMALL BULLET CYLINDERS"				TERMINAL COSTIERO DI GNL "MID- SIZE BULLET CYLINDERS"				TERMINAL COSTIERO DI GNL "LONG- BULLET CYLINDERS"				TERMINAL COSTIERO DI GNL "SECONDARIO" A PRESSIONE ATMOSFERICA				TERMINAL COSTIERO DI GNL "PRIMARIO" A PRESSIONE ATMOSFERICA			
	Flussi U	Flussi E (MARK UP 10%)	Flussi E (MARK UP 20%)	Flussi E (MARK UP 30%)	Flussi U	Flussi E (MARK UP 10%)	Flussi E (MARK UP 20%)	Flussi E (MARK UP 30%)	Flussi U	Flussi E (MARK UP 10%)	Flussi E (MARK UP 20%)	Flussi E (MARK UP 30%)	Flussi U	Flussi E (MARK UP 10%)	Flussi E (MARK UP 20%)	Flussi E (MARK UP 30%)	Flussi U	Flussi E (MARK UP 10%)	Flussi E (MARK UP 20%)	Flussi E (MARK UP 30%)
0	11.143				84.910				155.590				109.308				171.920			
1	42.256	38.445	41.940	45.435	127.979	128.700	140.400	152.100	250.982	257.400	280.800	304.200	248.612	257.400	280.800	304.200	490.263	514.800	561.600	608.400
2	42.256	38.445	41.940	45.435	127.979	128.700	140.400	152.100	252.542	257.400	280.800	304.200	248.612	257.400	280.800	304.200	490.263	514.800	561.600	608.400
3	42.256	38.445	41.940	45.435	127.979	128.700	140.400	152.100	254.102	257.400	280.800	304.200	248.612	257.400	280.800	304.200	490.263	514.800	561.600	608.400
4	42.256	38.445	41.940	45.435	127.979	128.700	140.400	152.100	255.662	257.400	280.800	304.200	248.612	257.400	280.800	304.200	490.263	514.800	561.600	608.400
5	42.402	38.445	41.940	45.435	127.979	128.700	140.400	152.100	257.222	257.400	280.800	304.200	248.612	257.400	280.800	304.200	490.263	514.800	561.600	608.400
6	42.551	38.445	41.940	45.435	128.198	128.700	140.400	152.100	259.121	257.400	280.800	304.200	248.905	257.400	280.800	304.200	490.708	514.800	561.600	608.400
7	42.703	38.445	41.940	45.435	128.422	128.700	140.400	152.100	261.028	257.400	280.800	304.200	249.203	257.400	280.800	304.200	491.162	514.800	561.600	608.400
8	42.858	38.445	41.940	45.435	128.651	128.700	140.400	152.100	262.941	257.400	280.800	304.200	249.507	257.400	280.800	304.200	491.626	514.800	561.600	608.400
9	43.016	38.445	41.940	45.435	128.884	128.700	140.400	152.100	264.862	257.400	280.800	304.200	249.817	257.400	280.800	304.200	492.098	514.800	561.600	608.400
10	43.178	38.445	41.940	45.435	129.122	128.700	140.400	152.100	266.789	257.400	280.800	304.200	250.133	257.400	280.800	304.200	492.580	514.800	561.600	608.400
11	43.342	38.445	41.940	45.435	129.364	128.700	140.400	152.100	268.724	257.400	280.800	304.200	250.456	257.400	280.800	304.200	493.072	514.800	561.600	608.400
12	43.510	38.445	41.940	45.435	129.611	128.700	140.400	152.100	270.667	257.400	280.800	304.200	250.785	257.400	280.800	304.200	493.573	514.800	561.600	608.400
13	43.681	38.445	41.940	45.435	129.863	128.700	140.400	152.100	272.617	257.400	280.800	304.200	251.121	257.400	280.800	304.200	494.084	514.800	561.600	608.400
14	43.856	38.445	41.940	45.435	130.121	128.700	140.400	152.100	274.575	257.400	280.800	304.200	251.463	257.400	280.800	304.200	494.606	514.800	561.600	608.400
15	44.034	38.445	41.940	45.435	130.383	128.700	140.400	152.100	276.541	257.400	280.800	304.200	251.812	257.400	280.800	304.200	495.138	514.800	561.600	608.400
16	44.216	38.445	41.940	45.435	130.651	128.700	140.400	152.100	278.515	257.400	280.800	304.200	252.169	257.400	280.800	304.200	495.681	514.800	561.600	608.400
17	44.401	38.445	41.940	45.435	130.924	128.700	140.400	152.100	280.497	257.400	280.800	304.200	252.532	257.400	280.800	304.200	496.235	514.800	561.600	608.400
18	44.590	38.445	41.940	45.435	131.202	128.700	140.400	152.100	282.488	257.400	280.800	304.200	252.903	257.400	280.800	304.200	496.799	514.800	561.600	608.400
19	44.783	38.445	41.940	45.435	131.486	128.700	140.400	152.100	284.487	257.400	280.800	304.200	253.281	257.400	280.800	304.200	497.375	514.800	561.600	608.400
20	44.980	38.445	41.940	45.435	131.776	128.700	140.400	152.100	286.495	257.400	280.800	304.200	253.666	257.400	280.800	304.200	497.963	514.800	561.600	608.400
21	45.180	38.445	41.940	45.435	132.072	128.700	140.400	152.100	288.512	257.400	280.800	304.200	254.060	257.400	280.800	304.200	498.562	514.800	561.600	608.400
22	45.385	38.445	41.940	45.435	132.373	128.700	140.400	152.100	290.539	257.400	280.800	304.200	254.461	257.400	280.800	304.200	499.173	514.800	561.600	608.400
23	45.593	38.445	41.940	45.435	132.681	128.700	140.400	152.100	292.574	257.400	280.800	304.200	254.870	257.400	280.800	304.200	499.797	514.800	561.600	608.400
24	45.806	38.445	41.940	45.435	132.994	128.700	140.400	152.100	294.619	257.400	280.800	304.200	255.287	257.400	280.800	304.200	500.433	514.800	561.600	608.400
25	46.023	38.445	41.940	45.435	133.314	128.700	140.400	152.100	296.674	257.400	280.800	304.200	255.713	257.400	280.800	304.200	501.081	514.800	561.600	608.400
26	46.245	38.445	41.940	45.435	133.640	128.700	140.400	152.100	298.739	257.400	280.800	304.200	256.147	257.400	280.800	304.200	501.743	514.800	561.600	608.400
27	46.471	38.445	41.940	45.435	133.973	128.700	140.400	152.100	300.814	257.400	280.800	304.200	256.590	257.400	280.800	304.200	502.418	514.800	561.600	608.400
28	46.701	38.445	41.940	45.435	134.313	128.700	140.400	152.100	302.899	257.400	280.800	304.200	257.042	257.400	280.800	304.200	503.106	514.800	561.600	608.400
29	46.936	38.445	41.940	45.435	134.659	128.700	140.400	152.100	304.994	257.400	280.800	304.200	257.503	257.400	280.800	304.200	503.808	514.800	561.600	608.400
30	47.176	38.445	41.940	45.435	135.012	128.700	140.400	152.100	307.101	257.400	280.800	304.200	257.973	257.400	280.800	304.200	504.525	514.800	561.600	608.400
TOT	1.339.787	1.153.350	1.258.200	1.363.050	4.008.494	3.861.000	4.212.000	4.563.000	8.493.911	7.722.000	8.424.000	9.126.000	7.679.768	7.722.000	8.424.000	9.126.000	15.050.582	15.444.000	16.848.000	18.252.000

Fonte: UNIGE-CIELI e Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale"

Tabella 55: Flussi di cassa totali, ROI, IRR e BEP delle diverse soluzioni di bunkering GNL di tipo PTS; scenario low-base-high (dati in migliaia euro)

T	TERMINAL COSTIERO DI GNL "SMALL BULLET CYLINDERS"			TERMINAL COSTIERO DI GNL "MID- SIZE BULLET CYLINDERS"			TERMINAL COSTIERO DI GNL "LONG- BULLET CYLINDERS"			TERMINAL COSTIERO DI GNL "SECONDARIO" A PRESSIONE ATMOSFERICA			TERMINAL COSTIERO DI GNL "PRIMARIO" A PRESSIONE ATMOSFERICA		
	Flussi U/E (MARK UP 10%)	Flussi U/E (MARK UP 20%)	Flussi U/E (MARK UP 30%)	Flussi U/E (MARK UP 10%)	Flussi U/E (MARK UP 20%)	Flussi U/E (MARK UP 30%)	Flussi U/E (MARK UP 10%)	Flussi U/E (MARK UP 20%)	Flussi U/E (MARK UP 30%)	Flussi U/E (MARK UP 10%)	Flussi U/E (MARK UP 20%)	Flussi U/E (MARK UP 30%)	Flussi U/E (MARK UP 10%)	Flussi U/E (MARK UP 20%)	Flussi U/E (MARK UP 30%)
0	-11.143	-11.143	-11.143	-84.910	-84.910	-84.910	-155.590	-155.590	-155.590	-109.308	-109.308	-109.308	-171.920	-171.920	-171.920
1	-3.811	-316	3.179	721	12.421	24.121	6.418	29.818	53.218	8.788	32.188	55.588	24.537	71.337	118.137
2	-3.811	-316	3.179	721	12.421	24.121	4.858	28.258	51.658	8.788	32.188	55.588	24.537	71.337	118.137
3	-3.811	-316	3.179	721	12.421	24.121	3.298	26.698	50.098	8.788	32.188	55.588	24.537	71.337	118.137
4	-3.811	-316	3.179	721	12.421	24.121	1.738	25.138	48.538	8.788	32.188	55.588	24.537	71.337	118.137
5	-3.957	-462	3.033	721	12.421	24.121	178	23.578	46.978	8.788	32.188	55.588	24.537	71.337	118.137
6	-4.106	-611	2.884	502	12.202	23.902	-1.721	21.679	45.079	8.495	31.895	55.295	24.092	70.892	117.692
7	-4.258	-763	2.732	278	11.978	23.678	-3.628	19.772	43.172	8.197	31.597	54.997	23.638	70.438	117.238
8	-4.413	-918	2.577	49	11.749	23.449	-5.541	17.859	41.259	7.893	31.293	54.693	23.174	69.974	116.774
9	-4.571	-1.076	2.419	-184	11.516	23.216	-7.462	15.938	39.338	7.583	30.983	54.383	22.702	69.502	116.302
10	-4.733	-1.238	2.257	-422	11.278	22.978	-9.389	14.011	37.411	7.267	30.667	54.067	22.220	69.020	115.820
11	-4.897	-1.402	2.093	-664	11.036	22.736	-11.324	12.076	35.476	6.944	30.344	53.744	21.728	68.528	115.328
12	-5.065	-1.570	1.925	-911	10.789	22.489	-13.267	10.133	33.533	6.615	30.015	53.415	21.227	68.027	114.827
13	-5.236	-1.741	1.754	-1.163	10.537	22.237	-15.217	8.183	31.583	6.279	29.679	53.079	20.716	67.516	114.316
14	-5.411	-1.916	1.579	-1.421	10.279	21.979	-17.175	6.225	29.625	5.937	29.337	52.737	20.194	66.994	113.794
15	-5.589	-2.094	1.401	-1.683	10.017	21.717	-19.141	4.259	27.659	5.588	28.988	52.388	19.662	66.462	113.262
16	-5.771	-2.276	1.219	-1.951	9.749	21.449	-21.115	2.285	25.685	5.231	28.631	52.031	19.119	65.919	112.719
17	-5.956	-2.461	1.034	-2.224	9.476	21.176	-23.097	303	23.703	4.868	28.268	51.668	18.565	65.365	112.165
18	-6.145	-2.650	845	-2.502	9.198	20.898	-25.088	-1.688	21.712	4.497	27.897	51.297	18.001	64.801	111.601
19	-6.338	-2.843	652	-2.786	8.914	20.614	-27.087	-3.687	19.713	4.119	27.519	50.919	17.425	64.225	111.025
20	-6.535	-3.040	455	-3.076	8.624	20.324	-29.095	-5.695	17.705	3.734	27.134	50.534	16.837	63.637	110.437
21	-6.735	-3.240	255	-3.372	8.328	20.028	-31.112	-7.712	15.688	3.340	26.740	50.140	16.238	63.038	109.838
22	-6.940	-3.445	50	-3.673	8.027	19.727	-33.139	-9.739	13.661	2.939	26.339	49.739	15.627	62.427	109.227
23	-7.148	-3.653	-158	-3.981	7.719	19.419	-35.174	-11.774	11.626	2.530	25.930	49.330	15.003	61.803	108.603
24	-7.361	-3.866	-371	-4.294	7.406	19.106	-37.219	-13.819	9.581	2.113	25.513	48.913	14.367	61.167	107.967
25	-7.578	-4.083	-588	-4.614	7.086	18.786	-39.274	-15.874	7.526	1.687	25.087	48.487	13.719	60.519	107.319
26	-7.800	-4.305	-810	-4.940	6.760	18.460	-41.339	-17.939	5.461	1.253	24.653	48.053	13.057	59.857	106.657
27	-8.026	-4.531	-1.036	-5.273	6.427	18.127	-43.414	-20.014	3.386	810	24.210	47.610	12.382	59.182	105.982
28	-8.256	-4.761	-1.266	-5.613	6.087	17.787	-45.499	-22.099	1.301	358	23.758	47.158	11.694	58.494	105.294
29	-8.491	-4.996	-1.501	-5.959	5.741	17.441	-47.594	-24.194	-794	-103	23.297	46.697	10.992	57.792	104.592
30	-8.731	-5.236	-1.741	-6.312	5.388	17.088	-49.701	-26.301	-2.901	-573	22.827	46.227	10.275	57.075	103.875
TOT	-186.437	-81.587	23.263	-147.494	203.506	554.506	-771.911	-69.911	632.089	42.232	744.232	1.446.232	393.418	1.797.418	3.201.418
ROI	-1673%	-732%	209%	-174%	240%	653%	-496%	-45%	406%	39%	681%	1323%	229%	1045%	1862%
IRR			25,79%		13,17%	28,03%			30,68%	3,42%	29,08%	50,75%	12,74%	41,33%	68,67%
BEP			4		7	4			4		4	2	8	3	2

Fonte: UNIGE-CIELI e Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale"

Tabella 56: Valore attuale netto dei flussi di cassa totali delle diverse soluzioni di bunkering GNL di tipo PTS; scenario low-base-high (dati in migliaia euro)

T	TERMINAL COSTIERO DI GNL "SMALL BULLET CYLINDERS"			TERMINAL COSTIERO DI GNL "MID-SIZE BULLET CYLINDERS"			TERMINAL COSTIERO DI GNL "LONG-BULLET CYLINDERS"			TERMINAL COSTIERO DI GNL "SECONDARIO" A PRESSIONE ATMOSFERICA			TERMINAL COSTIERO DI GNL "PRIMARIO" A PRESSIONE ATMOSFERICA		
	VAN (MARK UP 10%)	VAN (MARK UP 20%)	VAN (MARK UP 30%)	VAN (MARK UP 10%)	VAN (MARK UP 20%)	VAN (MARK UP 30%)	VAN (MARK UP 10%)	VAN (MARK UP 20%)	VAN (MARK UP 30%)	VAN (MARK UP 10%)	VAN (MARK UP 20%)	VAN (MARK UP 30%)	VAN (MARK UP 10%)	VAN (MARK UP 20%)	VAN (MARK UP 30%)
0	-11.143	-11.143	-11.143	-84.910	-84.910	-84.910	-155.590	-155.590	-155.590	-109.308	-109.308	-109.308	-171.920	-171.920	-171.920
1	-3.603	-299	3.006	682	11.744	22.805	6.068	28.191	50.315	8.308	30.432	52.555	23.199	67.446	111.692
2	-3.407	-282	2.842	645	11.103	21.561	4.343	25.259	46.176	7.855	28.772	49.688	21.933	63.766	105.599
3	-3.221	-267	2.687	609	10.497	20.385	2.787	22.563	42.338	7.427	27.202	46.978	20.737	60.288	99.839
4	-3.045	-252	2.540	576	9.925	19.273	1.389	20.086	38.782	7.021	25.718	44.415	19.605	56.999	94.392
5	-2.989	-349	2.291	545	9.383	18.222	135	17.811	35.488	6.638	24.315	41.992	18.536	53.889	89.243
6	-2.933	-436	2.060	358	8.714	17.071	-1.230	15.483	32.195	6.067	22.780	39.492	17.207	50.632	84.057
7	-2.875	-515	1.845	187	8.088	15.988	-2.450	13.351	29.152	5.535	21.336	37.137	15.961	47.563	79.164
8	-2.817	-586	1.645	31	7.501	14.970	-3.538	11.401	26.340	5.039	19.978	34.917	14.795	44.672	74.550
9	-2.759	-650	1.460	-111	6.951	14.013	-4.504	9.620	23.744	4.577	18.701	32.825	13.703	41.950	70.198
10	-2.701	-706	1.288	-241	6.436	13.113	-5.358	7.995	21.349	4.147	17.500	30.854	12.680	39.387	66.093
11	-2.642	-757	1.129	-358	5.954	12.267	-6.110	6.515	19.140	3.747	16.371	28.996	11.723	36.973	62.223
12	-2.584	-801	982	-465	5.503	11.471	-6.767	5.169	17.105	3.374	15.310	27.247	10.828	34.700	58.573
13	-2.525	-840	846	-561	5.081	10.724	-7.339	3.946	15.231	3.028	14.313	25.598	9.990	32.560	55.131
14	-2.467	-874	720	-648	4.687	10.022	-7.831	2.838	13.508	2.707	13.376	24.046	9.208	30.546	51.885
15	-2.409	-903	604	-726	4.318	9.362	-8.251	1.836	11.923	2.409	12.496	22.583	8.476	28.651	48.825
16	-2.352	-928	497	-795	3.973	8.742	-8.606	931	10.468	2.132	11.669	21.206	7.792	26.866	45.941
17	-2.295	-948	398	-857	3.651	8.160	-8.900	117	9.134	1.876	10.893	19.909	7.154	25.187	43.221
18	-2.239	-965	308	-912	3.351	7.613	-9.140	-615	7.910	1.638	10.163	18.688	6.558	23.608	40.658
19	-2.183	-979	225	-960	3.070	7.100	-9.330	-1.270	6.790	1.419	9.479	17.539	6.002	22.121	38.241
20	-2.128	-990	148	-1.002	2.808	6.618	-9.475	-1.855	5.766	1.216	8.836	16.456	5.483	20.723	35.964
21	-2.074	-998	78	-1.038	2.564	6.166	-9.579	-2.375	4.830	1.028	8.233	15.437	4.999	19.408	33.817
22	-2.020	-1.003	15	-1.069	2.337	5.742	-9.646	-2.835	3.977	856	7.667	14.478	4.549	18.172	31.795
23	-1.967	-1.005	-44	-1.095	2.124	5.344	-9.680	-3.240	3.200	696	7.136	13.576	4.129	17.009	29.889
24	-1.915	-1.006	-97	-1.117	1.927	4.971	-9.684	-3.596	2.493	550	6.638	12.727	3.738	15.915	28.093
25	-1.864	-1.005	-145	-1.135	1.743	4.621	-9.661	-3.905	1.851	415	6.171	11.928	3.375	14.888	26.401
26	-1.814	-1.001	-188	-1.149	1.572	4.293	-9.615	-4.172	1.270	291	5.734	11.176	3.037	13.922	24.806
27	-1.765	-996	-228	-1.160	1.413	3.986	-9.546	-4.401	745	178	5.324	10.469	2.723	13.014	23.305
28	-1.716	-990	-263	-1.167	1.266	3.698	-9.459	-4.594	271	74	4.939	9.804	2.431	12.161	21.890
29	-1.669	-982	-295	-1.171	1.128	3.428	-9.355	-4.756	-156	-20	4.579	9.179	2.160	11.359	20.558
30	-1.623	-973	-324	-1.173	1.001	3.176	-9.236	-4.888	-539	-107	4.242	8.591	1.910	10.607	19.304
VAN	-83.746	-34.430	14.886	-100.185	64.906	229.996	-335.158	-4.976	325.206	-19.185	310.997	641.179	122.699	783.062	1.443.426

Fonte: UNIGE-CIELI e Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale"



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



7.6. Meccanismi di incentivazione per investimenti in tecnologie di tipo “green”

Infine, avendo evidenziato le opzioni tecnologiche di bunkering GNL per cui gli investimenti non risultano profittevoli per i diversi livelli di prezzo finale ipotizzati, si sono riportati alcuni meccanismi di incentivazione per investimenti in tecnologie di tipo “green” che permettono l’abbattimento dei costi operativi e di capitale delle soluzioni analizzate o in ogni caso di incrementare l’attrattività dell’investimento dal punto di vista dei potenziali investitori privati interessati,

Tra le opzioni d’incentivazione, trattandosi di investimenti di natura “green-oriented”, il Prodotto T.2.3.1 considera alcune opzioni fattibili sotto il profilo teorico quali:

- ✓ Realizzazione di PPP (public-private partnership), contributi a fondo perduto ed erogazione di finanziamenti a tasso agevolato.
- ✓ Certificati “green” e incentivi fiscali (tasse portuali differenziali).
- ✓ Contributi in conto esercizio per gli investimenti in tecnologie “green”.

Tra i vari strumenti finanziari ed economici in atto nel settore marittimo adatti a fornire incentivi all’utilizzo di carburante “green” e alla costruzione di nuove infrastrutture “green”, sviluppati ad oggi soprattutto nel Nord Europa, si sono descritti a titolo esemplificativo i seguenti:

- ✓ Tasse “fairway” modello svedese (differenziale fees in porto).
- ✓ Il fondo NOX Norvegese.
- ✓ Accordi volontari come il “Green Award Certificate” ed il sistema ESI (environmental ship index).
- ✓ Programma CEF (connecting europe facility)

Tali esempi di incentivi sono orientati principalmente verso figure che gestiscono e hanno la proprietà di mezzi navali alimentati a GNL e non verso le figure che investono in infrastrutture di GNL. Ciononostante, rappresentano modelli che potrebbero essere ragionevolmente replicati e applicati anche per chi realizza e gestisce infrastrutture di bunkering GNL.



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



8. SCHEDA DI SINTESI DEL PRODOTTO T2.3.2 (“REPORT SU SINERGIE: PROFILI ECONOMICI, RISPARMIO ENERGETICO E SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE”)

Nell’ambito delle attività di cui al prodotto T2.3.2 “Report su sinergie: profili economici, risparmio energetico e sostenibilità ambientale” rientra la predisposizione, realizzazione e il fine-tuning dei report e della documentazione che è stata realizzata, secondo quanto previsto nel formulario da:

- P1/CF (UNIGE-CIELI): il CF con il supporto dei Partner P2 e P3 ha definito la struttura i contenuti del Prodotto finale T2.3.2 ed ha coordinato le attività di ricerca dei partner P2 e P3 coordinandosi anche con il consulente esterno del partner P3 che ha seguito queste attività (Enterprise Shipping Agency Srl). Il gruppo del lavoro del CF inoltre ha predisposto i capitoli e i paragrafi del Prodotto T2.3.2 nella sua versione finale di seguito indicati: Capitolo 1, Capitolo 2, Capitolo 3, Capitolo 4, Capitolo 5, Paragrafo 7.1, Capitolo 8. Il CF ha revisionato costantemente la documentazione realizzata dai diversi partner e consulenti ed ha predisposto anche la scheda finale di sintesi del Prodotto T2.3.1.
- P2 (UNUPI): il partner P2 (UNUPI) ha supportato il CF nella definizione dei contenuti e della struttura del Prodotto finale T2.3.2. Inoltre il Partner P2 ha contribuito alla predisposizione del Capitolo 1, Capitolo 2 e al partner medesimo è attribuibile il Paragrafo 7.2. Il Partner P2 inoltre ha revisionato e riletto la documentazione prodotta dagli altri partner e consulenti e ha validato la versione finale del Prodotto T2.3.2 e la relativa scheda di sintesi.
- P3 (UNICA-CIREM): il partner P3 (UNICA-CIREM) ha supportato il CF nella definizione dei contenuti e della struttura del Prodotto finale T2.3.2 e per il tramite del consulente esterno Enterprise Shipping Agency Srl ha realizzato il Capitoli 6, il Capitolo 9 e il Capitolo 10 del Prodotto T2.3.2 nelle sua versione finale. Detti capitoli sono infatti estratti dalla relazione a favore del P3 dal consulente richiamato. Inoltre, il Partner P3 ha revisionato e riletto la documentazione prodotta dagli altri partner e consulenti e ha validato la versione finale del Prodotto T2.3.2 e la relativa scheda di sintesi.
- P4 (OTC): il Partner P4 ha partecipato alla definizione della struttura e dei contenuti del report, ha revisionato e riletto la documentazione prodotta dagli altri partner e consulenti e ha validato la versione finale del Prodotto T2.3.2 e la relativa scheda di sintesi.
- P5 (CCIVAR): il Partner P5 ha partecipato alla definizione della struttura e dei contenuti del report, ha revisionato e riletto la documentazione prodotta dagli altri partner e consulenti e ha validato la versione finale del Prodotto T2.3.2 e la relativa scheda di sintesi.

I documenti integrali realizzati sono disponibili sul portale del Programma Interreg Marittimo1420 (<https://web.regione.toscana.it/marittimo>).



8.1. Finalità del prodotto T2.3.2

Il prodotto T2.3.2 “Report su sinergie: profili economici, risparmio energetico e sostenibilità ambientale” costituisce un documento finalizzato alla determinazione delle possibili sinergie che si possono instaurare in ambito portuale connesse alle attività ed ai fabbisogni energetici dei soggetti che vi operano ed all’impiego di GNL.

Sulla base delle analisi condotte nel report T2.1.2 finalizzato alla mappatura della domanda di GNL nell’area di programma e in particolare in ragione dei risultati emersi con riferimento alla stima dei fabbisogni energetici riconducibili alle aree portuali oggetto di studio, il partenariato ha effettuato alcuni

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 “Studio per un piano d’azione congiunto per il GNL in ambito portuale”



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



primi studi volti a identificare possibili impieghi sinergici del GNL per il soddisfacimento delle esigenze di energia ulteriori (rispetto ai servizi di bunkering) che contraddistinguono i nodi portuali target. In particolare, secondo gli studi condotti, è possibile prevedere, in ambito attuale e prospettico, come l'utilizzo di GNL comporti e comporterà sempre più la nascita di sinergie con le numerose ed eterogenee attività che si espletano in ambito portuale.

Nell'ambito del Prodotto T2.3.2 pertanto, l'attenzione viene posta sulle possibilità offerte da impianti di tipo cogenerativo e trigenerativo, che permettono la produzione ad alta efficienza di energia elettrica e calore. Tali impianti, infatti, laddove sia necessaria la disponibilità di entrambi i tipi di energia, consentono di ottenere un'efficienza complessiva (Combined Heat and Power efficiency) decisamente più elevata di quella derivante dall'impiego di energia elettrica proveniente dalla rete e calore prodotto a partire da processi combustivi.

Il prodotto T2.3.2, pertanto, è organizzato presentando dapprima le caratteristiche principali di questi tipi di impianti, evidenziandone i vantaggi e definendo le condizioni operative all'interno delle quali risulti essere vantaggioso adottare tali soluzioni. Segue poi una analisi dello stato dell'arte sui cicli cogenerativi e trigenerativi, illustrando alcuni esempi applicativi ed evidenziando i vantaggi connessi alla riduzione dell'impatto ambientale. Sono poi sintetizzati i risultati condotti nelle attività precedenti in merito all'analisi dei fabbisogni energetici portuali allo scopo di presentare alcuni esempi applicativi di impianti cogenerativi e trigenerativi per alcuni porti dell'area di programma.

Le successive sezioni forniscono una sintesi dei contenuti del prodotto in esame funzionali alla costituzione di un patrimonio comune di conoscenze con diversi livelli di dettaglio tecnico a favore dei diversi gruppi target, rimandando alla versione integrale del relativo prodotto, per una più completa ed esaustiva analisi dei contenuti tecnici di progetto.

8.2. Analisi dello stato dell'arte sui cicli cogenerativi e trigenerativi

I fabbisogni elettrici e termici di uno o più siti (edifici, unità industriali, ecc.) sono normalmente coperti acquistando energia elettrica dalla rete elettrica locale e generando calore utile attraverso la combustione in una caldaia posizionata in prossimità del sito di utilizzo. Tuttavia, la produzione di elettricità in una centrale elettrica è accompagnata dalla produzione di calore, che si traduce in un enorme spreco di energia nel caso in cui il calore venga rilasciato nell'ambiente attraverso i gas di scarico e i circuiti di raffreddamento della centrale stessa. La maggior parte di questo calore può essere recuperato e utilizzato per coprire i carichi termici, convertendo così la centrale elettrica in un sistema di cogenerazione, che aumenta l'efficienza di utilizzo del combustibile dal 40%-50% all'80%-90%. La cogenerazione può essere convenientemente definita come la generazione simultanea di lavoro e calore utile dalla stessa fonte di energia primaria. Per lavoro si intende energia meccanica o elettrica. L'energia meccanica, ad esempio prodotta da una turbina o da un motore a combustione interna, può azionare un generatore per la produzione di elettricità o altre apparecchiature come un compressore e una pompa. È anche possibile avere la conversione diretta dell'energia immagazzinata chimicamente nel combustibile in elettricità mediante, ad esempio, celle a combustibile. L'energia termica recuperata può essere utilizzata per il riscaldamento e/o per il raffreddamento mediante apparecchiature aggiuntive quali chiller ad assorbimento. Anche l'utilizzo dell'energia termica per la dissalazione mediante distillatori è un'applicazione di crescente interesse. Così, seppur termini come trigenerazione e poligenerazione sembrano descrivere sistemi con tre o più prodotti utili, questi prodotti sono ottenuti con apparecchiature addizionali, mentre il sistema centrale rimane il sistema di cogenerazione come definito sopra.

La sostanziale crescita del livello di ricchezza nel mondo dall'inizio del ventesimo secolo si basa principalmente sull'uso dell'energia. I combustibili fossili alimentano le macchine e i processi che consentono un'enorme crescita della produttività e la fornitura di articoli di consumo. Sulla base di

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale"



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



questi vantaggi, il consumo di energia è aumentato a una velocità decisamente elevata, come se le risorse disponibili fossero illimitate. Tuttavia, il timore dell'esaurimento delle risorse a basso costo, unita alla crescente ansia di un eccessivo riscaldamento globale, hanno portato a sostenere la cogenerazione di calore ed elettricità e anche un drastico aumento delle energie rinnovabili.

8.2.1. Tecnologie di cogenerazione

Il principio base della cogenerazione è fondato sul concetto che la maggior parte del calore rilasciato durante un processo di conversione dell'energia del combustibile in energia meccanica o elettrica non venga sprecato ma utilizzato in modo conveniente. Il componente che converte il combustibile in energia meccanica e calore è spesso chiamata motore primo. I motori principali comuni sono le turbine a gas, i motori alternativi e più recentemente anche le celle a combustibile. L'energia meccanica può essere convertita in energia elettrica con un generatore elettrico, mentre il calore può essere trasformato in freddo con un refrigeratore ad assorbimento (chiller). Gli scambiatori di calore sono parte integrante degli impianti di cogenerazione. Anche le pompe di calore sono sempre più utilizzate in tali installazioni. Gli aspetti prestazionali delle tecnologie di cogenerazione devono essere valutati rispetto all'applicazione prevista. Fino a tempi recenti, il valore di mercato dell'energia elettrica era sempre molto superiore a quello della stessa quantità di energia termica. Il motivo era triplice:

- i. l'energia elettrica è molto più versatile del calore
- ii. gli impianti per produrre elettricità dal combustibile sono decisamente più costosi di una caldaia a combustibile
- iii. l'efficienza di conversione del combustibile in calore di una caldaia è superiore a quello di una centrale elettrica.

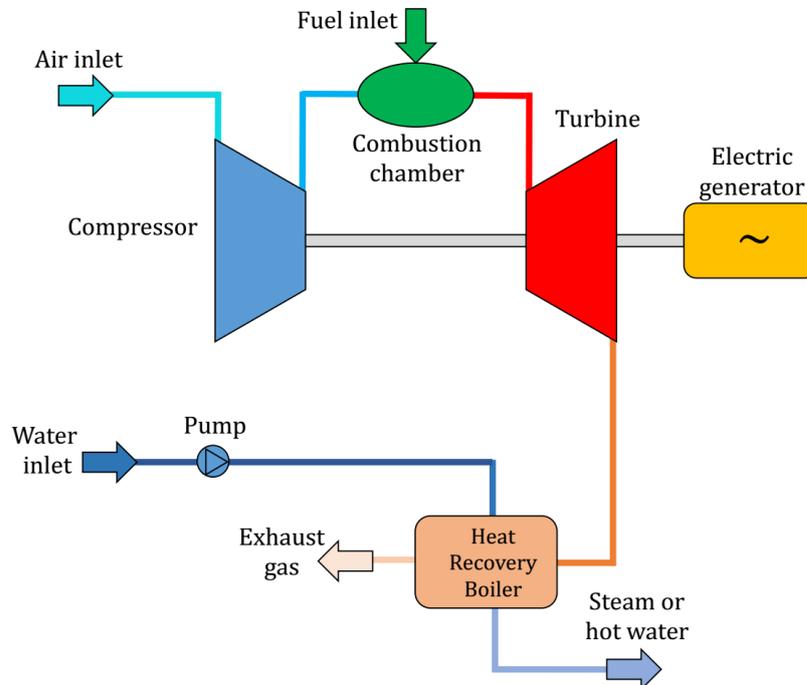
Oggi, nelle aree in cui viene prodotta molta elettricità con turbine eoliche e pannelli solari, il valore di mercato all'ingrosso dell'energia elettrica può essere molto basso o addirittura negativo durante i periodi di vento forte e intensità solare elevata.

Un'elevata aleatorietà dei prezzi dell'energia elettrica significa che le future tecnologie di cogenerazione devono essere sempre più flessibili, con un elevato rapporto di riduzione della potenza erogata e spesso frequenti avviamenti e arresti.

8.2.1.1. Sistemi di cogenerazione basati su turbine a gas

Una turbina a gas può funzionare sia con combustibili liquidi che con combustibili gassosi. La differenza tra una turbina a gas e una turbina a vapore è che nella turbina a gas la combustione avviene come parte integrante della macchina, mentre negli impianti a vapore, il vapore utilizzato all'interno della turbina è sempre prodotto all'esterno della turbina stessa. Una turbina a gas è costituita da un compressore che aumenta sostanzialmente la pressione dell'aria aspirata, prima che l'aria stessa venga riscaldata dalla combustione di un combustibile come derivati del petrolio o gas naturale. Tale compressore può essere sia radiale (solitamente per impianti di piccole taglie) oppure assiale (per impianti di taglie elevate). La combustione del combustibile provoca il riscaldamento del fluido di lavoro. Ciò fa sì che la turbina abbia una potenza sufficiente (e maggiore) per azionare il compressore d'aria, mentre l'eccesso di potenza possa essere resa disponibile all'albero per azionare, ad esempio, un generatore o una pompa (in generale un utilizzatore). Di conseguenza, ci sono tre processi di base in una turbina a gas standard: compressione, combustione ed espansione. La Figura 42 illustra la configurazione di una turbina a gas come viene comunemente utilizzata in un'applicazione di cogenerazione. Il processo termodinamico idealizzato è chiamato ciclo Joule o ciclo di Brayton.

Figura 42. Schema di un impianto con turbina a gas in assetto cogenerativo



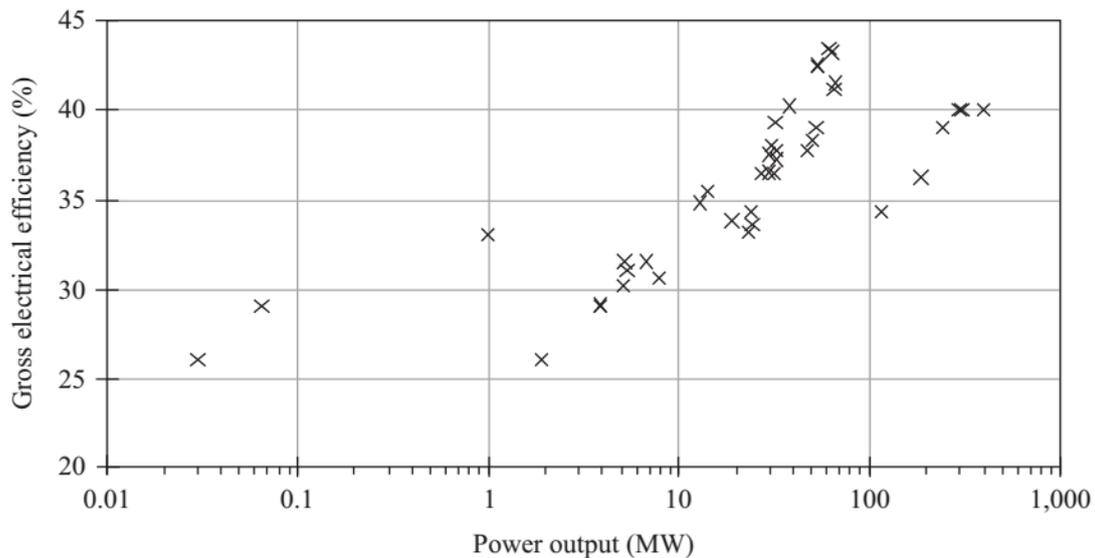
Fonte: ns. elaborazione

La Figura 43 mostra che l'efficienza lorda delle turbine a gas più grandi è generalmente superiore a quella delle macchine più piccole.

In molte applicazioni della cogenerazione come ad esempio il teleriscaldamento, l'utilizzo negli edifici commerciali e negli impianti di processo chimico, può essere necessario controllare la potenza termica o la potenza elettrica o anche entrambe. Ciò significa che la turbina a gas di azionamento non può sempre funzionare a piena potenza ovvero che deve essere utilizzata una combustione supplementare per produrre più calore. Per combustione supplementare si intende l'installazione di un bruciatore a monte della caldaia a recupero di calore. Tuttavia, diminuire la potenza di un motore primo, come una turbina a gas in un impianto di cogenerazione, si traduce in un abbassamento dell'efficienza elettrica. Una turbina a gas di piccola taglia, con una configurazione semplice, non ha valvole di blow-off che consentano di scaricare parte dell'aria compressa a carichi inferiori e non ha IGV in ingresso al compressore che possono regolare il flusso di aspirazione dell'aria. Quando la potenza di una turbina a gas viene ridotta, mantenendo la velocità di funzionamento costante, molte perdite come quelle dovute al reflusso, all'attrito del flusso e all'attrito meccanico rimangono le stesse in senso assoluto. Ciò significa che queste perdite hanno un effetto decrescente relativamente più elevato sull'efficienza quando la potenza della turbina diminuisce. In molte applicazioni di cogenerazione, non è la potenza elettrica che deve essere variata, ma la potenza termica. Il calore prodotto da molte applicazioni di cogenerazione basate su turbine a gas viene utilizzato per la produzione di vapore. Il vapore è un vettore energetico versatile negli impianti di processo chimico. Il calore rilasciato da una turbina a gas è quasi completamente disponibile nei gas di scarico ed è caratterizzato da valori della temperatura intorno ai 500 C nella maggior parte dei casi, molto adatto per la produzione di vapore. Nel caso in cui non sia disponibile una combustione supplementare, la produzione di vapore può essere modificata variando la potenza erogata dalla turbina a gas.

Tuttavia, il calore rilasciato nello scarico della turbina non diminuisce linearmente con la potenza erogata. Questo perché l'efficienza della turbina diminuisce con la potenza erogata e, pertanto, la frazione di calore aumenta con la diminuzione della potenza erogata.

Figura 43. Esempi di valore dell'efficienza lorda di turbine a gas in funzione della taglia



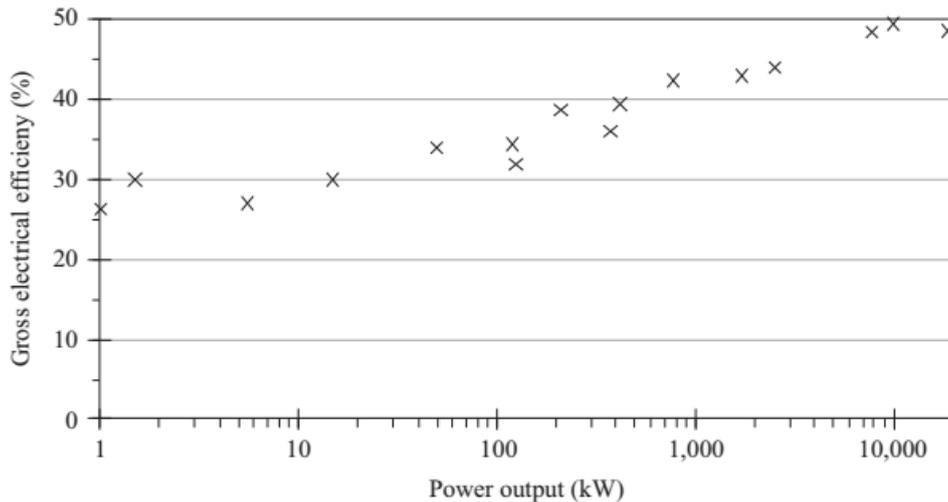
Fonte: Frangopoulos, Cogeneration: technologies, optimisation and implementation, 2017.

8.2.1.2. Sistemi di cogenerazione alternativi basati su motori a combustione interna

Dopo la Seconda guerra mondiale, i motori a gas alternativi stazionari furono quasi esclusivamente utilizzati negli impianti di depurazione e nelle discariche di gas e per azionare i compressori di gas nei sistemi di trasmissione delle condutture. Un grande cambiamento avvenne alla fine degli anni '70 dopo la crisi del petrolio, quando tali motori cominciarono ad essere impiegati all'interno di impianti cogenerativi di piccola taglia.

Durante il funzionamento di un motore a combustione interna, parte del calore rilasciato durante il processo di combustione viene trasferito alle pareti del cilindro relativamente fredde e, pertanto, è disponibile meno calore per produrre lavoro. Inoltre, il lavoro svolto nei cilindri del motore sui pistoni non viene completamente trasferito all'albero motore che aziona il generatore. L'attrito tra i pistoni e i cilindri e nei cuscinetti, insieme a perdite parassite legate all'azionamento dell'albero a camme e le pompe olio e acqua consumano parte dell'energia. Come avviene in tutti i motori primi, l'incidenza delle perdite sull'efficienza può essere ridotto aumentando la potenza della macchina (effetto scala). I turbocompressori aumentano la pressione di aspirazione dei motori e, per mezzo di ciò, una maggiore quantità di miscela combustibile può essere introdotta all'interno di un cilindro di un dato alesaggio e corsa.

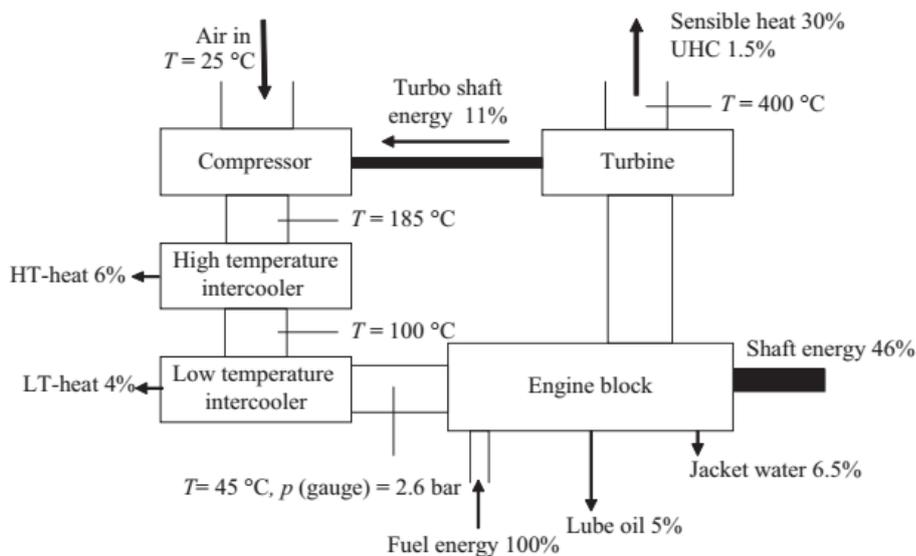
Figura 44. Efficienza elettrica lorda di un sistema cogenerativo basato su motori a combustione interna



Fonte: Frangopoulos, Cogeneration : technologies, optimisation and implementation, 2017

Il bilancio energetico di un impianto di cogenerazione azionato da motore alternativo è più complicato di quello di una turbina a gas. Per un motore a combustione interna possono esserci fino a sei fonti di calore separate, mentre per la turbina a gas è rilevante solo il calore dei gas di scarico. La Figura 45 mostra le sorgenti di calore in caso di sovralimentazione monostadio per un motore funzionante a carico nominale.

Figura 45. Bilancio energetico di un motore a combustione interna sovralimentato al carico nominale



Fonte: Frangopoulos, Cogeneration : technologies, optimisation and implementation, 2017

L'apporto di combustibile si basa sul potere calorifico inferiore del combustibile stesso e i valori indicati si riferiscono al carico nominale del motore. Tutte le frazioni di energia sono fornite come percentuale



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



dell'energia immessa con il combustibile. A differenza dei piccoli motori ad aspirazione naturale, il calore disponibile dal blocco motore attraverso l'acqua della camicia è qui solo del 6,5%. La temperatura dell'acqua della camicia è normalmente di circa 85 °C, ma sono possibili anche valori fino a 110 °C. L'olio lubrificante viene utilizzato anche per il raffreddamento dei cieli dei pistoni e riceve parte del calore dal blocco motore e dall'attrito nei cuscinetti. Il calore dell'olio lubrificante è spesso disponibile a un livello di temperatura compreso tra 40 e 50 °C e in questo esempio comprende il 5% dell'energia del combustibile. Il calore sensibile dei gas di scarico a valle della turbina del turbocompressore ha un livello di temperatura di 400 °C ed è pari circa al 30% dell'energia del combustibile. Questo livello di temperatura è adatto per la produzione di vapore. La turbina trasferisce l'11% dell'energia del combustibile al compressore tramite un albero. Si tratta di circa un quarto dell'energia disponibile all'albero del motore. In questo esempio, il compressore aumenta l'aria aspirata da una pressione ambiente assoluta di 1 bar a una pressione assoluta leggermente superiore a 3,6 bar.

L'intercooler è stato suddiviso in due sezioni poiché l'utilità del calore a un livello di temperatura vicino a 100 °C è generalmente superiore a quella del calore a una temperatura inferiore a 50 °C. Il bilancio energetico in questo esempio è completato dall'1,5% di idrocarburi incombusti e dell'1% di perdita di calore dal blocco motore all'ambiente circostante. La perdita di calore dal blocco motore è spesso chiamata perdita di radiazione, ma in pratica si tratta principalmente di convezione dal blocco motore all'aria circostante. Infine, sono disponibili tre livelli di calore. Il calore dell'intercooler a bassa temperatura (LT) combinato con quello del radiatore dell'olio lubrificante riguarda il 9% dell'energia del combustibile a un livello di temperatura di circa 50 °C. La combinazione del calore dell'intercooler ad alta temperatura (HT) con il calore dell'acqua della camicia rappresenta il 12,5% dell'energia del combustibile a circa 85 °C. L'efficienza massima di cogenerazione dipende dal livello di temperatura a cui il gas di scarico verrà raffreddato, a partire dai 400 °C, prima di uscire attraverso il camino. Se la temperatura di uscita fosse di 100 °C, un quarto del calore sensibile a valle della turbina sarà disperso nell'ambiente. L'energia elettrica sarà vicino al 45% dell'energia del combustibile. Nel caso si utilizzi anche il calore disponibile a 50 °C e 85 °C, l'efficienza combinata della cogenerazione sarà $9+12,5+22,5+45=89\%$.

La variazione della potenza termica di un motore alternativo con la potenza dell'albero è più complicata da determinare rispetto a quella di una turbina a gas a causa delle numerose fonti di calore utilizzate. Gli impianti di cogenerazione azionati da un motore alternativo normalmente non funzionano a carichi inferiori al 40% per motivi economici. L'efficienza del combustibile inizia a diventare meno attraente con carichi così bassi, mentre i costi di manutenzione per ora di esercizio sono più o meno gli stessi del carico nominale. La perdita di calore assoluta dal blocco motore all'ambiente circostante rimane approssimativamente costante nell'intervallo di pieno carico, poiché la temperatura del liquido di raffreddamento viene mantenuta termostaticamente a un valore costante. Quando il motore funziona al 30% del carico, la potenza trasferita dal turbocompressore dal lato di scarico a quello di aspirazione diventa molto bassa, il che significa che gli intercooler non raffreddano più l'aria a valle del compressore. Se l'intercooler HT è integrato nel sistema di raffreddamento ad acqua della camicia, il calore sarà trasferito all'aria di aspirazione anziché essere rimosso. L'intercooler LT deve rimuovere quel calore e lo trasferisce al circuito di riscaldamento a bassa temperatura.

8.2.2. Benefici derivanti dall'impiego della cogenerazione

Sulla base di quanto illustrato nel Prodotto T.2.3.2, emerge quindi come la cogenerazione di elettricità e calore sia potenzialmente un'ottima soluzione per risparmiare combustibile in determinate condizioni di contesto. Le centrali elettriche più avanzate con turbine a gas a ciclo combinato hanno un'efficienza di conversione del combustibile in energia elettrica pari al 61 per cento. Ciò non include le perdite di trasmissione e distribuzione, che in media sono l'8% dell'elettricità generata. L'efficienza energetica

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale"

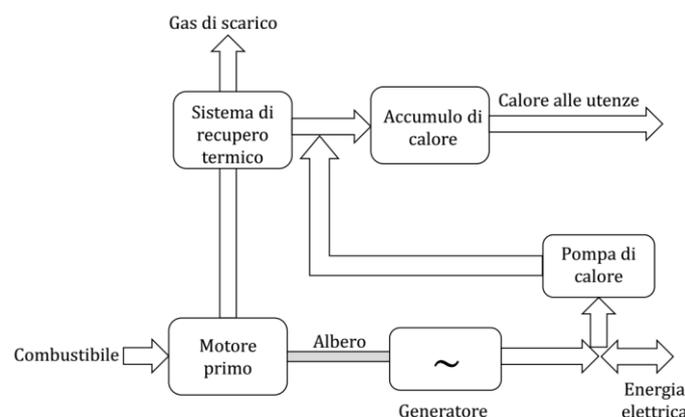
media della fornitura di elettricità agli utenti finali è vicina al 35% nel mondo. Presumendo ad esempio che i 18 PWh dell'energia elettrica fornita nell'anno 2013 siano prodotti con combustibili fossili, ciò ha probabilmente richiesto $18 \times 3,6 / 0,35 = 185$ EJ di combustibile fossile. Se tutta l'elettricità fosse stata prodotta tramite cogenerazione con un'efficienza combinata dell'85%, 90 EJ di calore sarebbero stati recuperati dalla generazione di elettricità e utilizzati. Questa è una frazione sostanziale dei circa 130 EJ di fornitura di calore che proviene dai combustibili fossili. Da una produzione di elettricità stimata del 10% mediante cogenerazione, compreso il teleriscaldamento, un valore realistico per l'anno 2013 del risparmio energetico è pari circa 10 EJ. Ciò equivale a circa il 2% dell'uso globale di combustibili fossili nel 2013. La frazione di riduzione della CO₂ può essere stimata nella stessa percentuale.

Un'applicazione più diffusa della cogenerazione può effettivamente aiutare a ridurre l'uso di combustibili e l'emissione di gas serra. Se il 50% della domanda di elettricità fosse coperto dalla cogenerazione, sarebbero possibili risparmi energetici di 50 EJ. I costi di investimento non possono costituire un ostacolo, poiché il prezzo in kW degli impianti di cogenerazione è nella stessa fascia di quello delle grandi centrali elettriche alimentate a gas.

Un altro vantaggio offerto dai sistemi cogenerativi risiede nella loro facile integrabilità con le energie rinnovabili. Se devono essere raggiunti gli obiettivi di una società con emissioni di gas serra molto ridotte, non c'è altra opzione che implementare un sistema che utilizzi principalmente l'elettricità come vettore energetico. L'energia elettrica dovrà però principalmente provenire dalla radiazione solare, dal vento, dalle biomasse e dall'utilizzo dei rifiuti, dalle centrali nucleari e potrebbe provenire da centrali a combustibile fossile che utilizzano la cattura e lo stoccaggio dell'anidride carbonica.

Gli impianti di cogenerazione saranno parte integrante del sistema di approvvigionamento energetico delle aree urbane e dei siti industriali, offrendo elevata efficienza energetica, affidabilità e flessibilità. Infatti, sarà impossibile fare affidamento solo sull'energia solare ed eolica e su altre opzioni come l'energia del moto ondoso e l'energia geotermica entro il 2050. È soprattutto la natura aleatoria dell'energia solare ed eolica che richiede un backup flessibile e veloce. I moderni impianti di cogenerazione basati su turbine a gas o su motori alternativi possono avviarsi e arrestarsi rapidamente e frequentemente. La loro risposta alla richiesta di un repentino cambio di produzione è anche molto superiore a quella di una tradizionale centrale elettrica a vapore. In caso di mancanza di sole e vento, tali unità possono produrre il calore e l'elettricità necessari. La Figura 46 rappresenta schematicamente un sistema di questo tipo.

Figura 46 - Schematizzazione di un impianto di cogenerazione integrato con pompe di calore ed accumulo per il calore



Fonte: ns. elaborazione
 TDI RETE-GNL



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



8.3. Aspetti termodinamici e riduzione dell'impatto ambientale degli impianti cogenerativi

Nel Prodotto T.2.3.2 vengono anche esaminati gli strumenti per la valutazione delle prestazioni dei sistemi di cogenerazione e trigenerazione dal punto di vista dei prodotti energetici utili, del consumo di energia primaria e del risparmio di energia primaria.

La corretta definizione e calcolo delle efficienze e del risparmio di energia primaria sono importanti non solo per ottenere un quadro chiaro di ciò che la cogenerazione può ottenere, ma anche per rivelare se un particolare sistema è ammissibile per gli incentivi economici forniti in diversi paesi per la promozione della cogenerazione, quali agevolazioni agli investimenti, garanzie di origine e tariffa speciale per l'energia elettrica proveniente da cogenerazione ad alto rendimento (CAR). Un sistema di cogenerazione può funzionare a diversi carichi e condizioni esterne. Pertanto, un'analisi solo sul punto di progetto nominale può portare a una sovrastima delle sue prestazioni termodinamiche. Se questi risultati vengono poi utilizzati per la valutazione della sua performance economica, possono fornire un'immagine errata della fattibilità economica dell'investimento.

In letteratura sono apparsi una moltitudine di indici (o cifre di merito) per la valutazione delle prestazioni termodinamiche dei sistemi di cogenerazione. In questa sono considerati e definiti quelli più importanti che hanno solide basi termodinamiche. In particolare, nel documento completo, sono estesamente trattati i bilanci termodinamici su sistemi cogenerativi. Più in particolare, oltre al classico bilancio energetico effettuato sul sistema, è considerato anche il bilancio basato sull'exergia, ovvero, in parole semplici, su una grandezza in grado di quantificare la capacità di un sistema di fornire un effetto utile. Tali bilanci consentono la definizione di opportuni rendimenti e di coefficienti indicativi della capacità di un sistema, nel caso in esame cogenerativo o trigenerativo, di convertire efficacemente l'energia primaria nei prodotti "utili", ovvero lavoro e calore. Sono inoltre definiti il rapporto energia elettrica/calore ed il risparmio di energia primaria, entrambi in grado di caratterizzare la qualità del sistema di cogenerazione rispetto ad un sistema tradizionale.

8.4. Valutazione economico-finanziaria dei costi relativi alle tecnologie di cogenerazione

I sistemi di cogenerazione o trigenerazione sono impianti ad alta intensità di capitale, in ragione dell'elevato contenuto tecnologico che li caratterizza e del size dimensionale delle taglie minime di impianto. Anche se un sistema di co- o tri-generazione ha un'elevata efficienza energetica, non è possibile procedere con l'investimento a meno che non sia anche economicamente sostenibile.

Nel presente capitolo si forniscono indicazioni in merito alle metodologie per procedere a una valutazione preliminare di natura economico-finanziaria di questo tipo di impianti, esaminando le diverse categorie di costo che originano dall'acquisto e gestione dell'asset e dei parametri e i KPI di natura economica e finanziaria che risultano più diffusi tra i practitioners per gli scopi in oggetto.

I valori di costo riportati sono i più significativi possibili ma tuttavia, possono essere considerati solo indicativi, poiché cambiano in modo significativo in ragione di profili quali il produttore dell'impianto in oggetto, la dimensione dell'impianto, il luogo di installazione dell'impianto, ecc.

Inoltre, i costi delle tecnologie di co- e trigenerazione sono influenzati da diversi fattori, come accordi speciali e possibilmente sconti offerti dai produttori, normative sulle emissioni nella zona specifica di installazione, disponibilità della manodopera locale e tariffe, esigenze di infrastruttura (ovvero se il sistema deve essere situato su un campo nudo o su un sito con strade e reti elettriche esistenti, acqua, carburante), tipologia dell'impianto ed altri. In questa sede pertanto, si intende fornire solamente un quadro concettuale di riferimento a livello teorico che non può essere ovviamente di carattere esaustivo, dal momento che la valutazione della performance economica di uno specifico impianto di co- o di

trigenerazione deve essere condotta in dettaglio sulla base delle specificità dell'iniziativa progettuale oggetto di valutazione.

Si precisa inoltre che di seguito si introdurrà una possibile classificazione delle voci di costo che caratterizzano la struttura di costi di impianti di cogenerazione. Questa può essere agilmente adattata al contesto degli impianti di trigenerazione (considerando le voci di costo relative alle apparecchiature quali ad esempio chiller ad assorbimento per la generazione di raffrescamento) mentre per quanto attiene invece alle stime di massima dei relativi costi, esse si riferiscono ad impianti di cogenerazione.

I costi delle tecnologie di co- o di trigenerazione possono essere divisi, come avviene per qualsiasi tipologia di investimento in asset in:

- ✓ **Spese in conto capitale (investimenti) o capital expenditure (CAPEX)**
- ✓ **Costi operativi o operating expense (OPEX)**

All'interno della prima macrocategoria di costo (CAPEX) è opportuno identificare almeno 3 voci principali di costo:

- 1. Costi dell'attrezzatura**
- 2. Costi d'installazione**
- 3. Costi di progettazione**

I **costi dell'attrezzatura** includono qualsiasi spesa inerente all'acquisto dell'attrezzatura e al trasporto delle medesime presso il sito di installazione dell'impianto. Nell'ambito di questa macrocategoria è poi possibile identificare almeno 8 voci di costo principali:

- a. Costo per il motore principale e gruppo elettrogeno
- b. Costo per le apparecchiature di recupero del calore e relative tubazioni
- c. Costi per l'impianto di scarico del gas
- d. Costi per le attrezzature per l'approvvigionamento del carburante
- e. Costi per il sistema di ventilazione e alimentazione dell'aria comburente
- f. Costi del quadro di comando
- g. Costi di interconnessione con la rete elettrica
- h. Costi di spedizione e tasse

I **costi di installazione** si riferiscono invece alle spese per i permessi alla costruzione, per l'acquisizione di terreni, per la costruzione di edifici (tranne se il sistema di cogenerazione è piccolo e lo spazio è già disponibile), per l'installazione delle attrezzature, per la documentazione e i disegni progettuali relativi alla costruzione delle installazioni in oggetto.

Infine, i **costi di progettazione** includono le seguenti voci di costo:

- ✓ Onorari di ingegneria per l'analisi, la progettazione, la pianificazione e lo sviluppo di un sistema di cogenerazione
- ✓ Commissioni di gestione della costruzione
- ✓ Studi ambientali e costi di autorizzazione
- ✓ Spese legali
- ✓ Lettere di credito
- ✓ Formazione del personale
- ✓ Finanziamento del progetto
- ✓ Imprevisti (indennità per costi imprevisti)

Nella Tabella 57 viene riproposta la classificazione delle voci CAPEX relative a un impianto di cogenerazione.



Tabella 57: *Classificazione dei costi CAPEX di un impianto di cogenerazione*

Costi di capitale (CAPEX)
Costi dell'attrezzatura
Costo per il motore principale e gruppo elettrogeno
Costo per le apparecchiature di recupero del calore e relative tubazioni
Costi per l'impianto di scarico del gas
Costi per le attrezzature per l'approvvigionamento del carburante
Costi per il sistema di ventilazione e alimentazione dell'aria comburente
Costi del quadro di comando
Costi di interconnessione con la rete elettrica
Costi di spedizione e tasse
Costi d'installazione
Costo permessi costruzione
Costo terreno
Costo costruzioni
Costo documentazione e disegni
Costi di progettazione
Onorari di ingegneria per l'analisi, la progettazione, la pianificazione e lo sviluppo di un sistema di cogenerazione
Commissioni di gestione della costruzione
Studi ambientali e costi di autorizzazione
Spese legali
Lettere di credito
Formazione del personale
Finanziamento del progetto
Imprevisti

Fonte: ns elaborazione

Focalizzandosi invece sugli OPEX, è possibile categorizzare gli stessi in:

- ✓ Costi del carburante
- ✓ Costi dei materiali di consumo diversi dal carburante (ad esempio olii lubrificanti)
- ✓ Costi del personale
- ✓ Costi di manutenzione
 - manutenzione programmata
 - manutenzione secondo necessità
- ✓ Costi assicurativi
- ✓ Costi ambientali
- ✓ Altri costi operativi

Nella Tabella 58 si riporta la struttura delle voci di costo di tipo OPEX.

Tabella 58: *Classificazione dei costi OPEX di un impianto di cogenerazione*

Costo operativo (OPEX)
Costi del carburante
Costi dei materiali di consumo diversi dal carburante
Costi del personale
Costi di manutenzione
Costi assicurativi
Costi ambientali
Altri costi operativi

Fonte: ns elaborazione

Al fine di disporre di parametri e KPIs economico-finanziari di partenza funzionali a una prima valutazione della convenienza a realizzare questo tipo di impianti, si è partiti dall'analisi della letteratura accademica dominante sul tema. In particolare, i dati di costo qui riportati sono estratti dal lavoro scientifico di Frangopoulos (2017) "Economic analysis of cogeneration systems", che indica il costo di capitale e operativo per unità di potenza erogata da sistemi di cogenerazione sia di tipo "motore a combustione interna a gas" sia di tipo "motore a turbina a gas".

Come riportato nella Tabella 59, il range di costo CAPEX individuato per impianti di cogenerazione di tipo “motore a turbina a gas” risulta essere tra i 550 euro per MW, nel caso di potenza elettrica erogata pari a 20 MW, e 1.200 euro nel caso di erogazione di 1 MW di energia elettrica. È quindi piuttosto evidente il sussistere di forti economie di scala rispetto alle voci CAPEX, in virtù delle quali al crescere della dimensione di impianto, si registra una riduzione piuttosto significativa del costo unitario per la produzione di 1 MW di energia elettrica.

Per quanto riguarda il costo OPEX della medesima tipologia di impianto di cogenerazione, il range di costo risulta compreso tra 9,9 e 14,3 euro per MW di potenza elettrica in relazione ad impianti da 3 a 45 MW.

Nel caso di un sistema di cogenerazione con motore a combustione interna a gas, invece, il range di costo CAPEX per MW risulta essere compreso tra 770-1.100 euro per MW elettrico.

Il costo OPEX della medesima tipologia di impianto, di potenza elettrica compresa tra 0,1 e 9,5 MW, risulta essere compreso in un range tra 9,3 e 27,5 euro per MW di potenza.

Tabella 59: Valori di costo OPEX e CAPEX per MW di impianti di cogenerazione di tipo motore a combustione interna a gas e motore a turbina a gas

Tipo di motore	Potenza	OPEX per MW	CAPEX per MW
Motore a turbina a gas	20 MW		550
	1 MW		1.200
	3-45 MW	9,9-14,3 €	
Motore a combustione interna a gas	20 MW		700
	1 MW		1.100
	0,1-9,5 MW	9,3-27,5 €	

Fonte: ns elaborazione

Sotto il profilo metodologico, al fine di realizzare una prima valutazione in merito alla convenienza economica a dotarsi di impianti energetici di questo tipo, il decisore dovrebbe adottare la logica del CAE (costo annuo equivalente) nell’ambito della più ampia metodologia del capital budgeting. Ciò soprattutto nel caso in cui la valutazione sia comparativa tra investimenti alternativi (magari non dotati della stessa vita utile) o la valutazione in oggetto debba considerare il confronto con una situazione esistente pre-intervento (per esempio per valutare un’ipotesi di sostituzione di impianto).

Come noto il CAE di un investimento (effettuato oggi) è il flusso di cassa annuo (positivo) necessario a recuperare un investimento lungo la sua vita economica (considerando anche il costo del capitale). Operativamente, il CAE si calcola trasformando un investimento odierno in una serie di flussi di cassa futuri (ovvero in una rendita che ha lo stesso VA dell’investimento). Trattandosi di valutazione di un centro di costo, ovviamente saranno flussi di cassa negativi (ovvero spese per l’installazione e la gestione dell’impianto). Questo approccio metodologico, infatti, si impiega in diverse circostanze, come quando occorre scegliere tra attrezzature, impianti o altri investimenti di diversa durata (vita economica).

Il CAE quindi è quel flusso di cassa per il quale la rendita annua avente $CF = CAE$ e durata uguale alla vita utile dell’impianto/investimento ($t=n$) per cui valga la seguente espressione:

$$VA_{CAE} = CAE * \left[\frac{1}{r} - \frac{1}{r(1+r)^n} \right] = VAN_I$$

Da cui si evince che il CAE dell’investimento nell’impianto di co- o trigenerazione è dato da:

$$CAE = \frac{VAN_I}{\text{Fattore rendita di } n \text{ anni}}$$



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Con la precisazione che *in questo caso per VAN dell' investimento si intende solo il valore attuale dei costi connessi all'investimento e che tra due investimenti alternativi, in questo caso, in impianti per la produzione di energia, andrà scelto quello caratterizzato da CAE più basso.*

8.5. Fabbisogni energetici delle aree portuali dell'area di riferimento

In questa sezione sono analizzati i fabbisogni energetici relativi ad alcuni porti dell'area del Programma. Più in particolare i risultati saranno riportati per il Porto di Genova e per il Porto di Livorno, per i quali, anche attraverso il prodotto T 2.1.2, è stato possibile quantificare, attraverso l'impiego di questionari sottoposti ai terminalisti operanti nei porti stessi, il fabbisogno energetico complessivo e quello specifico di ogni terminalista. Si ricorda che poiché la realtà portuale è estremamente complessa sotto l'aspetto dell'utilizzo e la gestione delle fonti energetiche, i questionari hanno permesso di mappare solo una quota parte dell'intero fabbisogno energetico del porto. La stima della quota mancante è avvenuta attraverso l'impiego di parametri indicatori, messi a punto sui dati forniti attraverso i questionari.

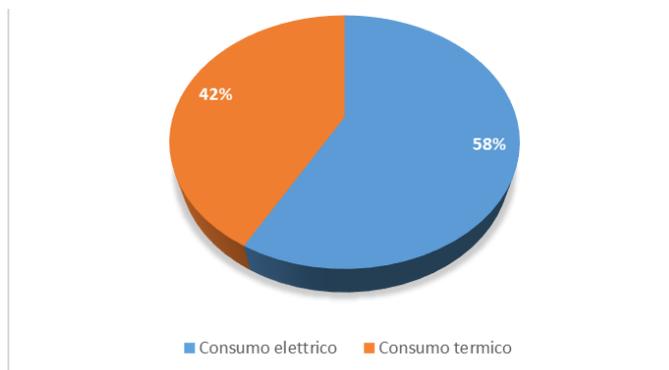
Per quanto riguarda il Porto di Genova, la procedura di stima prospettica del fabbisogno energetico delle aree portuali per mezzo della definizione di parametri indicatori (KPI, Key Performace Indicators), basati sui risultati forniti, attraverso dati disaggregati, attraverso la compilazione dei questionari descritti nei precedenti prodotti, ha consentito di analizzare dal punto di vista energetico le attività dei terminalisti, che sono state raggruppate attraverso le seguenti aree omogenee:

1. General cargo
 - 1.1 Multipurpose
 - 1.2 Container
2. Rinfuse liquide (petrolio, derivati, etc.)
3. Rinfuse solide (carbone, minerali ferrosi e non ferrosi, granaglie, etc.)
4. Cantieristica (costruzione e riparazioni navali)
5. Terminal passeggeri
6. Marine (nautica da diporto)
7. Altro (magazzini, logistica, etc.)

Sulla base dei KPIs calcolati e dell'analisi delle statistiche descrittive (spazi portuali occupati dalle diverse categorie di terminalisti/concessionari; volumi di traffico gestiti, etc.), si è quindi proceduto a stimare in primo luogo i consumi energetici relativi al porto di Genova considerando congiuntamente i dati effettivi di consumo e le stime per i concessionari in relazione ai quali non sono disponibili i dati.

Tale analisi conduce a una stima dei consumi energetici per il porto di Genova, in termini di energia primaria, pari a 480,05 GWh. Questo valore è dato dalla somma dei consumi termici (energia primaria 193,21 GWh) e dei consumi di energia elettrica primaria (286,83 GWh). I consumi elettrici primari corrispondono a 131,94 GWh di consumi elettrici assorbiti dai terminalisti/concessionari. La Figura 47 riporta il diagramma a torta relativo ai consumi elettrici riportati in termini di energia primaria e consumi termici.

Figura 47. Stime consumi porto di Genova (energia primaria): peso relativo di consumi termici ed elettrici.



Fonte: Ns. elaborazione.

Analizzando con maggiore dettaglio i fabbisogni energetici delle precedenti classi omogenee e suddividendo le componenti di consumo elettrico e termico che costituiscono i consumi globali in sottocategorie di maggiore dettaglio, è possibile effettuare una valutazione più accurata dei fabbisogni energetici. Escludendo da tali fabbisogni energetici quelli relativi all'impiego di combustibile destinato a mezzi di trasporto non elettrici, non idonei alla valutazione dei fabbisogni energetici per l'individuazione delle categorie per le quali potrebbe essere prevista l'adozione di impianti di tipo cogenerativo in ambito portuale, è possibile valutare, per le diverse categorie il rapporto caratteristico tra energia termica ed energia elettrica richiesta. Tali valori sono riportati in Tabella 60.

Tabella 60: Rapporto caratteristico tra fabbisogno termico e fabbisogno elettrico per le diverse categorie omogenee analizzate

	Rapporto tra energia termica ed elettrica
Container	0,20
Cantieristica	0,63
Rinfuse liquide	3,41
Multipurpose	1,24
Terminal passeggeri	0,25
Marine	0,03
Rinfuse solide	0,36

Fonte: Ns. elaborazione.

Da tali rapporti emerge chiaramente che le categorie con maggiore fabbisogno termico rispetto a quello elettrico sono la categoria rinfuse liquide, e quella multipurpose. Come precedentemente osservato, la categoria rinfuse liquide deve l'elevata richiesta di fabbisogno termico alla necessità di mantenere a temperatura costante gli olii combustibili per facilitarne la movimentazione. La categoria multipurpose presenta anch'essa un rapporto tra energia termica ed elettrica maggiore dell'unità, seppur minore di quello legato alla categoria rinfuse liquide, a causa della presenza di palazzine ad uso uffici che necessitano di riscaldamento durante il periodo invernale. Sulla base di tali analisi, pertanto, gli esempi applicativi di impianti di tipo cogenerativo presentati nei paragrafi successivi saranno applicati alle due categorie appena descritte.

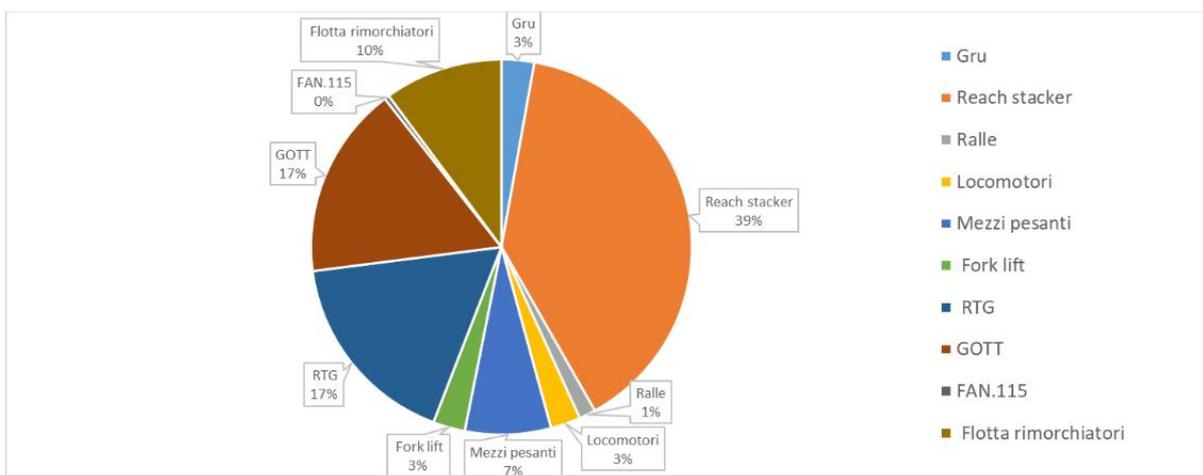
Per quanto attiene invece al Porto di Livorno, la stima dei consumi si basa sui dati forniti dall’Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Settentrionale, in particolar modo sulle risposte a questionari diretti agli operatori. La valutazione è stata divisa in tre parti:

- Consumi dovuti alla movimentazione delle merci su banchina e rimorchiatori.
- Consumi dovuti alle navi in sosta.
- Consumi elettrici e termici per altri utilizzi degli operatori (e.g. uffici, magazzini).

Per quanto attiene alla prima categoria, per ottenere una stima complessiva sull’intero porto si sono sommati i consumi annuali di tutti i mezzi di tutti gli operatori (l’Autorità portuale riporta che il gasolio è il combustibile principalmente usato per i mezzi da banchina). Di seguito si riportano gli operatori di cui non si hanno dati: Gruppo ormeggiatori, Intercontainers Livorno, Bartoli, Mariter, Porto commerciale, Livorno Est. Per stimare i consumi di questi operatori mancanti, si sono ottenuti il numero e tipologia di mezzi da riferimenti online e si sono moltiplicati per il consumo unitario di ogni tipologia di mezzo ricavato dai questionari presenti degli altri operatori. Di conseguenza, la stima è molto approssimativa e si aggira intorno ai 3 milioni di litri di gasolio annui (circa 30 GWh), per l’intero porto.

In Figura 48 è riportata il contributo al consumo totale per ogni tipologia di mezzo.

Figura 48 - Contributo al consumo totale per ogni tipologia di mezzo



Fonte: ns. elaborazione

Per quanto riguarda la sosta delle navi, nel porto di Livorno c’è una banchina elettrificata ma non viene utilizzata. I dati forniti si riferiscono alle principali categorie di navi operanti ed i consumi energetici durante la sosta si basano su una stima realizzata utilizzando gli effettivi tempi di sosta delle navi e le potenze installate a bordo. Non si è a conoscenza dei tipi di combustibile (oli combustibile principalmente) e delle quantità consumate perché sono dati riservati che gli armatori non condividono. La Tabella 61 sintetizza i consumi delle navi in sosta stimati. Come si può vedere in rosso, il consumo complessivo annuale si aggira intorno a 12,3 GWh. Ipotizzando un rendimento dei motori del 30%, il consumo di energia primaria è di circa 41 GWh.



Tabella 61: Tipologia e consumi delle navi in sosta

Dati navi in sosta con potenza massima dei generatori ausiliari inferiore a 1500 kW								
Tipo nave	Numero arrivi	Numero navi	Totale ore sosta	Media ore sosta	Totale potenza generatori (kW)	Media potenza generatori (kW)	Energia totale in sosta (kWh)	Media energia in sosta (kWh)
Passenger/Ro-Ro Cargo Ship	338	1	3617	11	399747	1183	4278196	12657
GENERAL CARGO SHIP	94	63	4519	48	70976	755	3274361	34834
RO-RO CARGO SHIP	61	3	1313	22	84023	1377	1843671	30224
CONTAINER SHIP	11	4	374	34	6619	602	255638	23240
VEHICLES CARRIER	4	2	27	7	4804	1201	34129	8532
Passenger (Cruise) Ship	5	5	74	15	5796	1159	80724	16145
PRODUCTS TANKER	1118	4	2885	3	991679	887	2558881	2289
Totale	1631	82	12809		1563644		12325600	

Fonte: ns. elaborazione

I circa 12.33 GWh annui si ipotizza che siano attualmente prodotti con motori a combustione interna con rendimenti medi operativi del 33% quindi con un consumo di diesel pari a 37 GWh. Considerato che il diesel ha un potere calorifico inferiore di 11.83 kWh/kg, ovvero di 10 kWh/l, questo consumo corrisponde a 3.700.000 litri di diesel. In caso di alimentazione elettrica da banchina ovviamente le emissioni di CO₂, insieme a quelle di altri inquinanti, verrebbero localmente azzerate e globalmente ridotte in relazione al mix di produzione attuale di energia elettrica nazionale pari a meno di 300 gCO₂/kWh, come indicato nella tabella seguente dove sono riportati i dati a livello europeo.

In generale risulta però difficoltosa l'elettificazione della banchina e la predisposizione delle navi all'alimentazione in corrente alternata da terra. Può essere pertanto presa in considerazione una alternativa a minor costo infrastrutturale: l'alimentazione da banchina tramite gruppi mobili di produzione dell'energia elettrica alimentati a GNL. In questo caso si ipotizza di fornire i 12.33 GWh con motori a combustione interna ottimizzati a rendimento medio più elevato, ca. 40%, quindi consumando 30.8 GWh di GNL, corrispondenti a 2.217.626 kg di GNL (potere calorifico del metano 13,9 kWh/kg) con emissioni di CO₂ di 6098 tonnellate (2.75 kg CO₂ per kg di metano); quindi una riduzione delle emissioni di CO₂ del 40% rispetto alla produzione a bordo con gruppi diesel.

Infine, in merito al consumo relativo agli operatori, è necessario evidenziare che sono purtroppo mancanti i dati di molti operatori. Di seguito in Tabella 62, si riportano solamente i consumi elettrici medi (2016-2017) reperiti.

Tabella 62: Consumi elettrici e di gas naturale per gli operatori del porto di Livorno (parziale)

Consumi energia elettrica/impianti termici/altro			
	EE [kWh]	ET gas naturale [m3]	ET Gpl [m3]
<i>Terminal darsena toscana</i>	8.714.461	13.461	
<i>Lorenzini & C</i>	1.104.663		
<i>Costieri D'Alesio e Toscopetrol</i>	2.497.358		
<i>Terminal Calata Orlando</i>	48.272		
<i>Grandi Molini Italiani</i>	100.000		
<i>FRATELLI NERI SPA</i>	588.247		2.300

**Interreg**UNION EUROPÉENNE
UNIONE EUROPEA**MARITTIMO-IT FR-MARITIME**Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

<i>AUTOVETTURE CP LIVORNO</i>			
<i>CAPITANERIA DI PORTO DI LIVORNO (sede distaccata)</i>	<i>72.256</i>	<i>3.193</i>	
<i>CAPITANERIA DI PORTO DI LIVORNO (sede centrale)</i>	<i>81.572</i>	<i>10.626</i>	
<i>Tot</i>	<i>13.206.831</i>	<i>27.281</i>	<i>2.300</i>

Fonte: ns. elaborazione

Dall'allegato statistico 2019 del Porto di Livorno si può desumere la quantità di prodotti petroliferi imbarcati e sbarcati. Questi prodotti necessitano di essere riscaldati prima di essere trasportati in pipeline dedicate. Ad oggi a Livorno è presente e operativa una raffineria Eni che autoproduce energia e sfrutta quindi il calore residuo in cogenerazione per questo scopo. In prospettiva futura, visto il mutamento dello scenario europeo in termini di consumi di combustibili fossili non è irrealistico immaginare a un forte ridimensionamento del comparto europeo di raffinazione petrolifera. In questa ottica si può pensare che i prodotti 'Oil' che verranno ancora sbarcati nel porto di Livorno per altri fini, non potranno più beneficiare della presenza del calore di scarto della attuale raffineria. In questo caso, soprattutto se il futuro porto sarà dotato di impianti di autoproduzione elettrica, magari proprio a GNL, questo calore potrebbe essere ottenuto in cogenerazione.

8.6. Esempi applicativi di impianti cogenerativi e trigenerativi

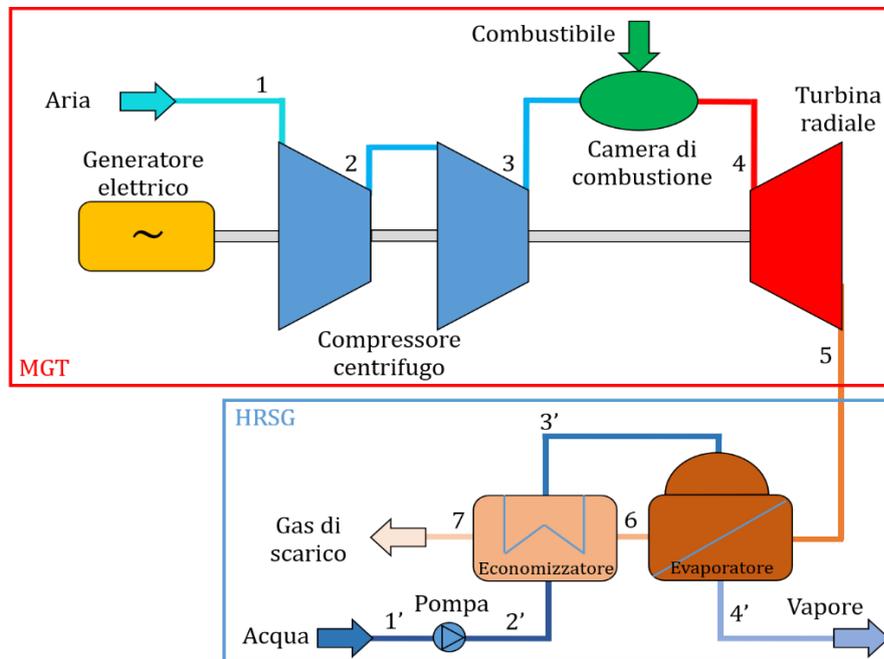
In questo paragrafo sono riportati alcuni esempi relativi a potenziali applicazioni riguardanti impianti di tipo cogenerativo o trigenerativo nella aree portuali delle regioni di interesse del progetto. Come evidenziato dai paragrafi precedenti, l'analisi delle infrastrutture presenti nel Porto di Genova ha quantificato l'impatto energetico associato alle utenze, classificabili come "energivore": a queste si associano consumi sia di energia elettrica, sia termica, per la maggior parte delle strutture. I possibili interventi sul contesto descritto agiscono principalmente su due livelli: un obiettivo consiste nella riduzione della spesa associata all'acquisto di energia elettrica, mediante la razionalizzazione dei consumi; una seconda opzione prevedrebbe l'installazione di impianti destinati all'autoproduzione dell'energia consumata, traendo vantaggi da soluzioni ad elevata efficienza. A tal fine, ci si può rifare a una tecnologia di cogenerazione, tramite la quale si rende disponibile la produzione combinata di energia elettrica e calore.

Più in particolare, per quanto attiene al porto di Genova è stato possibile procedere alla stesura di due analisi di fattibilità riguardanti un impianto cogenerativo ad asservimento di terminalisti operanti nell'ambito della movimentazione delle rinfuse liquide ed un impianto di tipo trigenerativo ad asservimento di edifici ad uso ufficio.

Per entrambe le applicazioni, dopo una analisi del fabbisogno delle utenze durante l'anno, è stato possibile ipotizzare la configurazione di due impianti. Il primo, di tipo cogenerativo, in grado di produrre energia elettrica e calore, trasportato per mezzo di vapore, utilizzato come vettore energetico, ed il secondo, di tipo trigenerativo, in grado di generare energia elettrica ed energia termica. Tale energia termica è utilizzata sia per la produzione di calore, sia per la produzione di raffrescamento, per mezzo dell'impiego di un chiller ad assorbimento, allo scopo di condizionare delle palazzine ad uso ufficio.

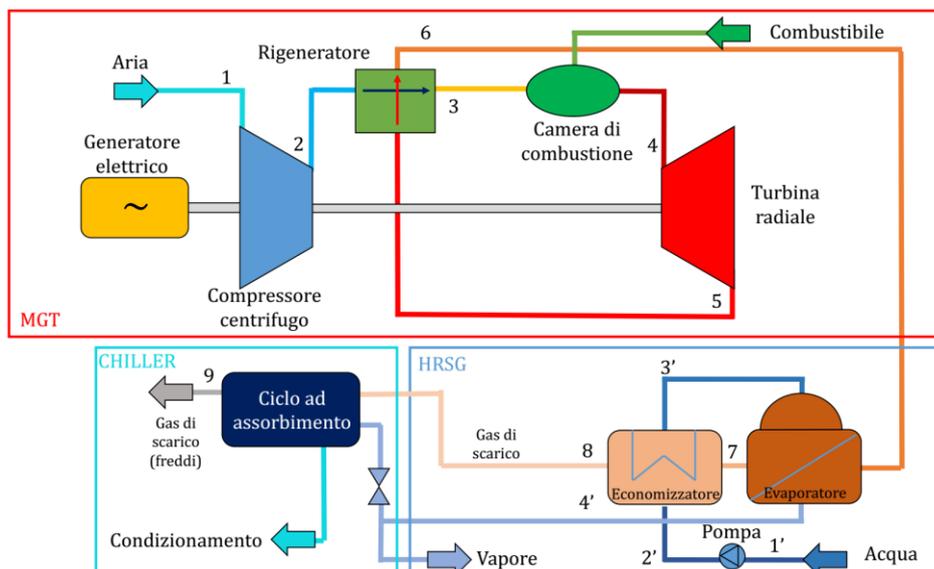
Entrambi gli impianti, seppur di diversa taglia, si basano sull'impiego di microturbine a gas, che presentano caratteristica di elevato rapporto potenza/peso e forniscono allo scarico gas combusti ad elevata temperatura (dell'ordine dei 500 °C per ciclo semplice e 300 °C per ciclo rigenerato). A titolo di esempio, in Figura 49 è rappresentato lo schema di impianto di tipo cogenerativo, mentre In Figura 50 si riporta lo schema semplificato del modulo costituente il sistema trigenerativo proposto.

Figura 49: Schema di impianto cogenerativo per la produzione combinata di energia elettrica e calore (vapore)



Fonte: ns. elaborazione

Figura 50: Schema dell'impianto trigenerativo proposto



Fonte: ns. elaborazione

Per entrambe le soluzioni sono stati valutati gli effetti legati alla sostituzione degli impianti tradizionali con quelli proposti sia dal punto di vista degli aspetti economici, e pertanto del tempo di ritorno dell'investimento, sia dal punto di vista dei tempi di realizzazione.



8.7. Stato dell'arte ed esame dei profili empirici connessi ad applicazioni di impianti di co- e trigenerazione a GNL in ambito marittimo portuale a livello nazionale

A livello nazionale, la tecnologia della cogenerazione che preveda l'uso del GNL, applicata in ambito marittimo e portuale risulta ancora ad uno stato piuttosto embrionale; la situazione è ancora più evidente in relazione alla tecnologia di trigenerazione a GNL, dal momento che ad oggi non risultano casi concreti né realizzati né pianificati in ambito marittimo portuale.

Tornando all'esame dello stato dell'arte in merito alla progettazione e realizzazione di impianti di cogenerazione in ambito marittimo-portuale, le attività di ricerca condotte nell'ambito del progetto TDI RETE-GNL hanno evidenziato alcuni primi casi di studio interessanti in relazione a progetti nazionali e internazionali che prevedono l'utilizzo della tecnologia della cogenerazione per il riutilizzo e gestione del BOG (boil off gas) generato dai terminal marittimi di rigassificazione, stoccaggio e bunkering di GNL.

In Italia negli ultimi 20 anni, tre sono stati i principali progetti relativi a gli impianti di cogenerazione a GNL (cfr. Tabella 63).

In relazione al terminal di Panigaglia di La Spezia, nel 2006 è stato presentato da GNL Italia S.p.A. uno studio di impatto ambientale sull'installazione all'interno dell'area portuale di Panigaglia di una centrale di cogenerazione per autoproduzione di energia elettrica. L'impianto di cogenerazione scelto per l'analisi di impatto ambientale è costituito da:

- ✓ Un sistema di produzione di energia elettrica, in parallelo con la rete, con un turbogeneratore di taglia pari a circa 31.745 MW alle condizioni ambientali di riferimento (15 °C al livello del mare).
- ✓ Un sistema di recupero termico sui gas esausti composto da uno scambiatore di calore di capacità pari a circa 35 MW alle stesse condizioni, per il riscaldamento dell'acqua dei vaporizzatori.
- ✓ Ausiliari e accessori necessari all'esercizio in sicurezza ed efficienza delle apparecchiature fornite.

Tabella 63: Progetti nazionali di cogenerazione in ambito marittimo portuale

PAESE	PORTO	TERMINAL	ANNO PROGETTO	PROPONENTE	NOTE
ITALIA	La Spezia	Terminal SNAM di Panigaglia	2006	GNL italia S.p.a.	L'impianto di cogenerazione scelto per l'analisi di impatto ambientale è costituito da: - Un sistema di produzione di energia elettrica, in parallelo con la rete, con un turbogeneratore di taglia pari a circa 31.745 MW alle condizioni ambientali di riferimento (15 °C al livello del mare). - Un sistema di recupero termico sui gas esausti composto da uno scambiatore di calore di capacità pari a circa 35 MW alle stesse condizioni, per il riscaldamento dell'acqua dei vaporizzatori. - Ausiliari e accessori necessari all'esercizio in sicurezza ed efficienza delle apparecchiature fornite.
ITALIA	Livorno	Terminal OLT Offshore LNG Toscana	2019	OLT	Il sistema di cogenerazione progettato è composto da un sistema di generazione elettrica composto da due turbogeneratori a vapore della potenza di 10 MW ciascuno, da due turbogeneratori a vapore della potenza di 3,35 MW ciascuno e da generatori diesel di emergenza.
ITALIA	Porto Torres	Terminal di Porto Torres	2017	Matrica S.p.a	Il progetto consiste nella realizzazione di una centrale dual-fuel, alimentata a gas naturale o Gpl, che permetta l'autonomia energetica degli impianti di Matrica nell'ambito degli interventi previsti sulla chimica verde a Porto Torres. La centrale sarà costituita da un turbogeneratore da 5,5 MW e da una caldaia per la generazione di vapore. L'alimentazione a Gpl sarà garantita attraverso un sistema di collegamento con la rete di stabilimento già esistente.

Fonte: Ns. elaborazione¹³

¹³ Le informazioni contenute in tabella 4 sono state reperite dalle seguenti fonti: Piano regolatore porto di Livorno anno 2014, report "progetto definitivo small scale LNG transfer OLT" marzo 2019, report "ammodernamento e adeguamento impianto GNL di Panigaglia" anno 2006, sito <https://www.cej-online.com/4q-2012/plant-reports->



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Il funzionamento dell'impianto di cogenerazione e il sistema di recupero è il seguente: il calore contenuto nei fumi di scarico della turbina viene inviato per mezzo di condotti coibentati ad un recuperatore per riscaldare un fluido intermedio (H₂O). Tramite dei condotti passanti a rack¹⁴, l'acqua riscaldata viene poi addotta alle vasche dei 5+1 vaporizzatori a fiamma sommersa di tipo 20-XF-02 A/B/C/D/E/F contribuendo a fornire il calore necessario alla vaporizzazione del GNL.

L'acqua demineralizzata, dopo aver ceduto il calore sensibile di vaporizzazione al GNL, viene raccolta in una vasca di accumulo/reintegro e di nuovo inviata allo scambiatore di calore mediante l'utilizzo delle pompe 20-P-02A/B per essere nuovamente riscaldata. La centrale è perciò dotata di un sistema per il recupero termico sui gas di scarico della turbina nel processo di rigassificazione del GNL (riscaldamento dell'acqua dei vaporizzatori), che garantisce un significativo risparmio di calore (circa 35,000 kW) e, quindi, di fuel gas. Il GNL vaporizzato con recupero risulta pari a circa 183 t/h (tonnellate/ora).

Ad oggi, il progetto del terminal di Panigaglia non è ancora stato approvato ed il progetto è rimasto in fase di discussione.

Altro progetto inerente alla costruzione di un impianto di cogenerazione a GNL in ambito marittimo portuale a livello nazionale è quello del terminal OLT Offshore LNG Toscana. Il progetto presentato a marzo 2019 da OLT prevede che il terminal sia dotato di un sistema di gestione e recupero del BOG di tipo cogenerativo.

Il sistema di cogenerazione progettato è composto da un sistema di generazione elettrica composto da un impianto vapore costituito da due turbogeneratori a vapore della potenza di 10 MW ciascuno, da due turbogeneratori a vapore della potenza di 3,35 MW ciascuno e da generatori diesel di emergenza. Il vapore necessario ad alimentare le turbine è prodotta da due caldaie fuel gas (di taglia pari a 40 MWt ciascuna). Tali caldaie sono progettate per utilizzare GN (Gas Naturale) derivante dal BOG del GNL come fluido combustibile primario e MGO (Marine Gas Oil) in caso di non normale operatività. Il progetto relativo all'impianto di cogenerazione a GNL di cui all'OLT è tutt'ora in fase di discussione.

Infine, altro esempio di progetto di impianto di cogenerazione a GNL in ambito portuale a livello nazionale, depositato per l'autorizzazione ambientale presso il servizio delle valutazioni ambientali dell'Assessorato regionale della Difesa dell'ambiente nel 2017, è lo studio preliminare ambientale relativo al progetto "Installazione di una nuova centrale di cogenerazione a servizio dello stabilimento Matrica di Porto Torres" presentato dalla società Matrica SpA.

Il progetto consiste nella realizzazione di una centrale dual-fuel, alimentata a gas naturale o Gpl, che permetta l'autonomia energetica degli impianti di Matrica nell'ambito degli interventi previsti sulla chimica verde a Porto Torres. La centrale sarà costituita da un turbogeneratore da 5,5 MW e da una caldaia per la generazione di vapore. L'alimentazione a Gpl sarà garantita attraverso un sistema di collegamento con la rete di stabilimento già esistente. Nel caso di utilizzo di metano, invece, l'alimentazione avverrà con uno specifico sistema di stoccaggio e vaporizzazione di Gnl.

Il progetto è stato approvato dalla regione Sardegna a fine 2017 concedendo alla società proponente cinque anni per realizzare la centrale.

ecoelectrica-lp/ e <http://www.gasprocessingnews.com/news/ferc-approves-lng-import-terminal-expansion-in-puerto-rico.aspx>

¹⁴ Le strutture di carpenteria metallica industriale di tipo Pipe Rack (ovvero "porta tubazioni") svolgono la duplice funzione di messa in sicurezza degli impianti e di ottimizzazione degli spazi, e possono essere utilizzati sia in ambito esterno sia interno agli ambienti di lavoro.



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



8.8. Co- e tri-generazione in ambito marittimo portuale: best practices a livello internazionale

Come già indicato, ad oggi, non si riscontrano casi applicativi di impianti di trigenerazione a GNL in ambito marittimo-portuale neppure a livello internazionale, in base alle prime analisi preliminari svolte nell'ambito del progetto TDI RETE-GNL; tuttavia le attività di ricerca condotte hanno evidenziato l'esistenza di vari casi di impianti di cogenerazione a GNL, mettendo in evidenza che in alcune circostanze questo tipo di impianti può costituire una soluzione tecnologica valida dal punto di vista ambientale ma anche sostenibile economicamente.

Tra le diverse casistiche riscontrate a livello internazionale si ritiene meritevole l'approfondimento del business case del terminal GNL di Porto Rico, in ragione del forte impatto che tale terminal ha nella produzione di energia elettrica a servizio della rete nazionale e di acqua dolce.

All'inizio degli anni '90, la Puerto Rico Electric Power Authority (PREPA) ha riconosciuto la necessità di aggiungere 1.200 MW di nuova capacità elettricità entro il 2000 per tenere il passo con una crescita annua della domanda di energia prevista del 3-4%.

Nel giugno 1995, PREPA aveva una capacità energetica disponibile che superava di poco il suo carico massimo di 2.748 MW e non poteva finanziare la nuova capacità di generazione senza rischiare un downgrade del suo rating di credito (il debito senior non garantito di PREPA era valutato BBB + da Standard and Poor's e Baa1 da Moody's).

In risposta alle sfide finanziarie, tecniche e ambientali legate all'aggiunta di nuova capacità di generazione, PREPA si è rivolta all'industria energetica indipendente internazionale. PREPA ha valutato oltre una dozzina di proposte per progetti energetici indipendenti.

La proposta di EcoEléctrica a PREPA è stata tempestiva ed approvata nel 1994: importare GNL nell'isola di Porto Rico e utilizzarlo per alimentare una centrale elettrica a turbina a gas a ciclo combinato da 500 MW, con il GPL come carburante di riserva.

La costruzione del terminal, terminata nel 2000, ha prodotto un terminal con facilities di ricezione, stoccaggio e rigassificazione nominale di GNL da due milioni di barili (318.000 m³), un serbatoio di stoccaggio di GNL lordo da un milione di barili (159.000 m³) un impianto di ormeggio per navi cisterna GNL di classe mondiale (15.000 m³ to 137.000 m³) e un molo di 533 m (Figura 51).

Figura 51: Progetto EcoEléctrica sull'isola di Puerto Rico; terminal GNL accoppiato a una centrale elettrica con turbina a gas a ciclo combinato



Fonte: <https://www.cej-online.com/4q-2012/plant-reports-ecoelectrica-lp/>

L'energia elettrica generata da EcoEléctrica, che costituisce il 20% del totale dell'energia prodotta sull'isola di Porto Rico, viene trasmessa alla rete elettrica gestita dalla Puerto Rico Electric Power



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Authority (PREPA); precisamente viene trasferita alla centrale termica PREPA di Costa Sur a circa 2-3 miglia di distanza tramite un gasdotto da 20 pollici al confine dello stabilimento di Costa Sur.

La centrale EcoEléctrica annessa al terminal è composta da due turbine a combustione Westinghouse 501F¹⁵ con una potenza nominale di 160 MW; e una turbina a vapore Toshiba, potenza nominale di 214 MW, quest'ultima in funzione grazie l'energia generata dal calore di scarto dei gas di scarico sotto forma di vapore che viene utilizzato sia per alimentare tale turbina a vapore che un impianto di desalinizzazione.

La soluzione EcoEléctrica per Porto Rico include anche un ulteriore vantaggio per l'isola: l'acqua dolce. La costa meridionale di Porto Rico è naturalmente secca e l'Autorità per gli acquedotti e le fognature di Porto Rico (PRASA), così come PREPA, necessita di nuove fonti di approvvigionamento di acqua dolce. EcoEléctrica, tramite l'energia termica sotto forma di vapore a bassa pressione prodotto dal sistema combinato di cogenerazione, ha costruito e gestisce un impianto di distillazione multipla (MED) da 2,0 milioni di galloni/giorno (7.570 m³/giorno) per soddisfare le proprie esigenze di acqua dolce e fornire acqua a PRASA.

Nel 2017, EcoElectrica ha ottenuto l'autorizzazione per l'ampliamento della capacità di rigassificazione del terminal da parte della "Federal Energy Regulatory Commission" americana. L'espansione ammonta a circa 93 milioni di piedi cubi standard al giorno (scfd¹⁶) che verranno utilizzati principalmente per fornire carburante a due unità a vapore convenzionali da 400 MW nominali presso la centrale elettrica di Costa Sur della Puerto Rico Electric Power Authority (PREPA).

¹⁵ L'energia criogenica prodotta dal terminale GNL (trasferita mediante un circuito di raffreddamento acqua / glicole circolante), oltre a produrre energia elettrica e termica, è utilizzata per raffreddare l'aria in ingresso delle turbine di combustione Westinghouse nel clima tropicale di Porto Rico (temperatura media dell'aria del sito di 80 ° F (27 ° C)). L'uso del raffreddamento dell'aria in ingresso sulle turbine a combustione si traduce in una potenza aggiuntiva e in una maggiore efficienza del carburante. A sua volta, il calore ambientale respinto dall'aria in ingresso della turbina di combustione e altre fonti di calore di scarto sono utilizzati per vaporizzare il GNL da utilizzare come combustibile nelle turbine a combustione.

¹⁶ Il piede cubico standard è una unità di misura della quantità di gas, definita in genere come la quantità di un gas dal volume di un piede cubico, alla temperatura di 60 ° F (15,56 ° C) e alla pressione di 14,7 libbre su pollice quadrato (1,013418 bar).

9. SCHEDA DI SINTESI DEL PRODOTTO T2.4.1 (“REPORT CLASSIFICAZIONE ED ESAME DEL RISCHIO IMPIANTI GNL IN AMBITO PORTUALE”)

Il prodotto T2.4.1 “Report classificazione ed esame del rischio impianti GNL in ambito portuale”, incluso nel progetto TDI RETE-GNL nell’ambito del programma Interreg Italia-Francia Marittimo 2014-2020, si pone l’obiettivo di identificare, sulla base dei riferimenti normativi di contesto, i principali rischi connessi al GNL, le configurazioni tecnologiche di bunkering di GNL maggiormente impiegate, la gestione del rischio in ambito portuale e la valutazione di esso stesso ai fini di implementare le cosiddette zone di controllo.

In linea con quanto previsto a formulario, il prodotto in oggetto ha previsto il coinvolgimento di diversi partner di progetto con il supporto dei relativi consulenti esterni. Sotto questo profilo hanno partecipato alla realizzazione del prodotto T.2.4.1 nella sua formulazione finale:

- P1/CF (UNIGE-CIELI) con il supporto del consulente esterno TECNOCREO;
- P5 (CCIVAR) con il supporto del consulente esterno TECHNIC FMC.
- P2 (UNIFI), P3 (UNICA/CIREM), P4 (OTC): validazione del framework concettuale e della documentazione tecnica prodotta.

Nel dettaglio, il prodotto in oggetto va attribuito al CF UNIGE-CIELI, per quanto concerne le sezioni connesse ai riferimenti normativi, alle caratteristiche del GNL e tassonomia dei rischi, mentre, le sezioni connesse alla metodologia di analisi del rischio, alla gestione del rischio in ambito portuale e all’applicazione preliminare in ambito portuale, sono da attribuire a TECNOCREO, consulente esterno del CF UNIGE-CIELI. Infine, l’Allegato 1 al Prodotto T.2.4.1 va attribuito al Partner 5 (CCIVAR) e al relativo consulente TECHNIC FMC. Si precisa che rispetto al Prodotto T.2.4.1, rileva il capitolo 3 dell’allegato richiamato.



9.1. Finalità del prodotto T2.4.1

In ragione del fatto che la realizzazione di infrastrutture e soluzioni tecnologico-produttive per la distribuzione e il bunkering di GNL comporta decisioni strategiche circa la localizzazione degli impianti e al loro dimensionamento che possono determinare rischi e pericoli per le attività produttive e le comunità locali che si trovino entro una certa distanza dalle facilities per il GNL in esame, il prodotto T.2.4.1 introduce il tema della valutazione del rischio in relazione alla realizzazione e alla gestione di impianti per il bunkering e lo storage di GNL in ambito marittimo-portuale, a beneficio di diverse categorie di stakeholders.

Il prodotto T2.4.1 “Report classificazione ed esame del rischio impianti GNL in ambito portuale” si articola in una prima sezione in cui viene definito l’ambito normativo applicabile al sistema di bunkering di GNL, cui segue una sezione di inquadramento concettuale e tecnico all’analisi e valutazione del rischio. La sezione successiva mira ad illustrare tutti i possibili rischi derivanti dall’impiego della sostanza GNL, fornendo in relazione ad essa una dettagliata descrizione delle diverse opzioni tecnologiche per il bunkering e lo stoccaggio di GNL in ambito marittimo-portuale. Viene

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 “Studio per un piano d’azione congiunto per il GNL in ambito portuale”



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



inoltre approfondita la gestione del rischio nello specifico scenario della catena logistica di piccola scala (Small Scale LNG) all'interno delle aree portuali, illustrando le metodologie e le prassi consolidate per definire le zone di sicurezza e controllo attorno agli impianti ai fini di prevenire gli effetti di eventi negativi. Segue la sezione dedicata alla contestualizzazione di tutti gli approcci presentati, in cui si procede ad un confronto su base qualitativa dei profili di rischio delle varie soluzioni tecnologiche per il bunkering, al fine di giungere ad introdurre alcuni elementi di base associati a specificità degli ambiti portuali interessati dal presente progetto.

9.2. I principi normativi internazionali, europei e nazionali

Al fine di porre rimedio alla grave preoccupazione ambientale determinata dai sempre maggiori livelli di inquinamento prodotti dal settore dei trasporti marittimi su scala mondiale, sono state adottate nel tempo da parte degli organismi internazionali e delle autorità competenti una serie di misure e provvedimenti normativi volti alla riduzione delle emissioni di sostanze inquinanti che determinano impatti negativi sull'aria, sulla salute umana e sul clima. In quest'ottica, l'International Maritime Organization (IMO) ha introdotto nel 1973 la "Convenzione internazionale per la prevenzione dell'inquinamento causato da navi", nota come MARPOL 73/78, il cui allegato VI introduce limiti al contenuto di zolfo più rigorosi rispetto al passato in relazione ai combustibili per uso marittimo nelle aree SECA (1% dal 1.07.2010 e 0,1% dal 1.01.2015) nonché nelle aree marittime al di fuori delle SECA (3,5% dal 1.01.2012 e 0,5% dal 1.01.2020). In particolare, rispetto agli argomenti trattati, viene segnalata l'importanza della Regolamento n. 14 sulle concentrazioni di emissioni SO_x e PM e del Regolamento n. 13 sulle concentrazioni di emissioni di No_x. Al fine di assicurare coerenza con il diritto internazionale nonché la corretta applicazione nell'Unione Europea delle norme sul tenore di zolfo stabilite a livello internazionale, la Direttiva 2016/802/UE (Sulphur Directive) dell'11 maggio 2016 impone la riduzione delle emissioni di anidride solforosa derivanti dalla combustione di alcuni tipi di combustibili liquidi, diminuendo così gli effetti nocivi di tali emissioni per le persone e l'ambiente, coerentemente con le politiche europee sulla tutela del clima. Nel medesimo quadro normativo comunitario anche la Direttiva 2014/94/UE (DAFI) del 22 ottobre 2014 relativa alla realizzazione di un sistema infrastrutturale a supporto della diffusione dei combustibili alternativi. A livello nazionale, l'Italia ha recepito la Direttiva 2014/94/UE (DAFI) del 22 ottobre 2014 sulla realizzazione di un'infrastruttura per i combustibili alternativi con il Dlgs 257/2016, al fine di ridurre la dipendenza dal petrolio e attenuare l'impatto ambientale nel settore dei trasporti.

Nel prodotto T2.4.1, inoltre, viene fornito un elenco di base e non di carattere esaustivo in merito alle principali normative e linee guida a livello internazionale ed europeo in relazione al tema della safety & security per le operazioni di bunkering, le installazioni, i macchinari e le infrastrutture portuali, per poi indicare anche le principali norme tecniche e standard in relazione al "sistema nave". Per ciascuno dei riferimenti normativi e dei documenti citati, viene anche fornita una breve descrizione in merito ai contenuti più rilevanti. Il dettaglio della normativa di riferimento e alle linee guida per il GNL nella tabella di seguito (Tabella 64).



Tabella 64. Normativa di riferimento per il GNL

	<i>Denominazione</i>	<i>Ente di normazione</i>	<i>Anno</i>
Livello internazionale	<i>Marpol 73/78</i>	IMO	1973
	<i>Solas</i>	IMO	1974
	<i>International code of safety for ships using Gases or other low-flashpoint fuels constructions & bunkering of LNG Fueled vessels</i>	IMO	2017
	<i>International code for the construction and equipment of ships carrying liquefied Gases in bulk construction of LNG Carrier vessels code</i>	IMO	1986
	<i>International Maritime Dangerous Goods code</i>	IMO	2018
	<i>Convenzione Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers</i>	IMO	1978
	<i>International Ship and Port facility Security Code</i>	IMO	2002
Livello europeo	<i>Direttiva 2016/802/UE (Sulphur Directive)</i>	UE	2016
	<i>Direttiva 2014/94/UE (DAFI)</i>	UE	2014
	<i>Direttiva 2012/18/UE (Seveso III)</i>	UE	2018
Livello nazionale	<i>Dlgs 257/2016</i>	PdR	2016
Norme tecniche	<i>ISO 8943:2007</i>	ISO	2007
	<i>ISO 10976:2012</i>	ISO	2012
	<i>ISO 12991:2016</i>	ISO	2016
	<i>ISO 18132-1:2011</i>	ISO	2011
	<i>EN 1474-1: 2008</i>	EN	2008
	<i>EN 1474-2: 2008</i>	EN	2008
	<i>BS EN 1160 1997</i>	BS EN	1997
	<i>UNI EN ISO 23251:2008</i>	UNI EN ISO	2008
	<i>UNI EN ISO 28460:2011</i>	UNI EN ISO	2011
	<i>UNI EN 1160:1998</i>	UNI EN	1998
	<i>UNI EN 1473:2007</i>	UNI EN	2007
	<i>UNI EN 1474-1:2009</i>	UNI EN	2009
	<i>UNI EN 1474-2:2009</i>	UNI EN	2009
	<i>UNI EN 1474-3:2009</i>	UNI EN	2009
	<i>UNI EN 12065:1999</i>	UNI EN	1999
	<i>UNI EN 12066:1999</i>	UNI EN	1999
	<i>UNI EN 12308:2001</i>	UNI EN	2001
	<i>UNI EN 12567:2002</i>	UNI EN	2002
	<i>UNI EN 12838:2003</i>	UNI EN	2003
	<i>UNI EN 13645:2006</i>	UNI EN	2006
<i>UNI EN 13766:2010</i>	UNI EN	2010	
<i>UNI EN 14620-1:2006</i>	UNI EN	2006	
<i>IEC60092-502:1999</i>	IEC	1999	
Linee guida	<i>Interim guidelines on safety for natural gas fuelled engine installations in ships</i>	IMO	1986
	<i>Esd arrangements and linked ship/shore systems for liquefied gas carriers</i>	SIGTTO	2009
	<i>Guidelines for LNG bunkering safety, simultaneous operations, and personnel training</i>	SGMF	2017
	<i>Protection against ignitions arising out of static, lightning, and stray currents</i>	API	2015
	<i>Linee guida per i sistemi di ormeggio</i>	OCIMF	2008

Fonte: elaborazione CIELI

9.3. Metodologia di analisi del rischio

Il report T2.4.1 “Report classificazione ed esame del rischio impianti GNL in ambito portuale” definisce anche importanti le linee guida per la valutazione delle esternalità e dei possibili impatti ambientali causati da eventuali incidenti e malfunzionamenti. Sotto questo profilo, si parte dalla disamina del

concetto di rischio e si illustrano poi i diversi metodi impiegati per l'individuazione e la quantificazione dei suddetti rischi.

9.3.1. Il concetto di rischio

Identificando il rischio come la probabilità che accada un certo evento capace di causare un danno a cose e persone, esso può essere quantificato, secondo quanto richiesto dalla gestione dei rischi – risk management, attraverso il seguente prodotto:

$$\text{Livello del rischio [R]} = \text{Frequenza [F]} * \text{Magnitudo [M]}$$

9.3.2. I metodi di valutazione

Per quanto concerne i metodi di valutazione del rischio, essi variano in ragione dal livello di dettaglio da raggiungere nella valutazione stessa e possono essere classificati in due macro-insiemi, ovvero: i metodi di livello più elevato di tipo deterministico e qualitativo, finalizzati a valutare la fattibilità e a procedere nel percorso autorizzativo (metodi Consequence-Based), e i metodi di livello progettuale di tipo probabilistico e quantitativo, che comprendono tutte le analisi puntuali sul sistema/impianto/sito, considerando a tal fine anche le probabilità di guasto/rottura/perdita (metodi Risk-Based).

Mentre i metodi qualitativi vengono impiegati secondo il campo di applicabilità indicato dalla norma ISO/TS18683, ovvero agli impianti di bunkeraggio corrispondenti agli scenari standard (installazioni TTS, PTS o STS che rispettano determinate condizioni di impiego, realizzazione ed ubicazione), i metodi quantitativi vengono applicati per tutti gli impianti di bunkeraggio che si discostano da tali scenari “standard”, ossia che non soddisfano tutti i requisiti previsti. Appartengono alla prima categoria i metodi qualitativi di “Valutazione delle conseguenze” – QualRA, il cui approccio si basa sulla valutazione delle conseguenze di incidenti ipotizzabili, e di “Valutazione delle conseguenze semplificati” – SQualRA, che viene svolta su scenari codificati e semplificati. Alla seconda categoria, invece, appartengono i metodi quantitativi “Valutazione di tipo probabilistico” – QRA, basato sulle conseguenze prodotte da una serie di possibili incidenti e della probabilità che gli incidenti accadano, e di “Valutazione di tipo semi-quantitativo o ibrida” – HQRA, secondo cui, solitamente, la probabilità di accadimento viene valutata in modo più qualitativo, ovvero utilizzando classi o categorie, piuttosto che numeri o quantificazioni puntuali.

Per i metodi qualitativi di valutazione del rischio occorre fissare come obiettivi i seguenti profili:

- ottenimento di un livello di rischio conforme ai livelli soglia\limite fissati e comunque il più basso ragionevolmente ottenibile, dimostrando che tutte le minacce per le persone e per l'ambiente siano state analizzate, valutate, eliminate ove possibile o mitigate se necessario;
- definizione di misure, indicazioni ed informazioni per classificare le aree attorno alle infrastrutture e sovrastrutture per il bunkeraggio e le relative “operations”.

La norma ISO/TS 18683, che rappresenta il riferimento tecnico per l'elaborazione di una valutazione di tipo deterministico o qualitativo, indica i seguenti elementi minimi da considerare nell'ambito del tipo di valutazione in oggetto:

- A. campo di applicazione, ovvero la definizione dei limiti di batteria della valutazione, la familiarizzazione – intesa come presa di conoscenza e padronanza - con la progettazione e il funzionamento della struttura di bunkeraggio
- B. HAZID, ossia l'analisi approfondita volta a identificare i pericoli e valutare i rischi utilizzando una matrice di rischio
- C. zona di sicurezza



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



- D. materiale tecnico, ovvero l'elaborazione secondo standard internazionali di report, planimetrie, ecc.

Invece, per l'applicazione dei metodi quantitativi di valutazione del rischio occorre procedere come di seguito:

- quantificare il livello dei rischi per la sicurezza (per persone o cose) associati al funzionamento di un impianto o alle attività che implicano l'handling di materiali pericolosi;
- verificare che i livelli di rischio siano conformi ai criteri di accettazione del rischio concordati con le autorità;
- definire misure di riduzione e gestione del rischio, valutandone l'efficacia.

La valutazione quantitativa, inoltre, richiede la presenza dei seguenti elementi:

- A. campi di applicazione, ovvero la definizione dei limiti di batteria della valutazione e la familiarizzazione con la progettazione / funzionamento della struttura di bunkeraggio
- B. HAZID
- C. zona di sicurezza
- D. materiale tecnico

9.3.3. Valori di soglia e criteri di accettabilità

Sia nelle valutazioni qualitative sia in quelle quantitative devono essere stabiliti i criteri e i limiti di confronto del livello di rischio calcolato, così da consentire la valutazione e l'approvazione di un determinato progetto, comprensivo di azioni di mitigazione e di un piano di gestione. I criteri di soglia che possono essere utilizzati per valutare il livello di rischio, definendo l'accettabilità del rischio stesso, sono spesso impiegati anche per stabilire le distanze di sicurezza esterne o interne. Tali criteri di soglia o valori limite devono essere vincolati sia che essi abbiano un valore non legale, ovvero costituiscano un obiettivo/target progettuale, sia che rappresentino un valore normativamente obbligatorio. In generale, è possibile distinguere tra i seguenti tipi di criteri.

- Valori generici, ovvero uno schema di definizione del livello di rischio costituito da una scala a due o tre bande, che divide con un criterio dentro/fuori, ed un singolo livello di rischio, i rischi tollerabili da quelli intollerabili (ovvero attività accettabili da attività inaccettabili).
- Valori espressi come distanza a cui il danno viene ritenuto intollerabile, ossia un sistema che comporta come i diversi livelli di soglia possano essere diversi da progetto a progetto anche prendendo in considerazione gli stessi eventi generanti.
- Valori di riferimento espressi in normativa tecnica, per cui, sotto il profilo della norma ISO18683, vengono evidenziati valori di soglia limite di rischio individuale, particolarmente utili nel caso in cui si debba procedere con una valutazione dei risultati di un metodo QRA applicato agli scenari pericolosi selezionati.
- Rischio individuale, che definisce la probabilità annua che un individuo subisca un certo livello di danno in prossimità di un elemento/sistema a seguito di evento di qualsiasi natura che origina/influisce dalle o sulle attività di processo.
- Rischio sociale, che si riferisce a metodologie tipicamente incrementali e complementari rispetto agli approcci sopra definiti come "rischio individuale".

9.4. Caratteristiche del GNL e tassonomia dei rischi

L'impiego del GNL come combustibile alternativo per la propulsione navale consente di rispondere a molteplici esigenze ambientali ed economiche. Composto principalmente da gas metano e, in termini



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



minoritari, da etano, propano, butano e azoto, il GNL viene sottoposto a processo di liquefazione per essere depositato e stoccato a temperatura criogenica. Di conseguenza le fasi di deposito ed impiego del GNL necessitano di accorgimenti impiantistici e gestionali volti a superare i relativi rischi specifici.

Al fine di procedere nell'identificazione e successiva valutazione dei rischi connessi sia all'impiego di GNL come combustibile per la propulsione navale, sia allo sviluppo delle relative infrastrutture e sovrastrutture per il bunkering del GNL, il Prodotto tecnico T2.4.1 approfondisce le principali tipologie di rischio legate all'impiego del GNL, anche considerando le specificità applicative connesse alla sua localizzazione in ambito marittimo-portuale. A questo fine, il citato prodotto considera in primis le proprietà del GNL e, di conseguenza, le condizioni di base che comportano il verificarsi di pericoli e rischi connessi all'impiego di tale combustibile.

9.4.1. Limiti di infiammabilità

Mentre il GNL allo stato liquido (ovvero a temperatura criogenica) non risulta presentare le caratteristiche di infiammabilità e di esplosività, le caratteristiche del GNL allo stato gassoso sono identiche a quelle del metano puro, ovvero l'infiammabilità nel caso di concentrazione nell'aria dello stesso pari ad un valore compreso tra il Lower Flammability Level (LFL), che ammonta al 5% (una percentuale minore di gas sarebbe troppo diluita per consentirne l'accensione) e l'Upper Flammability Level (UFL), pari al 15%; infatti, una maggior quantità di gas comporterebbe una concentrazione di ossigeno troppo bassa per sostenere la fiamma.

9.4.2. Confronto GNL/GPL

Il GNL si differenzia dal GPL poiché quest'ultimo consiste in una miscela di gas liquefatti per compressione, raffreddamento o per compressione seguita da raffreddamento in quanto dotati di temperatura critica molto superiore alla temperatura ambiente. Il GNL, invece, è dotato di una temperatura critica molto bassa, infatti può essere liquefatto soltanto in presenza di una temperatura di -162°C . Di conseguenza, mentre il GPL può essere stoccato in recipienti di acciaio al carbonio non coibentati con pressioni massime raggiungibili fino a 30 bar, il GNL viene stoccato a temperature prossime a -160°C all'interno di recipienti dotati di coibentazione termica e realizzati per mezzo di acciaio speciale. Soprattutto in ragione delle differenti caratteristiche fisiche, il GPL e il GNL differenziano anche per le applicazioni complementari in quanto il GNL si rivolge a taglie di utenza nettamente superiori rispetto a quelle del GPL (ad esempio, nell'ambito del trasporto stradale, il GPL viene impiegato nell'alimentazione di veicoli leggeri mentre il GNL viene destinato soprattutto all'alimentazione di mezzi pesanti).

9.4.3. Gas di evaporazione (boil-off gas)

Il Boil-Off Gas (BOG) si produce per evaporazione del GNL a causa del calore trasmesso dall'esterno del serbatoio al prodotto stoccato al suo interno. Nel BOG sono presenti, in piccole tracce, i componenti infiammabili più pesanti della miscela, cioè quelli dotati di temperature di ebollizione a pressione atmosferica molto maggiori rispetto al metano (-89°C per l'etano, -40°C per il propano). Inoltre, il BOG ha densità maggiore rispetto all'aria per temperature inferiori a -113°C , in assenza di azoto, o -85°C , in presenza del 20% di azoto. Al fine di evitare la manifestazione di BOG, spesso vengono introdotti impianti di "ri-liquefazione" aventi l'obiettivo di liquefare nuovamente il gas che inevitabilmente si forma nello spazio compreso tra la superficie del carico e il tetto di copertura della cisterna, il quale, altrimenti in assenza del presente impianto, aumenterebbe la pressione all'interno della cisterna, facendo così scattare la valvola di sicurezza per poi disperdersi nell'atmosfera.

9.4.4. Contatto con il GNL

Siccome il GNL a pressione atmosferica rimane allo stato liquido fino a circa -162°C , si possono verificare “ustioni da gelo”, nel caso in cui il GNL venga a contatto con la pelle, ma anche gravi danni ai polmoni e all’apparato respiratorio dovuti all’inalazione di vapore a temperature estremamente ridotte. Inoltre, il contatto tra il GNL e lo scafo della nave, per non parlare di tutti gli altri materiali, strumenti o componenti non idonei rispetto alle temperature criogeniche, può condurre al danneggiamento e persino alla rottura di tali oggetti. In ragione di ciò è necessario che il personale impiegato nelle attività di bunkering e di stoccaggio di GNL sia dotato di strumenti ed attrezzature di protezione idonee (ivi inclusi guanti, maschere, vestiario adeguato, ecc.) e che, per quanto concerne i rischi connessi a strumentazioni e attrezzature, vengano realizzati sistemi di contenimento del liquido, atti a separare il serbatoio dall’ambiente esterno e quindi da altri macchinari e apparecchiature vicini.

9.4.5. Stratificazione e roll-over

Il fenomeno del “rollover” si verifica soprattutto durante le operazioni di riempimento di un serbatoio di stoccaggio di GNL poiché, quando viene introdotto nel serbatoio del GNL a densità differente da quello già presente, il GNL dotato di densità maggiore tenderà a stratificare sul fondo. Tuttavia, il fondo del serbatoio inizierà ad aumentarne la temperatura, determinando non solo una riduzione della densità presente, ma anche un brusco incremento della velocità di evaporazione, con conseguente emissione di notevoli quantità di gas. Al fine di prevenire tale fenomeno, è fondamentale, durante la fase di bunkering, garantire la miscelazione del prodotto fresco con il prodotto già presente all’interno del serbatoio (ad esempio mediante un sistema di ugelli), oppure impiegare dei sistemi di riempimento sopra e sotto il serbatoio, a seconda della densità propria del GNL da immettere all’interno (se il GNL introdotto risulta avere densità minore rispetto a quello già presente nel serbatoio, occorre impiegare il sistema di riempimento “inferiore”, altrimenti quello “superiore”).

9.4.6. Sloshing

Tale fenomeno si verifica quando i serbatoi di GNL nelle navi non sono completamente pieni, infatti, durante la navigazione e, ad esempio, in presenza di condizioni meteomarine avverse, il carburante nelle cisterne impatta con elevata pressione sulla superficie e sulle pareti del serbatoio, comportando di conseguenza gravi danni alla struttura. Al fine di limitare il fenomeno dello sloshing è stata ideata la tecnologia SPB (Self Supporting Prismatic IMO type B) che prevede cisterne prismatiche dotate di elementi strutturali di rinforzo all’interno.

9.4.7. Transizione rapida di fase (Rapid Phase Transition)

Il fenomeno noto come “transizione rapida di fase” (o Rapid Phase Transition- RPT), consiste in un cambiamento fisico di fase di un liquido in vapore: normalmente si verifica quando due liquidi, dotati di temperatura molto diversa tra loro, vengono a contatto, poiché il liquido a temperatura minore (GNL), una volta venuto a contatto con quello dotato di temperatura superiore, subisce una rapida transizione dallo stato liquido a quello gassoso (una vera e propria ebollizione), producendo vapore a velocità esplosiva (ad esempio quando una grande quantità di GNL viene riversata in acqua).

9.4.8. BLEVE (boiling liquid expanding vapour explosion)

Il BLEVE indica l’esplosione dei vapori che si espandono a causa dell’ebollizione di un liquido, ossia una tipologia di esplosione che avviene in concomitanza con la rottura di un recipiente in pressione. Questo può verificarsi in caso di rapida fuoriuscita, se si genera una vampata di gas ad alta velocità con moto turbolento, ma anche in caso di impatto da cui deriva la formazione di frammenti.



9.4.9. Esplosione nube di vapore (Vapor Cloud Explosion - VCE)

Con la denominazione Vapour Cloud Explosion viene indicato il fenomeno per cui una grande quantità di vapore di GNL viene innescata in un ambiente confinato (o quasi), provocando un'esplosione. Quando il GNL inizia a scaldarsi a contatto con l'aria (più leggera e dotata di temperatura maggiore del GNL), si mescola con la stessa e inizia a disperdersi, creando una sorta di nuvola di vapore (vapour cloud) la quale, in caso di contatto con una fonte di accensione e in presenza di una concentrazione di GNL compresa nell'intervallo di infiammabilità, può anche essere soggetta ad esplosione.

9.4.10. Jet fire, pool fire e flash fire

Il fenomeno noto come “jet fire” o “spray fire” consiste nella formazione di un getto di fuoco dalla diffusione piuttosto violenta generato a partire dall'ignizione di una miscela composta da un comburente e un combustibile gassoso rilasciato in modo continuativo, mediante una forza significativa, in una o più direzioni. In questo caso, il gas viene innescato immediatamente a valle della perdita di GNL. Al contrario, in caso di innesco ritardato ha luogo il fenomeno di flash fire, il quale, tornando all'origine, potrebbe determinare un fenomeno di jet fire. Infatti, con il termine “flash fire” si intende il fenomeno di combustione “rapida” non esplosiva originata a partire dalla formazione di una nube di gas in un ambiente in cui la concentrazione di GNL supera il Lower Flammable Limit.

Invece, con il termine “pool fire” si indica il fenomeno cosiddetto “incendio di pozza” (scarsamente probabile per la rapida vaporizzazione del GNL che viene rilasciato) poiché può verificarsi in presenza di una quantità di GNL presente su una superficie piana solida orizzontale o sulla superficie dell'acqua a seguito di una perdita. In questo contesto, il liquido costituente tale pozza comincia ad evaporare mescolandosi con l'aria circostante e, nel caso in cui venga raggiunta la concentrazione minima per la combustione in presenza di una sorgente di innesco, il gas comincia a bruciare, generando così calore.

9.4.11. Asfissia

Benché il gas naturale non sia tossico o cancerogeno, può risultare asfissiante, poiché contribuisce a diminuire la percentuale di ossigeno nell'aria, sostituendosi direttamente ad esso.

9.4.12. Terrorismo

La probabilità del rischio che si verifichino attacchi terroristici ad un terminale di GNL è connessa al caso di incendio, rispetto a quello di un'esplosione. Per limitare i rischi di danni a persone, strutture e attrezzature, è fondamentale definire apposite distanze di sicurezza e specifiche procedure autorizzative per l'accesso alle zone più sensibili e critiche. Ulteriori contromisure per prevenire attacchi terroristici o altri atti violenti sono rappresentate da ispezioni, pattugliamenti, piani di sicurezza in caso di breccia nella sicurezza e sistemi di comunicazione di emergenza.

9.4.13. Terremoti

Inoltre, sussiste la possibilità che, in caso di terremoto, possano verificarsi gravi danni alle strutture impiantistiche, a cui possono fare seguito eventi incidentali di grave entità. Infatti, è necessaria, in fase progettuale, un'adeguata valutazione dei rischi connessi all'eventuale attività sismica nella zona in cui risiede l'impianto di bunkeraggio e stoccaggio di GNL.

9.4.14. Perdite di GNL

Dal prodotto T2.4.1 emerge come i principali rischi connessi al bunkering e allo storage di GNL in ambito marittimo-portuale siano riconducibili al verificarsi di perdite di liquido criogenico, da cui possono originarsi differenti scenari incidenti possibili. Normalmente le perdite hanno luogo durante le operazioni di bunkering, ma esse possono verificarsi anche in seguito ad errori umani, guasti tecnici

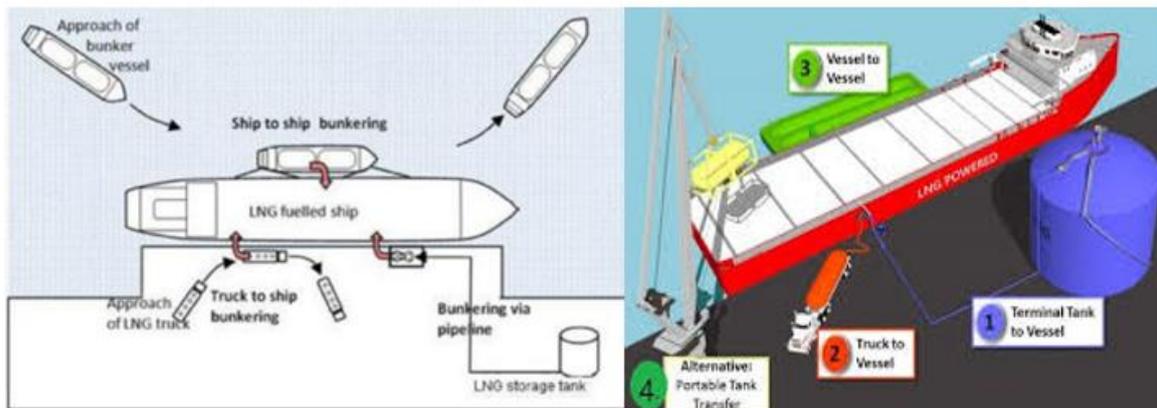
oppure in altri contesti come in presenza di eccessivo traffico marittimo in condizioni meteomarine estreme o durante la navigazione in prossimità di un'area portuale.

9.5. Sistemi di trasferimento del gas GNL

Il prodotto T2.4.1 fornisce anche un'analisi di dettaglio in merito alle specificità dell'intera supply chain del GNL, identificando tutte le diverse tipologie di mezzi di trasporto impieganti lungo la filiera. In ragione delle caratteristiche tecniche del GNL e i relativi rischi, è possibile individuare quattro principali configurazioni per il bunkering di GNL in ambito marittimo portuale riassunte nell'elenco di seguito e in Figura 52:

- Configurazione Ship to Ship (STS),
- Configurazione Truck to Ship (TTS),
- Configurazione Via Pipeline o Terminal /Port To Ship (TPS),
- Configurazione Mobile Fuel Tanks.

Figura 52. Potenziali configurazioni di bunkering di GNL



Fonte: DNV, 2015 (“LNG Bunkering. Regulatory Framework and LNG bunker procedures”).

La configurazione tecnologica di tipo Ship To Ship (STS) prevede il trasferimento di GNL da una chiatta rifornitrice o da una bettolina/bunkerina ad una nave LNG-propelled. Tra i principali vantaggi riconosciuti alla presente opzione tecnologica assumono un ruolo rilevante sia la possibilità di operare in mare anche senza dover entrare in porto, qualora le condizioni meteorologiche e del moto ondoso lo consentano, sia la possibilità di movimentare ingenti volumi di prodotto in tempi veloci.

La configurazione tecnologica di tipo Truck To Ship (TTS) prevede, invece, il trasferimento di GNL da un camion cisterna o un'autobotte ad una nave LNG-propelled ormeggiata al molo o al pontile per mezzo di una tubatura flessibile criogenica. Tra i vantaggi connessi alla configurazione tecnologica di tipo TTS compaiono l'elevata flessibilità geografica e la scarsità di investimenti necessari all'implementazione. Al contrario, in ragione delle ridotte quantità di prodotto che possono essere trasferite mediante la presente configurazione, risulta essere particolarmente adatta per il rifornimento di mezzi navali dotati di piccoli serbatoi, come, ad esempio, rimorchiatori, pescherecci o naviglio di minori dimensioni.

La configurazione tecnologica di tipo Shore/Pipeline To Ship (PTS) prevede il trasferimento del GNL da un serbatoio di stoccaggio fisso a terra ad una nave LNG-propelled attraverso l'impiego di una linea criogenica dotata di bracci di carico caratterizzati da un'estremità flessibile (Pipeline) oppure tramite l'utilizzo di tubature proprie della nave ormeggiata (Shore). Rispetto alla soluzione TTS, la



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



configurazione Pipeline To Ship garantisce una di flusso più elevate, adeguate a rifornire navi di grandi dimensioni.

La configurazione tecnologica che prevede l'impiego di cisterne mobili o ISO-container criogenici permette, invece, di impiegare tali cisterne come depositi movimentabili di carburante GNL, infatti esse possono essere facilmente caricate su navi, per mezzo delle gru dedicate ai containers, oppure su autotreni in modalità Ro-Ro.

9.6. La gestione del rischio in ambito portuale

Analizzando la gestione del rischio connesso al processo di bunkeraggio e storage di GNL, gli ambiti di applicazione della gestione del rischio (il contesto normativo, l'analisi delle minacce, la casistica degli eventi negativi e la formazione) vanno declinati nel dettaglio in considerazione delle specificità tecniche e localizzative oltre che operative e gestionali che caratterizzano le applicazioni in ambito portuale. In ragione del fatto che l'attività di bunkeraggio rappresenti un business globale, gli ambienti normativi che essa coinvolge devono essere tra loro allineati e interfacciarsi. Infatti, lo sviluppo di regolamenti internazionali, come ad esempio il codice IGF, adottato a giugno 2015 è fondamentale per stabilire requisiti basati sull'analisi del rischio.

La sicurezza dell'impiego del GNL in ambito marittimo-portuale, in particolare, dipende direttamente dalla comprensione degli aspetti e delle situazioni che rappresentano una minaccia durante l'operatività dei sistemi di bunkeraggio. Infatti, grazie alla conoscenza e all'analisi degli eventi che si può giungere alla valorizzazione di un rischio e conseguentemente alla definizione di opportune modalità di gestione di esso. La segnalazione di incidenti o mancati tali nell'ambito dell'impiego del bunkeraggio GNL (e della filiera) è utile per poter apprendere e migliorare le procedure, rendere più efficienti e accurati i calcoli previsionali, migliorare la progettazione di apparecchiature e sistemi e sviluppare ulteriori approcci valutativi. Poiché l'elemento umano rappresenta un fattore centrale per svolgimento di tutte le operazioni di bunkeraggio di GNL in assoluta sicurezza, è necessario che i diversi stakeholder rilevanti nell'ambito del processo, concorrano alla predisposizione delle necessarie procedure e regolamenti, a partire dalle procedure di emergenza alla manutenzione a bordo, dal funzionamento/comportamento dei macchinari alla comunicazione tra operatori, ecc. Per questo motivo è fondamentale che sia l'equipaggio di bordo e che il personale di terra abbiano non solo tutte le competenze necessarie ma in consolidato percorso di formazione garantire sia l'operatività che il sistema di gestione del rischio.

9.6.1. La definizione delle zone

Nell'ambito del bunkeraggio di GNL, la definizione delle zone di controllo è un tema rilevante poiché contribuiscono nel fornire garanzie in termini di sicurezza durante il funzionamento. A livello normativo e tecnico, le zone di controllo sono definite nella norma ISO/TS 18683 ed EN ISO 20519 e prevedono 3 livelli di rischio decrescenti, zone di pericolo (hazardous zone), zona di sicurezza (*safety zone*) e area di monitoraggio e sorveglianza (monitoring and security area), cui si aggiungono, secondo quanto recentemente stabilito dalle Linee Guida SGMF, v2, 2017, altre due zone più esterne denominate zona marina e zona esterna.

Le zone di controllo vengono descritte di seguito e rappresentate graficamente in Figura 53.

La zona di pericolo consiste nello spazio tridimensionale in cui un'atmosfera infiammabile può esistere in qualsiasi momento. Le zone di pericolo, le quali rappresentano una caratteristica dell'impianto poiché descrivono un volume in cui un'atmosfera "esplosiva/infiammabile" sarà presente (in un determinato luogo con una certa frequenza di accadimento), non hanno distanze di riferimento e richiedono di prassi un calcolo specifico.



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



La zona di sicurezza, che sussiste solo durante il funzionamento del sistema di bunkeraggio di GNL, consiste nell'area tridimensionale intorno al sistema di trasferimento di GNL determinata dal risultato di una perdita, di un'emergenza durante lo scarico di GNL o di ritorno dei vapori che si verificano. Gli obiettivi connessi all'attuazione di una zona di sicurezza possono essere definiti come:

- controllo delle fonti di accensione al fine di ridurre la probabilità di innescare una nube di gas infiammabile dispersa dopo un rilascio accidentale di GNL o gas naturale durante il rifornimento
- limitazione dell'esposizione del personale non essenziale, durante la fase di bunkeraggio, in caso di effetti potenzialmente pericolosi (es: incendio)
- valutazione delle infrastrutture locali per l'individuazione di possibili punti di intrappolamento di gas, in cui la formazione di atmosfere esplosive sia più probabile in seguito al rilascio accidentale di GNL

Per il calcolo dell'estensione di queste zone, occorre fare riferimento alle norme ISO/TS 18683e ISO 20519 le quali riconducono i metodi di calcolo a due possibili approcci per la determinazione delle diverse zone, in modo analogo alla valutazione del rischio, ovvero l'approccio deterministico basato sul calcolo della distanza dalla condizione di limite inferiore di infiammabilità nel caso si verifichi il massimo rilascio credibile di GNL e l'approccio basato sul rischio o probabilistico.

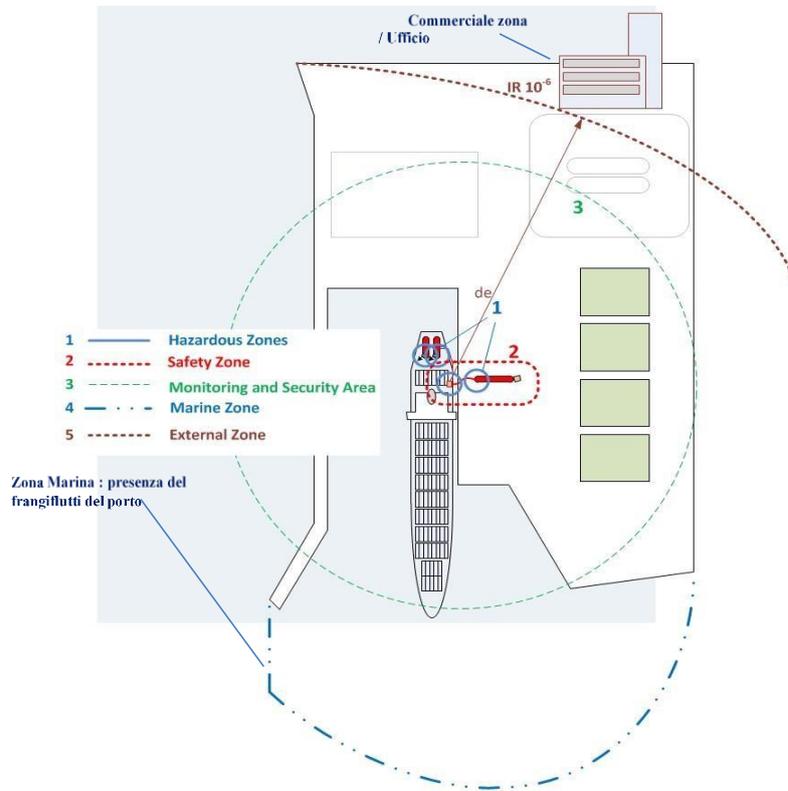
A differenza delle zone di pericolo e delle zone di sicurezza, determinate dalla probabilità di presenza di atmosfera esplosiva nelle rispettive zone di controllo e dalla necessità di mitigare il rischio di accensione ed escalation di incidenti, la zona di monitoraggio e di sicurezza affronta fattori esterni in quanto consiste nell'area circostante alla zona dove avviene il trasferimento di GNL che deve essere monitorata come misura precauzionale per evitare interferenze con l'operazione di trasferimento di GNL. Gli obiettivi della zona di monitoraggio e controllo sono pertanto:

- definizione di un'area in cui attivare il monitoraggio delle altre attività e operazioni in prossimità del luogo di bunkeraggio del GNL,
- identificazione dei potenziali rischi connessi all'operazione di bunkeraggio di GNL e derivanti dallo svolgimento delle attività in corso o previste nell'area portuale,
- definizione di un'area in cui sono possibili disposizioni speciali, per un periodo di tempo limitato, poco prima delle operazioni di bunkeraggio del GNL fino a poco dopo (dalla fase di pre-bunkeraggio alla post-bunkeraggio).

La zona marina è caratterizzata da dimensioni sufficienti per impedire che altre imbarcazioni colpiscano la nave durante le operazioni di trasferimento di GNL mentre la zona esterna consiste nella distanza da un livello di rischio definito che include luoghi in cui la popolazione ed il personale non addetto al GNL può trovarsi normalmente presente durante le attività di bunkeraggio.



Figura 53. Zone di controllo - Zona pericolose, di sicurezza, di monitoraggio, marina ed esterna



Fonte: Adattato da ISO / TS 18683 + LG SGMF

9.7. Applicazione preliminare in ambito portuale

Il lavoro sviluppato nell’ambito del prodotto T2.4.1 nell’ambito della valutazione del rischio delle diverse soluzioni tecnologiche di bunkering di GNL consistono nell’individuazione dei rischi, cui segue la fase di quantificazione di essi e la fase finale di valutazione dell’accettabilità del rischio.

In relazione alle diverse configurazioni di bunkering di GNL vengono individuati in modo sistematico tutti i pericoli legati all’attività in esame ed i fattori di rischio connessi (Tabella 65).

Tabella 65. Individuazione dei rischi per soluzione tecnologica

Tecnologia Realizzativa	Rischio individuato
SHIP TO SHIP:	Condizioni del mare avverse (collisione); Movimento brusco della nave che potrebbe causare una tensione eccessiva sul tubo flessibile di bunkeraggio (rottura tubazione); Perdita di GNL durante le fasi di carico/scarico; Incremento traffico marittimo; Rottura serbatoio criogenico; Innesco di incendio o esplosione del GNL fuoriuscito accidentalmente.
TRUCK TO SHIP:	Rottura serbatoio criogenico; Innesco di incendio o esplosione del GNL fuoriuscito accidentalmente; Effetto domino; Incremento traffico stradale; Vulnerabilità agli attacchi terroristici.
PORT TO SHIP VIA PIPELINE	Rottura serbatoio criogenico; Rottura tubazioni; Innesco di incendio o esplosione del GNL fuoriuscito accidentalmente;

TDI RETE-GNL

Tecnologia Realizzata	Rischio individuato
	Effetto domino; La vulnerabilità agli attacchi terroristici

Fonte: elaborazione di TECNOCREO

Tali rischi sono stati poi collocati in distinti macro-ambiti così da poter confrontare tra loro i risultati di valutazione preliminare: ambientale, impiantistico, sociopolitico, attività interferenti interne, incidentale esterno (Tabella 66).

Tabella 66. Suddivisione dei maggiori rischi in macro-ambiti

TIPO	AMBIENTALE	IMPIANTISTICO	SOCIO POLITICO	ATTIVITA' INTERFERENTI	INCIDENTALE ESTERNO
STS	Condizioni del mare avverse (collisione) Terremoti Maremoti	Rottura serbatoio criogenico Innesco di incendio o esplosione del GNL fuoriuscito Malfunzionamento sistemi di emergenza Perdita di GNL durante le fasi di carico/scarico	Vulnerabilità agli attacchi terroristici	Incremento traffico marittimo	Errori di manovra delle altre navi presenti
TTS	Effetto domino Terremoti Maremoti	Rottura serbatoio criogenico Innesco di incendio o esplosione del GNL fuoriuscito Malfunzionamento sistemi di emergenza Perdita di GNL durante le fasi di carico/scarico	Vulnerabilità agli attacchi terroristici	Presenza di attività logistica nell'area portuale (Attività di carico e scarico merci)	Possibili mezzi fuori controllo che entrino in collisione con l'impianto
PTS	Effetto domino Terremoti Maremoti	Rottura serbatoio criogenico Innesco di incendio o esplosione del GNL fuoriuscito accidentalmente Interferenza lavorazioni esterne Perdita di GNL durante le fasi di carico/scarico	Vulnerabilità agli attacchi terroristici	Collisioni con le strutture fisse dei mezzi di trasporto dediti alla logistica	Possibili mezzi fuori controllo che entrino in collisione con l'impianto Presenza di aziende ERIR in prossimità agli impianti

Fonte: elaborazione di TECNOCREO

Al fine di stimare il rischio per ogni categoria di pericolo individuato, il presente report ha realizzato una classificazione delle frequenze di accadimento e una classificazione dei danni (Tabella 67 e Tabella 68).

Tabella 67. Classificazione delle frequenze di accadimento

FREQUENZA F [Scenari/anno]	DEFINIZIONE	CLASSE	VALORE
F >= 1.0 E-03	Scenario non trascurabile	F1	5
1.0 E-04 <= F < 1.0 E-03	Scenario improbabile	F2	4
1.0 E-05 <= F < 1.0 E-04	Scenario raro	F3	3
1.0 E-05 <= F < 1.0 E-06	Scenario molto raro	F4	2
F < 1.0 E-06	Scenario estremamente raro	F5	1

Fonte: elaborazione di TECNOCREO da dati "General Guidance on Emergency Planning within the CIMAH regulation for chlorine installation CIA" – "Capitolo 2 dell'Allegato III al D.P.C.M. 31/03/89" – Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 9 maggio 2001, "Requisiti min"

**Interreg****MARITTIMO-IT FR-MARITIME**Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale*Tabella 68. Classificazione dei danni*

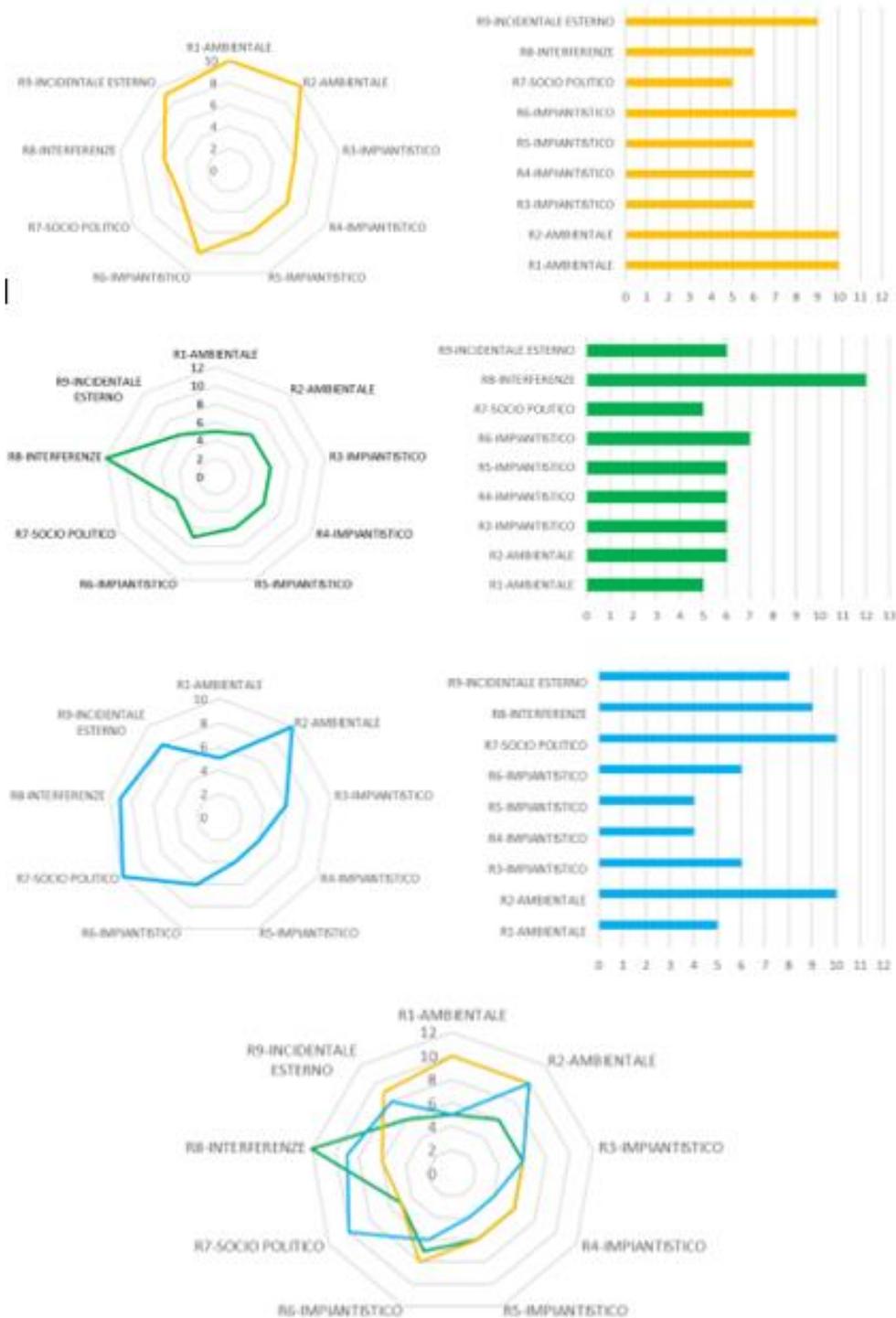
DEFINIZIONE CLASSE	CLASSE DI DANNO	VALORE
Elevata letalità in prossimità del rilascio (5 ÷ 15 m), inizio letalità entro i confini di impianto.	A	1
Elevata letalità entro i confini di impianto, inizio letalità entro i confini di proprietà, lesioni irreversibili fuori dalla proprietà, ma entro i confini portuali.	B	2
Elevata letalità entro la proprietà, inizio letalità nei pressi di uffici e sale controllo non bunkerizzate, effetti domino su grandi serbatoi e strutture elevate, lesioni irreversibili fuori dal confine portuale	C	3
Elevata letalità su aree industriali esterne alla proprietà, inizio letalità fuori dai confini portuali.	D	4
Elevata letalità su aree non industriali esterne al confine portuale, eventi che danno sovrappressioni eccedenti la pressione di progetto su sale controllo bunkerizzate, effetti domino su grandi serbatoi di stoccaggio liquefatti, inizio letalità su sistemi di protezione (pompe antincendio), inizio letalità su centri abitati.	E	5

Fonte: elaborazione di TENCOCREO su riferimento normativo Tab.2 D.M. 9/05/2001

Di conseguenza, il prodotto T2.4.1 rappresenta mediante “diagrammi di Kivat” o “diagrammi a radar” i risultati ottenuti al fine di mostrare la rilevanza di un certo fenomeno che aumenta più ci si allontana dal centro del diagramma (ovviamente su base teorica e con finalità puramente “esemplificativa”).

Per ogni configurazione tecnologica di bunkering di GNL, adottando necessariamente un approccio “teorico” finalizzato a proporre una metodologia da applicare poi ai singoli casi empirici rilevanti, viene realizzata una quantificazione dei rischi per ciascun macro-ambito e un “diagramma a radar” capace di identificare la maggiore o minore sensibilità del sistema rispetto ad un particolare macro-ambito di rischio. Di seguito i diagrammi a radar riferiti alle singole opzioni tecnologiche esaminate: STS, TTS e PTS (Figura 54).

Figura 54. Diagramma a Radar riferiti al bunkeraggio STS (arancione), TTS (verde) e PTS (celeste)



Fonte: elaborazione di TECNOCREO

Ciascun scenario incidentale identificato è stato classificato mediante una coppia di valori (frequenza e conseguenze) e conseguentemente posizionato all'interno di una delle tre regioni della matrice di accettabilità del rischio (A1, A2 e A3). In relazione al suo posizionamento, è stato quindi possibile

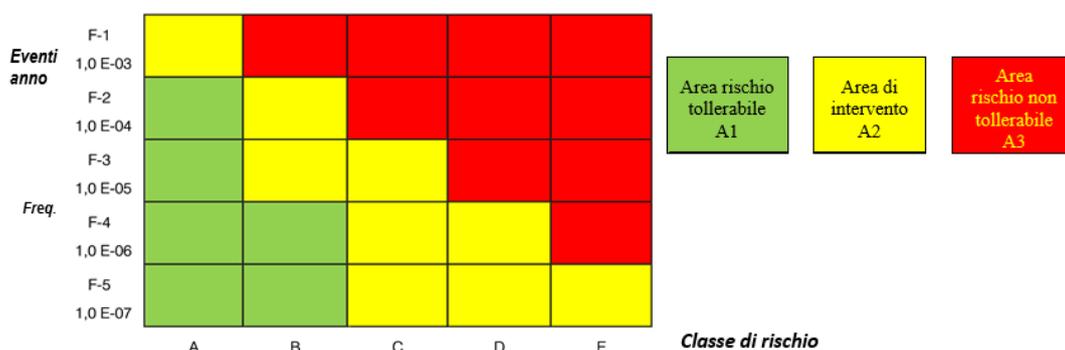
TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale"

classificare il rischio come tollerabile, oppure procedere alla definizione di un piano di miglioramento, atto alla riduzione del livello di rischio identificato. La combinazione della frequenza attesa di accadimento dello scenario e della severità delle conseguenze degli scenari stessi è stata quindi valutata mediante una matrice di rischio, nella quale sono state ipotizzate le tre aree di rischio:

- A1 area del rischio tollerabile, ovvero quando il rischio è da ritenersi già sufficientemente mitigato e quindi gestibile senza ulteriori interventi
- A2 area di intervento, ovvero quando occorre prevedere l'intervento con misure di prevenzione o mitigazione secondo il concetto ALARP/ALARA
- A3 area del rischio non tollerabile, ossia quando è necessario prevedere adeguati interventi sia di prevenzione che di protezione per la mitigazione del rischio ed il relativo monitoraggio del follow up nonché verifica di efficacia delle azioni correttive anche su installazioni similari

Figura 55 Matrice di accettabilità del rischio impiegata



Fonte: elaborazione di TECNOCREO

Tabella 69. Confronto dei rischi per ciascun macro-ambito

ID:RISK	Ambito di rischio	SHIP TO SHIP	TRUCK TO SHIP	PORT TO SHIP
R1	AMBIENTALE	10	5	5
R2	AMBIENTALE	10	6	10
R3	IMPIANTISTICO	6	6	6
R4	IMPIANTISTICO	6	6	4
R5	IMPIANTISTICO	6	6	4
R6	IMPIANTISTICO	8	8	6
R7	SOCIO POLITICO	5	5	10
R8	INTERFERENZE	6	12	9
R9	INCIDENTALE ESTERNO	9	6	8

Fonte: elaborazione di TECNOCREO

Tabella 70. Schema di valutazione del rischio da applicare nel bunkeraggio

N.	Fase	Tecnica	Documenti di base
1	Identificazione/selezione dell'evento incidentale	1. Analisi di operabilità (HAZOP) 2. Metodo ad Indici per identificazione di aree critiche 3. Analisi storica interna ed esterna	1. Schemi di processo, dati di progetto e di esercizio 2. Schemi di processo, dati di progetto e di esercizio 3. Raccolta di Informazioni da eventi storici interni allo stabilimento e da banche dati internazionali
2	Frequenza dell'evento Incidentale	1. Albero dei guasti (evento di processo) 2. Rilascio da linea/ apparecchiatura (evento random)	1. Ratei di guasto strumentazione e sistemi di processo 2. Ratei di guasto per perdite di natura random
3	Termini sorgente dell'evento incidentale	Definizione delle condizioni operative (composizione, pressione e temperatura) che governano la portata di rilascio di sostanza pericolosa	Schemi di processo, dati di impianto
4	Frequenza degli scenari incidentali alternativi	Albero degli eventi	Probabilità di innesco della sostanza pericolosa rilasciata in atmosfera
5	Conseguenza degli scenari Incidentali	Modellazione fisica delle conseguenze dei possibili scenari incidentali (incendio, esplosione, dispersione tossica)	Condizioni meteorologiche della zona, disponibilità di sistemi di rilevazione di sostanze pericolose in aria, presenza di sistemi di mitigazione e contenimento
6	Effetto domino (Domino interno e Domino Esterno)	Stima della possibile propagazione degli effetti di uno scenario di incendio (frequenze e conseguenze) in relazione a: 1. impianti/apparecchiature/personale interni allo stabilimento. 2. impianti/apparecchiature/personale su elementi territoriali limitrofi esterni allo stabilimento	1. Lay-out di impianto, analisi dei sistemi attivi e passivi di protezione antincendio, mappature scenari incidentali e relativa durata 2. Lay-out di stabilimento con indicazione degli elementi territoriali particolarmente vulnerabili e/o sensibili, mappature scenari incidentali e relativa durata
7	Scenari ambientali	Stima delle possibili conseguenze derivanti dal rilascio di sostanze ecotossiche	Caratteristiche del suolo e sottosuolo
8	Rischi naturali	Valutazione del rischio relativo a particolari eventi naturali (es. sisma, tornado, ecc.)	Analisi storiche correlate alla zona e bibliografia specializzata in materia.
9	Presentazione del rischio	Combinazione della frequenza e della conseguenza di ogni incidente.	Criteri di accettabilità del rischio.

Fonte: elaborazione di TECNOCREO

In ragione dell'analisi dei rischi svolta, occorre identificare anche altri aspetti da considerare in fase di valutazione di installazione di sistemi di bunkeraggio di GNL in ambito portuale nei porti dell'Area obiettivo. Caratteristiche come la prossimità di assi viari pubblici, di attività commerciali e residenziali e la presenza di altre navi che potrebbero impegnare la zona di sicurezza contraddistinguono, in particolare, tutte le aree portuali presenti nell'alto Mar Tirreno e nel Mar Ligure ma anche le realtà corse



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



e sarde. Di conseguenza, per rispondere alle esigenze in esame occorre intervenire per evitare pericoli. Ad esempio, laddove la zona di sicurezza viene attraversato da vie di comunicazione che non possono essere chiuse al traffico per lunghi periodi, la soluzione passa attraverso la creazione di specifici incroci semaforici. Invece, in caso di prossimità di attività commerciali e residenziali rispetto alla stazione di bunkeraggio di GNL, le operazioni di rifornimento dovrebbero preferibilmente avvenire durante i momenti di chiusura delle attività o comunque il più lontano possibile dalle ore di punta e massima affluenza. Inoltre, in presenza di altre navi nella zona di sicurezza o perché la stanno attraversando o perché stanno facendo rifornimento, è opportuno velocizzare l'attività di attraversamento della zona di sicurezza nel modo più sicuro possibile oppure creare una zona di esclusione marina.

In conclusione, l'analisi di rischio oggetto del presente prodotto T2.4.1 "Report classificazione ed esame del rischio impianti GNL in ambito portuale" costituisce senza dubbio un elemento prioritario di tutela per tutta la comunità interessata dal singolo progetto di bunkering di GNL, ma rappresenta anche un notevole supporto volto ad ottenere accettabilità sociale.

10. SCHEDA DI SINTESI DEL PRODOTTO T2.4.2 (“DATABASE INCIDENTI E RISCHI”)

Il prodotto T2.4.2 si pone l’obiettivo di mappare i principali eventi di rischio e/o effettivi incidenti che si siano realizzati nel corso della storia in relazione alla gestione di infrastrutture per il GNL o mezzi a propulsione GNL, allo scopo di incrementare il livello di conoscenza in merito ai possibili rischi collegati a questo tipo di tecnologia. Le suddette attività di ricerca, in particolare, consentono di apprezzare le differenze che sussistono rispetto all’handling di altri dangerous goods, quali per esempio il GPL e di favorire una maggiore consapevolezza sociale da parte della collettività e dei gruppi di interesse rispetto alla tematica in oggetto e alle proprietà fisiche e chimiche del GNL, focalizzandosi sulle applicazioni in ambito marittimo portuale.

Alla predisposizione del report finale in oggetto hanno contribuito, in linea con quanto previsto a formulario i partner di progetto nelle modalità di seguito indicate:

- P1/CF (UNIGE-CIELI): coordinamento delle attività dei partner e dei relativi consulenti; definizione del modello concettuale, della struttura e dei contenuti del DB sottostante al Prodotto T.2.4.2; predisposizione della versione integrata finale del Prodotto T2.4.2 a partire dai documenti di seguito indicati; predisposizione della scheda di sintesi del Prodotto T2.4.2;
- P2 (UNIPI): Validazione del Prodotto finale T2.4.2; Validazione della scheda di sintesi del Prodotto finale T2.4.2.
- P3 (UNICA): Supporto al P1/CF in merito alla definizione del modello concettuale, della struttura e dei contenuti del DB sottostante al Prodotto T.2.4.2; Realizzazione del “Database incidenti e rischi” e realizzazione dei capitoli 1, 3 e 4 del Prodotto finale T2.4.2, mediante l’assegnazione di specifico contratto a Enterprise Shipping Agency Srl con D.D. n.356/2020 dell’11/06/2020; Validazione del Prodotto finale T2.4.2; Validazione della scheda di sintesi del Prodotto finale T2.4.2.
- P4 (OTC): Validazione del Prodotto finale T2.4.2; Validazione della scheda di sintesi del Prodotto finale T2.4.2.
- P5 (CCIVAR): Realizzazione dei capitoli 2 e 5 con il supporto del consulente Technip FMC; Validazione del Prodotto finale T2.4.2; Validazione della scheda di sintesi del Prodotto finale T2.4.2.

La predisposizione e la realizzazione sia della versione finale del Prodotto T2.4.2 che della scheda di sintesi del medesimo prodotto hanno beneficiato anche di una serie di altri documenti e report predisposti dai partner e dai relativi consulenti.





Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



10.1. Finalità del prodotto T2.4.2

Il prodotto T2.4.2 “Database incidenti e rischi” incluso nel progetto TDI RETE-GNL nell’ambito del programma Interreg Italia-Francia Marittimo 2014-2020 è un documento al cui interno sono analizzati i principali eventi di rischio e/o incidenti effettivamente avvenuti nel corso degli anni, con particolare riferimento alla gestione di infrastrutture per il GNL o di mezzi a propulsione GNL. L’attività di ricerca proposta all’interno di questo prodotto consente inoltre di apprezzare il paragone e le relative differenze per quanto riguarda la gestione di altre sostanze considerate pericolose, quali ad esempio il GPL. Il lettore potrà quindi approfondire le sue conoscenze in relazione alla tematica del GNL e dei rischi connessi alla sua gestione in ambito marittimo portuale, anche attraverso un’analisi di dati storici.

10.2. Classificazione dei diversi tipi di rischi e pericoli

Nel Prodotto T2.4.2 viene impiegata la classificazione dei rischi connessi alla gestione del GNL proposta dalla Camera di Commercio e Industria del VAR (CCIVAR) e successivamente integrata con quella sviluppata dal soggetto P1/CF (UNIGE-CIELI), con il supporto del consulente esterno TECNOCREO SRL, ed impiegata per effettuare il labeling degli eventi esaminati all’interno del Database cui il Prodotto T2.4.2. si riferisce. In tal senso si propone una prima classificazione dei rischi e pericoli potenzialmente connesse al GNL, in 3 macro-tipologie (pericoli legati a caratteristiche chimico-fisiche del prodotto, rischi operativi e rischi ambientali) e successivamente si richiama la classificazione di dettaglio conforme alla documentazione di progetto.

Nell’analizzare i pericoli associati al prodotto, dapprima sono sinteticamente descritte le caratteristiche della composizione molecolare del GNL e i processi che le sue componenti subiscono durante il passaggio tra fase gassosa e fase liquida; il GNL possiede inoltre proprietà fisiche diverse in base alla sua origine e al luogo di estrazione.

Proseguendo con l’analisi dei pericoli associati al prodotto, si evidenzia che il GNL è un liquido infiammabile, così come i suoi vapori, e pertanto vengono analizzati i seguenti fattori:

- **Campo di infiammabilità:** all’interno di una miscela metano/aria, essa è suscettibile di infiammarsi solo qualora la sua concentrazione sia compresa indicativamente tra il 5% e il 15%; questi valori sono attendibili se il contesto prevede condizioni ambientali, in caso di modificazioni di temperatura e pressione i dati possono subire variazioni.
- **Sensibilità all’accensione:** il documento evidenzia come il GNL, rispetto ad altre sostanze, sia decisamente meno sensibile all’accensione, motivo per il quale è considerato di livello “basso” in termini di infiammabilità e di livello “medio” per quanto riguarda la sua reattività. In generale più è bassa la temperatura della miscela metano/aria e maggiore sarà l’energia necessaria per accendere la miscela stessa
- **Energia rilasciata e tasso di combustione:** per quanto riguarda il fenomeno delle esplosioni, il metano è classificato come gas “a bassa reattività” e la velocità di combustione è minore rispetto a gas come il propano o l’idrogeno

Il Prodotto T2.4.2, successivamente, approfondisce le specificità dei rischi/pericoli che originano dai “processi”, ossia che sono collegati alla gestione operativa del GNL per le attività di bunkering e storage in ambito portuale. Rilevante in tal senso la suddivisione in pericoli legati alla fase di trasferimento e pericoli legati alla fase di stoccaggio del gas. Esistono poi specificità connesse alla condizione pressurizzata o non pressurizzata che caratterizza il GNL nell’ambito della gestione delle suddette operations.

Per quanto riguarda i rischi legati alla fase di trasferimento, viene presa in considerazione la casistica di eccessivo riempimento dell’unità ricevente che può portare ad una gamma di scenari che vanno dalla

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 “Studio per un piano d’azione congiunto per il GNL in ambito portuale”

presenza di leggere fuoriuscite di liquido senza conseguenze fino ad arrivare al danneggiamento (talvolta rottura) dell'unità ricevente. Inoltre, le operazioni di bunkering coinvolgono almeno un'unità mobile e ciò comporta il rischio di eventuali rotture del sistema di collegamento, con conseguente sversamento del liquido in mare o a terra: il contatto con l'acqua e il repentino cambio di temperatura potrebbe causare diversi pericoli e potenziali incidenti.

I pericoli legati allo stoccaggio del GNL in forma pressurizzata derivano dal fatto che questo è conservato a determinate temperature e ad una determinata pressione. In caso di perdita di contenimento possono configurarsi diversi scenari a seconda che la perdita avvenga in maniera più repentina o più graduale. In caso di infiammazione concomitante, gli effetti di pressione legati ad una perdita di contenimento potrebbero espandere molto velocemente le fiamme.

I pericoli legati invece allo stoccaggio di GNL in forma non pressurizzata sono riconducibili ad eventi che comportino uno shock termico legato a perdita di contenimento o flusso incontrollato, dove il gas passa da una temperatura di circa -160°C a temperature più vicine rispetto a quelle dell'ambiente circostante. Questi intensi trasferimenti di calore possono dar vita a diversi fenomeni che indeboliscono il metallo e le strutture in cui il GNL è contenuto, soprattutto se agiscono su ampie superfici come potrebbe essere ad esempio lo scafo di una nave, provocando così possibili perdite e fuoriuscite.

La classificazione dei pericoli, infine, prevede i pericoli legati a fattori ambientali. Questi sono ulteriormente suddivisi in pericoli legati a condizioni naturali quali terremoti, fulmini o allagamenti; tali fenomeni devono essere inseriti in un'analisi del rischio e ad essi dovranno essere accompagnate misure specifiche di prevenzione nel caso si verificano tali eventi. Le misure di prevenzione riguardano soprattutto il dimensionamento dell'impianto e la sua localizzazione, tenendo conto delle normative a livello nazionale e internazionale.

Gli ulteriori pericoli legati a fattori ambientali sono quelli che riguardano la presenza di attività antropiche nelle vicinanze degli impianti e dei siti dove avvengono le operazioni di trasferimento. Tra queste attività sono espressamente menzionate il trasporto e le attività industriali, le quali portano implicazioni soprattutto a livello localizzativo, al fine di evitare incidenti legati alla presenza di tali attività o di contenere gli effetti di un incidente senza che questo si espanda ad altri siti creando così un "effetto domino".

10.3. Classificazione dei rischi adottata nel Database e altri profili metodologici

Nel paragrafo 3 del Prodotto T2.4.2 vengono descritti tutti i profili metodologici connessi alle 17 variabili che compongono il framework concettuale su cui poggia la realizzazione del Database. Ogni variabile inclusa nel DB viene debitamente descritta e la relativa categorizzazione spiegata una breve descrizione della stessa.

- ✓ **Data dell'evento (anno):** anno in cui si è verificato il rischio/incidente.
- ✓ **Macro Tipologia dell'evento (rischio/incidente):** tipologia di evento, classificato o come rischio, se non si è verificato alcun danno materiale o a terzi, o come incidente, se si sono verificati danni materiali o a terzi.
- ✓ **Nazione:** nazione in cui si è verificato il rischio o incidente.
- ✓ **Porto/nave/terminal di rifornimento:** nome del porto, della nave o dell'infrastruttura oggetto del rischio/incidente.
- ✓ **Luogo:** coordinate geografiche, latitudine e longitudine, in cui si è verificato l'incidente.
- ✓ **Nave LNG/Tipologia impianto:** nome della nave o dell'impianto oggetto del rischio/incidente.



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



- ✓ **Tipologia impianto:** tipologia di asset/infrastruttura oggetto del rischio/incidente (deposito, nave, terminal, gasdotto, impianto di liquefazione, impianto di esportazione, laboratorio, nave, terminal).
- ✓ **Grado rischio/incidente:** grado di rischio dell'evento, basso-alto-medio, dipendente per lo più dal tipo di rischio/incidente chimico verificatosi ma anche dal numero di vittime, feriti e dall'entità dei danni materiali.
- ✓ **Operational risk/accident:** fase produttiva in cui si verifica il rischio (at sea, carico/scarico, terminal, deposito, docking, in port, LNG deposit, building LNG infrastructure).
- ✓ **Chemical risk/accident:** tipo di rischio/incidente chimico verificatosi; 11 tipi di rischi/incidenti chimici evidenziati (vedi par. 3).
- ✓ **Descrizione dell'evento:** sintetica descrizione dell'evento in cui vengono trattati i fatti principali, tra cui il luogo, le cause, il rischio chimico e operativo, le implicazioni.
- ✓ **Cause:** causa del rischio/incidente (collisione, errore umano, evento naturale, guasto all'attrezzatura (ship/terminal/deposit), incaglio).
- ✓ **Implicazioni/conseguenze:** severità del rischio/incidente, classificato su una scala da 1 a 5 a seconda che si tratti di rischio o incidente, e in quest'ultimo caso se si siano verificati danni materiali, feriti, vittime o nessun evento di questi elencati.
- ✓ **Numero vittime:** numero di vittime coinvolte nell'incidente.
- ✓ **Numero feriti:** numero di feriti coinvolti nell'incidente.
- ✓ **Danni agli impianti:** variabile che può assumere valore "sì" o "no" a seconda del fatto che si sia verificato il danno materiale oppure no.
- ✓ **Rilascio/sversamento LNG:** variabile che può assumere valore "sì" o "no" a seconda del fatto che si sia verificato il rilascio o sversamento di GNL oppure no.

In relazione al "Database incidenti e rischi" si è optato per la categorizzazione dei rischi del rischio già utilizzata nell'ambito del prodotto T.2.4.1. proposta dal CF congiuntamente con la consulenza esterna di "Tecnocreo SRL" e valutata da tutto il partenariato. La suddetta classificazione include:

- **Gas di evaporazione (boil-off gas):** sono adottate soluzioni tecniche per il recupero del BOG (Boil-Off Gas) al fine di evitare l'emissione di gas naturale durante le normali procedure di trasferimento o in caso di eventi eccezionali. Il BOG è prodotto dall'evaporazione del gas naturale quando quest'ultimo subisce gli effetti di un trasferimento di calore dall'esterno; nel BOG sono presenti piccole tracce di componenti infiammabili più pesanti rispetto alla miscela.
- **Contatto con il GNL:** il GNL, a pressione atmosferica, si mantiene allo stato liquido fino a -162°C; pertanto, in quanto liquido criogenico, in caso di esposizione e contatto col corpo può causare le cosiddette "ustioni da gelo" e altri effetti dannosi per la salute umana. Inoltre, il contatto tra GNL e altre strutture o equipment non adatti a sopportare temperature criogeniche (es. scafo della nave) può portare a gravi danneggiamenti e rotture degli stessi.
- **Stratificazione e roll-over:** il fenomeno del roll-over si verifica quando due volumi di GNL a diversa densità vengono a contatto nello stesso recipiente. A quel punto il GNL con densità maggiore tenderà a stratificare sul fondo con conseguente incremento brusco della velocità di evaporazione che porterà ad un aumento rapido della pressione nel serbatoio. Tale contesto viene mitigato con appositi sistemi di valvole di sfogo, le quali se non sono gestite mediante appositi componenti e procedure possono comportare gravi pericoli per il personale e le strutture circostanti
- **Sloshing:** il fenomeno dello sloshing avviene quando le cisterne non sono completamente piene e il liquido presente all'interno di esse, per via del moto ondoso, impatta con elevate pressione sulle superfici con potenziali gravi danni alla struttura.

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale"



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



- **Transizione Rapida di Fase (RPT o Rapid Phase Transition):** il fenomeno consiste in un cambiamento rapido di fase di un liquido in vapore; si verifica quando due liquidi con temperature molto diverse vengono a contatto, come può essere ad esempio il caso del GNL che si riversa in mare. Questa trasformazione improvvisa rilascia una quantità di energia tale da provocare onde di pressione analoghe a quelle di un'esplosione.
- **BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion):** il fenomeno del BLEVE si riferisce all'esplosione dei vapori che si espandono a causa dell'ebollizione di un liquido, ossia una tipologia di esplosione che avviene in concomitanza con la rottura di un recipiente in pressione. Può verificarsi in caso di rapida fuoriuscita o di impatto con formazione di frammenti che possono proiettati a causa dell'onda d'urto
- **Esplosione di nube di vapore (VCE o Vapour Cloud Explosion):** è il fenomeno per cui una grande quantità di vapore di GNL viene innescata in un ambiente confinato, provocando un'esplosione. Il GNL, quando si scalda a contatto con l'aria, si mescola con la stessa e inizia a disperdersi creando una nuvola di vapore. Se la concentrazione di questa rientra nel campo di infiammabilità e viene a contatto con una fonte di accensione, allora è soggetta ad esplosione.
- **Jet fire, pool fire, flash fire:** in caso di rilascio di GNL, l'innescò immediato del GNL comporta l'origine di un "jet fire" (anche noto come "spray fire") o un "pool fire", in funzione della fase rilasciata e della frazione di liquido in grado di accumularsi sul terreno. Se non accadono tali eventi la dispersione del getto di gas o l'evaporazione della pozza di materiale infiammabile creano una nube infiammabile in grado di originare, in caso di innescò ritardato, un "flash fire". Si parla di "jet fire" o "spray fire" per indicare la formazione di un getto di fuoco dalla diffusione piuttosto violenta. Il fenomeno viene generato a partire dall'ignizione di una miscela composta da un comburente e un combustibile gassoso rilasciato in modo continuativo, mediante una forza significativa, in una o più direzioni.
Al contrario, in caso di innescò ritardato ha luogo il fenomeno di flash fire, ossia il fenomeno di combustione "rapida" non esplosiva originata a partire dalla formazione di una nube di gas in un ambiente in cui la concentrazione di GNL supera il Lower Flammable Limit.
- **Asfissia:** il gas naturale può risultare asfissiante perché contribuisce a diminuire la percentuale di ossigeno nell'aria, sostituendosi direttamente ad esso. Il rischio di asfissia appare più elevato quando ci si trovi in spazi chiusi oppure in presenza di un rilascio consistente di gas in un'area aperta ma in netta prossimità di persone.
- **Terrorismo:** sono numerosi gli atti di violenza o di terrorismo alle strutture e agli impianti che trattano il GNL. Tuttavia, secondo le regole e le normative imposte, i serbatoi a terra necessitano di significative quantità di energia per la loro manomissione, pertanto la probabilità del rischio che si verifichino attacchi terroristici è connessa al caso di incendio piuttosto che a quello di un'esplosione. Per ridurre i rischi di danni a persone, strutture e attrezzature, è fondamentale definire apposite distanze di sicurezza e specifiche procedure autorizzative per l'accesso alle zone più sensibili e critiche, oltre che ispezioni, pattugliamenti, piani di sicurezza in caso di breccia nella sicurezza e sistemi di comunicazione di emergenza.
- **Terremoti:** la valutazione dei rischi deve considerare l'eventuale attività sismica presente nella zona in cui sorge l'impianto e tale valutazione deve essere effettuata in fase progettuale.

La sezione dopo aver esaminato gli approcci metodologici impiegati e aver descritto le principali fonti di dati consultate per realizzazione il DB in oggetto evidenzia come il sample finale sia rappresentato da 83 osservazioni a livello mondiale in relazione a eventi rischiosi, incidenti o situazioni di rischio potenziale che hanno avuto luogo dal 1944 e il 2020. La sezione richiamata fornisce ulteriori approfondimenti a descrizione della struttura logica del DB medesimo.

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale"

10.4. Sintesi dei principali risultati emersi

Nel Prodotto T2.4.2 vengono poi esaminati alcuni dei principali profili rilevanti connessi all'esame dei rischi e degli incidenti riconducibili alla gestione di infrastrutture per il bunkering e lo storage di GNL o con riferimento a mezzi di trasporto di qualunque tipo che impiegano questo tipo di combustibile per la relativa propulsione.

I dati storici sulle osservazioni di incidenti e rischi tra il 1944 e il 2020 in ambito marittimo-portuale legati al GNL evidenziano che, nonostante siano stati fatti notevoli passi avanti sul profilo della safety & security, vi è stato un incremento parziale di questi eventi. Tuttavia, tale dato è probabilmente riconducibile all'aumento della produzione e commercio di tale commodity negli ultimi dieci anni, oltre che ad una maggiore trasparenza comunicativa e maggiore visibilità a livello mediatico in relazione a tali eventi.

L'analisi delle 83 osservazioni presenti nel DB ha mostrato come 74 di esse siano riconducibili ad incidenti effettivamente avvenuti e 9 a rischi che non si sono in alcun modo concretizzati. Gli eventi in oggetto sono anche categorizzati in base al livello di rischio e al livello di impatto (basso, medio, alto). Sotto questo profilo, i risultati dell'analisi mostrano come il 75% delle osservazioni è classificabile come a rischio/impatto "medio-basso", mentre il restante 25% con rischio/impatto "alto". E' però doveroso precisare che la maggior parte degli eventi ad alto rischio si riferiscono a eventi accaduti prima del 2000, a testimonianza del fatto che successivamente vi è stato un significativo innalzamento degli standard tecnologici e una maggiore formazione in merito alla definizione di procedure e best practices connesse ai profili di safety&security.

La Figura 56 mostra, in linea generale, la correlazione tra categorizzazione del rischio e la tipologia di rischio associato alla gestione del GNL:

Figura 56: Correlazione classe di rischio e tipologia di rischi chimici

Rischio specifico	Classe di rischio
<i>Sloshing</i>	Rischio alto
<i>Bleve</i>	Rischio alto
<i>Esplosione nube di vapore</i>	Rischio alto
<i>Fire (jet, pool, flash)</i>	Rischio alto
<i>Asfissia</i>	Rischio basso
<i>Terrorismo</i>	Rischio basso
<i>Terremoti</i>	Rischio basso
<i>Gas di evaporazione</i>	Rischio medio
<i>Contatto</i>	Rischio medio
<i>Roll-over</i>	Rischio medio
<i>Transizione rapida di fase</i>	Rischio medio

Fonte: Ns. elaborazioni su DB rischi e incidenti.

L'analisi dei risultati emersi evidenzia come la tipologia prevalente di rischi chimici connessi al GNL ricade nella categoria "contatto con il GNL", seguita dalla categoria "esplosione nube di vapore e incendio".

Per quanto riguarda invece la classificazione dei rischi/incidenti in base alla fase operativa in cui questi si sono verificati, l'analisi dei dati suggerisce che le fasi del ciclo marittimo-portuale maggiormente interessate da eventi di questo tipo siano principalmente quelle di carico/scarico del GNL, le operazioni terminaliste negli impianti di rigassificazione e liquefazione e casistiche relative alla navigazione in mare aperto.

Per ciò che concerne invece le cause dei rischi/incidenti nella gestione del GNL in ambito portuale, le cause preponderanti sono i guasti alle attrezzature dei terminal e delle navi e le collisioni tra navi. Tale osservazione pone l'attenzione sulla necessità di dotarsi di equipment all'avanguardia ma anche sul livello di professionalità degli operatori economici coinvolti, sulla definizione di procedure per la safety & security in linea con le più aggiornate tecniche di settore e la previsione di continui corsi di formazione a supporto del personale impiegato nelle attività in questione.

Il gruppo di lavoro di ESA poi ha analizzato anche le implicazioni/conseguenze dei rischi/incidenti secondo una scala di intensità che va da 1 a 5 come di seguito riportato in Figura 57.

Figura 57: Classificazione delle implicazioni/conseguenze dei rischi/incidenti nella gestione del GNL

Implicazioni/conseguenze	Definizione
1	Non si tratta di incidente ma di rischio
2	Incidente senza vittime/feriti/danni
3	Incidente con danni
4	Incidente con feriti ma non vittime
5	Incidente con vittime

Fonte: Ns. elaborazioni su DB rischi e incidenti.

I dati mostrati nella figura seguente (Figura 58) evidenziano come più del 50% degli eventi mappati sia classificato come incidente di grado terzo (danni materiali verso strutture materiali); nel 10% degli incidenti si sono registrate vittime, mentre nel 20% dei casi, l'evento è classificato come incidente senza vittime/feriti/danni.

Figura 58: Grado di severità delle implicazioni/conseguenze da rischi/incidenti della gestione del GNL

Grado Implicazioni/conseguenze	Numero
Livello 3	48
Livello 5	12
Livello 1	9
Livello 2	9
Livello 4	5
Totale complessivo	83

Fonte: Ns. elaborazioni su DB rischi e incidenti.

L'analisi del DB prosegue mostrando i dati relativi agli eventi con vittime e senza vittime, evidenziando un numero di morti relativamente basso se rapportato all'orizzonte temporale delle osservazioni. Anche il numero di feriti legati a rischi/incidenti connessi alla gestione del GNL segue lo stesso trend di quello delle vittime.

I dati che mostrano invece i danni conseguenti a rischi/incidenti nella gestione del GNL suggeriscono come in molti casi gli eventi in esame abbiano determinato danni materiali mentre in circa la metà dei casi è verificato solo uno sversamento di GNL senza conseguenze.

L'ultima analisi effettuata sul DB riguarda l'area geografica in cui tali eventi rischiosi o incidenti si sono verificati più frequentemente: USA, Algeria e Giappone sono i paesi che registrano un maggior

numero di casi; tali numeri sono da associare al fatto che i primi due stati sono importanti paesi importatori ed esportatori, mentre in Giappone sono presenti i maggiori impianti di lavorazione.

10.5. Un esempio di applicazione di analisi del rischio: il caso francese

Nell'ultimo capitolo del Prodotto T2.4.2. viene proposta un'applicazione dell'analisi del rischio focalizzata sulle specificità del contesto francese, secondo metodologie e standard replicabili ai contesti portuali italiani di interesse.

Sotto questo profilo, dopo aver chiarito i profili introduttivi connessi alla metodologica utilizzata e ai criteri usati per la valutazione dei rischi (probabilità o frequenza che il rischio si tramuti in incidente o evento pericoloso; gravità degli effetti associati ad incidenti o altri fenomeni riconducibili al rischio), il Prodotto T2.4.2 riporta modelli empirici per la valutazione del rischio mediante l'impiego della matrice MMR¹⁷, utilizzata in Francia.

Le frequenze sono indicate, come unità universale, in "casi per anno" mentre i livelli di gravità vengono classificati in base a:

- la gamma o la distanza degli effetti
- il numero di persone esposte agli effetti

Nel documento in particolare la gravità dell'effetto sarà misurata in base alla distanza (espressa in m) e tenendo conto di alcune soglie proposte nella Tabella 71.

Tabella 71: Livelli di effetto critici basati su esposizioni pericolose

Tipo di effetti	Soglia per i cosiddetti effetti letali significativi o SELS	Soglia di 1° effetti letali o SEL	Soglia per effetti irreversibili letali (non letali) o SEI
Terminali a causa di un'esposizione superiore a 2 minuti	8 kW/m ²	5 kW/m ²	3 kW/m ²
Terminali a causa di un'esposizione inferiore a 2 minuti	1800 (kW/m ²) ^{4/3} .s	1000 (kW/m ²) ^{4/3} .s	600 (kW/m ²) ^{4/3} .s
Termico dovuto a VCE	Distanza dal LIE	Distanza dal LIE	La distanza dal LIE è aumentata del 10%.
Meccanica dovuta alla sovrappressione	20 kPa	14 kPa	5 kPa

Fonte: CCI del VAR, 2020 ("Lotto 3 – Analisi dei rischi degli impianti GNL nelle aree portuali")

In relazione alla tabella richiamata si precisa che:

- la soglia SELS corrisponde al 5% dei possibili effetti letali per una popolazione esposta a questa soglia,
- la soglia SEL corrisponde all'1 % dei possibili effetti letali o del verificarsi di effetti letali per una popolazione esposta a questa soglia,
- la soglia SEI corrisponde di solito agli effetti con postumi per una popolazione esposta a tale soglia

¹⁷ L'acronimo MMR significa "Mesure de Maîtrise des Risques", ossia misurazione del controllo del rischio

Successivamente il documento descrive le ipotesi e gli approcci di calcolo per le distanze d'effetto, specificando l'utilizzo del software PHAST al fine di implementare il modello. Tra le ipotesi analizzate vi sono:

- Flusso alla falla
- Vaporizzazione con spargimento a terra
- Vaporizzazione con spargimento in acqua
- Dispersione atmosferica
- Vapour Cloud Explosion (VCE)
- BLEVE

Tutte le suddette ipotesi sono analizzate maggiormente nel dettaglio all'interno del documento.

Le distanze d'effetto relative ai fenomeni di BLEVE, VCE o jet fire sono elencate nel documento mediante apposite tabelle che distinguono il volume di GNL coinvolto, il contesto tipico in cui questi fenomeni potrebbero verificarsi, nonché i dati relativi alle soglie SELS, SEL e SEI elencate in precedenza.

Per quanto riguarda invece l'analisi dell'altra dimensione utilizzata nella valutazione del rischio, ossia la frequenza degli eventi pericolosi, il documento distingue il caso di un fenomeno BLEVE rispetto all'approccio generale utilizzato in caso di perdite.

Le banche dati di riferimento per i valori guida di frequenza sono riconducibili essenzialmente al documento olandese "Manuale di Riferimento Bevi Valutazione del rischio" (RIVM, 2009), e al documento HSE del Regno Unito "Failure Rate and Event Data for use within Risk Assessment (HSE, 2012)", oltre ai feedback forniti da SHELL sulla base delle indicazioni proposte dai suoi clienti.

I dati sulla frequenza degli eventi pericolosi sono poi riassunti mediante apposite tabelle presenti nel documento in cui sono indicati:

- le condizioni di stoccaggio del GNL (pressurizzato o non pressurizzato)
- la tipologia di fenomeno o evento pericoloso associato
- il contesto in cui tali fenomeni o eventi potrebbero verificarsi
- le classi di frequenza associate

Il capitolo si conclude con una sintesi dei dati dell'analisi del rischio riportata sotto forma di tabella in cui vengono indicate:

- le condizioni di stoccaggio del GNL (pressurizzato o non pressurizzato)
- la tipologia di fenomeno o evento pericoloso associato
- il contesto in cui tali fenomeni o eventi potrebbero verificarsi
- le distanze d'effetto suddivise in base alle soglie SELS, SEL e SEI
- le classi di frequenza associate

Si rimanda alla versione integrale del documento per l'esame di dettaglio delle suddette tabelle e dei relativi contenuti tecnici puntuali.

11. SCHEDA DI SINTESI DEL PRODOTTO T2.4.3 (“LINEE GUIDA METODOLOGIA LCA NEI SISTEMI DI VALUTAZIONE AMBIENTALE”)

Il prodotto T2.4.3 “Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale”, incluso nel progetto TDI RETE-GNL nell’ambito del programma Interreg Italia-Francia Marittimo 2014-2020, prevede la realizzazione di un report di sintesi volto alla definizione delle linee guida per l’applicazione della metodologia Life Cycle Assessment (LCA) con specifico riferimento alla realizzazione e gestione di impianti per il bunkering e lo storage di GNL in ambito marittimo-portuale, al fine di considerare secondo una logica di “ciclo di vita” complessivo delle facilities medesime, i possibili rischi e criticità atte a impattare sotto il profilo ambientale. La ratio di questo tipo di attività di ricerca tecnica è ovviamente quello di assicurare il massimo livello di sicurezza e di tutela delle comunità locali e delle diverse categorie di stakeholders che si trovino in prossimità degli impianti medesimi. L’intento del Prodotto T2.4.3, infatti, è quello di identificare i più corretti sistemi di valutazione dell’impatto e delle criticità ambientali connessi alle varie configurazioni di bunkering, nonché possibili spunti per l’accettazione sociale del GNL quale combustibile alternativo.

Nell’ambito del Prodotto T2.4.3 il ruolo dei diversi partner può essere così sinteticamente descritto:

- P1 (UNIGE-CIELI): definizione del framework concettuale; realizzazione del prodotto ad opera del consulente esterno TECNOCREO; esame di dettaglio della documentazione da parte del CF funzionale a verificarne la coerenza rispetto alle altre attività di progetto; fine-tuning del documento e realizzazione della scheda di sintesi.
- Partner P4 (OTC): Il partner P4, con il supporto del relativo consulente esterno (Tractebel, Engie, Elengy e Seeup) ha realizzato un report (Allegato 1 al Prodotto T.2.4.3) di notevole rilevanza che esamina l’ambito di applicazione dell’LCA in ambito marittimo portuale, la metodologia di applicazione, le definizioni e riferimenti, gli obiettivi, linee guida metodologiche, i dati in ingressi, le risorse umane e tecniche, le possibili applicazioni e limitazioni nonché le logiche di interpretazione delle stesse.
- P2 (UNIFI), P3 (UNICA), P5 (CCIVAR): supporto al CF nella definizione del framework concettuale per la realizzazione del prodotto; controllo e validazione della documentazione prodotta dal consulente esterno del CF.

Si precisa che le sezioni del Prodotto T2.4.3 sono state predisposte dal consulente esterno TECNOCREO a supporto del CF UNIGE-CIELI in virtù dell’affidamento del servizio di attività di ricerca per la valutazione delle esternalità e dell’impatto ambientale nell’ambito del Progetto Europeo INTERREG ITA-FRA Marittimo 1420 “Technologie e Dimensionamento di Impianti per la RETE di distribuzione primaria di GNL nei porti dell’area transfrontaliera” (CIG 7980625C14), a cui vanno attribuiti i Capitoli 2, 3, 4, 5 del Prodotto T.2.4.3 nonché dal Partner P4 (OTC) e dal relativo consulente esterno (Tractebel, Engie, Elengy e Seeup) a cui va attribuito l’Allegato 1 al Prodotto T.2.4.3.





Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



11.1. Finalità del prodotto T2.4.3

Il prodotto T2.4.3 “Linee guida metodologia LCA nei sistemi di valutazione ambientale”, incluso nel progetto TDI RETE-GNL nell’ambito del programma Interreg Italia-Francia Marittimo 2014-2020, prevede la realizzazione di un report di sintesi volto alla definizione delle linee guida per l’applicazione della metodologia Life Cycle Assessment (LCA) con specifico riferimento alla realizzazione e gestione di impianti per il bunkering e lo storage di GNL in ambito marittimo-portuale, al fine di considerare secondo una logica di “ciclo di vita” complessivo delle facilities medesime, i possibili rischi e criticità atte a impattare sotto il profilo ambientale. La ratio di questo tipo di attività di ricerca tecnica è ovviamente quello di assicurare il massimo livello di sicurezza e di tutela delle comunità locali e delle diverse categorie di stakeholders che si trovino in prossimità degli impianti medesimi. L’intento del Prodotto T2.4.3, infatti, è quello di identificare i più corretti sistemi di valutazione dell’impatto e delle criticità ambientali connessi alle varie configurazioni di bunkering, nonché possibili spunti per l’accettazione sociale del GNL quale combustibile alternativo. Si precisa che tutte le sezioni del Prodotto T2.4.3 sono state predisposte dal consulente esterno TECNOCREO a supporto del CF UNIGE-CIELI in virtù dell’affidamento del servizio di attività di ricerca per la valutazione delle esternalità e dell’impatto ambientale nell’ambito del Progetto Europeo INTERREG ITA-FRA Marittimo 1420 “Tecnologie e Dimensionamento di Impianti per la RETE di distribuzione primaria di GNL nei porti dell’area transfrontaliera” (CIG 7980625C14).

Il Prodotto T2.4.3 poggia sull’approccio interdisciplinare che coniuga dimensioni tecnico-ingegneristiche, economiche e giuridiche e sull’impiego di logiche condivise per evitare la duplicazione degli investimenti e il rischio di non interoperabilità tra impianti diversi. Tale prodotto si articola in una prima sezione in cui si definisce l’ambito di applicazione dell’analisi LCA a sistemi di bunkering/storage di GNL all’interno delle aree portuali con riguardo ad una catena logistica di piccola scala (Small Scale LNG), cui segue una sezione di inquadramento concettuale e normativo generale all’approccio LCA e sezioni analitiche che mirano a contestualizzare tale approccio sia in relazione alle diverse opzioni tecnologiche per il bunkering e lo stoccaggio di GNL in ambito marittimo-portuale sia in relazione allo specifico ambito geografico di applicazione. Il documento conclude introducendo alcuni elementi di base associati all’accettabilità sociale di questo tipo di infrastrutture energetiche.

L’obiettivo del documento come indicato è quello di impiegare la metodologia LCA per identificare i principali impatti e le possibili criticità ambientali associati alle tecnologie di bunkering del GNL in relazione ad aree portuali nell’ambito di una catena logistica di piccola scala (SSLNG), con particolare riguardo alla realtà dei porti dello spazio transfrontaliero IT-FR marittimo del Nord Mediterraneo che aderiscono al progetto “TDI RETE-GNL”. Inoltre, il report definisce linee guida per replicare questo tipo di analisi a specifici casi empirici oggetto di valutazione di fattibilità tecnica da parte di enti e soggetti competenti in materia. Il prodotto, pertanto, appare chiaramente a beneficio di gruppi target di progetto quali Autorità Portuali e AdSP, Enti pubblici territoriali interessati alla realizzazione di impianti di rifornimento GNL, capitanerie, ecc.

11.2. Aspetti generali del bunkering di GNL

11.2.1. Natura e caratteristiche del gas naturale liquefatto (GNL)

Ottenuto per liquefazione del Gas Naturale (GN), il GNL, la cui componente principale è il metano, viene purificato dagli idrocarburi più complessi (quali i composti dello zolfo, il biossido di carbonio e gli idrocarburi pesanti) e da una buona parte di etano, propano e butani che, come per l’acqua, il mercurio e lo zolfo, vanno limitati per evitare, ad esempio, problemi di corrosione, rischi di solidificazione durante il raffreddamento, ecc.



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Trasportato via mare in forma liquida (liquefatto a temperatura criogenica per renderlo più leggero e meno ingombrante) mediante navi metaniere, il GNL, una volta giunto a destinazione, viene scaricato presso impianti di stoccaggio che lo riportano alla forma gassosa al fine di renderlo disponibile per il consumo tradizionale.

11.2.2. Vantaggi ambientali del GNL

L'impiego del GNL come combustibile alternativo può supportare il superamento dei prodotti energetici caratterizzati da un impatto ambientale complessivamente più significativo, determinando effetti positivi non solo sul piano della riduzione delle emissioni climalteranti e inquinanti (la purificazione dai gas acidi, CO₂ e SO_x e la quasi completa rimozione di particolato e di NO_x consentono un abbattimento delle emissioni di gas serra, polveri sottili e sostanze pericolose per l'ambiente e la salute), ma anche per quel che concerne il settore dei trasporti. Quest'ultimo ambito di applicazione del GNL è relativamente recente, infatti, per quanto concerne proprio il trasporto marittimo, consente non solo di agevolare il raggiungimento degli obiettivi di riduzione dell'impatto derivante dalla presenza di zolfo nei carburanti, in linea con gli obiettivi posti dalla Direttiva europea 2012/33/UE (recepita in Italia con il D.Lgs. n.112/2014), ma anche di incrementare l'impiego di combustibili alternativi nel settore dei trasporti, in conformità con la Direttiva 2014/94/UE (nata nell'ambito del pacchetto "Clean Power for Transport", messo a punto dalla Commissione Europea) avente l'obiettivo di ridurre al minimo la dipendenza dal petrolio e attenuare l'impatto ambientale nel settore sia per il miglioramento della qualità dell'aria, sia per la riduzione delle emissioni climalteranti.

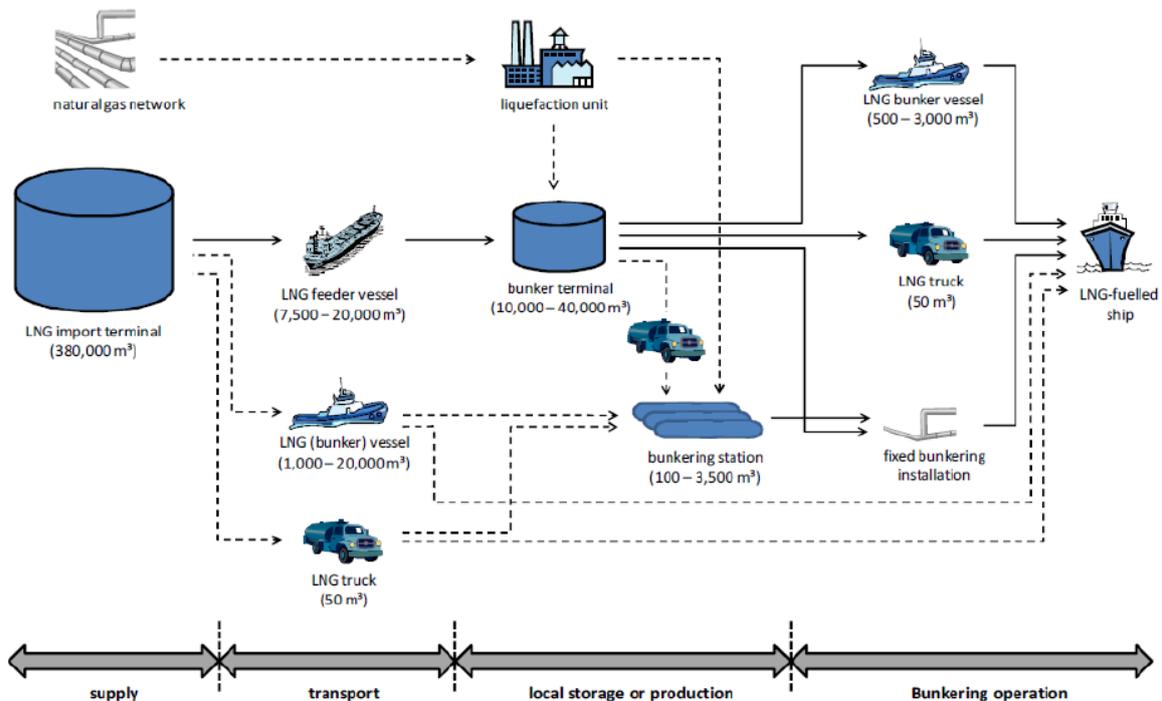
Trattandosi pur sempre di un combustibile di origine fossile, il GNL non è esente dalla produzione di emissioni di gas serra e di altre emissioni nocive per la salute umana e per gli ecosistemi (ad esempio potenziali perdite o rilasci involontari di metano). Detta considerazione, in particolare, conduce a ritenere particolarmente utile l'applicazione di un approccio del tipo "Life Cycle Assessment - LCA" al fine di valutare gli impatti dell'intera catena di approvvigionamento.

11.2.3. Catena logistica del GNL

Al fine di elaborare un approccio del tipo LCA, in Figura 59 viene semplificata la catena del valore del GNL, suddivisa in base alle diverse fasi della filiera di approvvigionamento come combustibile per il settore marittimo, ovvero approvvigionamento, stoccaggio o produzione locale, rifornimento.



Figura 59. Schema delle differenti fasi della filiera del GNL come combustibile per la navigazione



Fonte: Guida EMSA 2018.

Nel contesto del presente prodotto la catena del valore assunta a riferimento, ossia, l’ambito di applicazione dell’approccio LCA, coincide con le operazioni di bunkering che avvengono in ambito portuale. In tal senso, il riferimento è ad una catena logistica del GNL su piccola scala, tecnicamente indicata come “Small Scale LNG” (SSLNG), con capacità di stoccaggio del GNL coinvolte, in serbatoi pressurizzati o atmosferici, inferiori a 20.000 m³ per anno. La soglia identificata per l’analisi appare coerente rispetto al dimensionamento considerato prevalente nei porti di interesse nonché rispetto ai primi progetti realizzati o in fase di realizzazione sempre nei porti dell’area obiettivo.

11.2.4. Modalità di bunkering di GNL

Per le finalità del documento con riferimento al bunkering e allo storage di GNL, le analisi condotte secondo approccio LCA sono state realizzate dal consulente esterno TENCOCREO facendo riferimento all’approvvigionamento di GNL da parte di una nave ricevente attraverso le quattro differenti modalità/configurazioni tecnologiche considerate nell’ambito dell’intero progetto TDI RETE-GNL:

1. La configurazione tecnologica di tipo Ship-to-Ship (STS) prevede il trasferimento di GNL da una bettolina/bunkerina o una chiatta ad una nave LNG-propelled. Tra i principali vantaggi riconosciuti all’opzione tecnologica STS vi sono la possibilità di operare in mare anche senza dover entrare in porto, qualora le condizioni meteorologiche e del moto ondoso lo consentano, e la possibilità di movimentare ingenti volumi di prodotto in tempi veloci.
2. La configurazione tecnologica di tipo Truck-to-Ship (TTS) prevede il trasferimento di GNL da un’autobotte o un camion cisterna ad una nave LNG-propelled ormeggiata al molo o al pontile per mezzo di una tubatura flessibile criogenica. Tra i vantaggi connessi alla presente configurazione troviamo l’elevata flessibilità geografica e la scarsità di investimenti necessari all’implementazione. Al contrario, in ragione delle ridotte quantità di prodotto che possono essere trasferite mediante la presente configurazione, risulta essere particolarmente adatta per

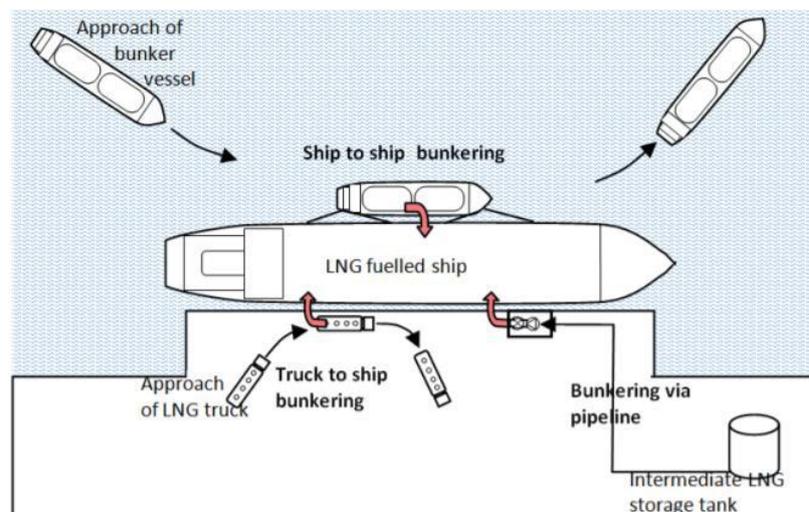
TDI RETE-GNL



- il rifornimento di mezzi navali con piccoli serbatoi, come, ad esempio, rimorchiatori, pescherecci o naviglio di minori dimensioni.
3. La configurazione tecnologica di tipo Shore/Pipeline-to-Ship (PTS) prevede il trasferimento di GNL da un serbatoio di stoccaggio fisso a terra ad una nave LNG-propelled attraverso l'impiego di una linea criogenica con bracci di carico dotati di un'estremità flessibile (Pipeline) oppure con tubature di una nave ormeggiata (Shore). Rispetto alla soluzione TTS, la configurazione PTS garantisce un flusso più elevato, adeguato a rifornire navi di grandi dimensioni.
 4. La configurazione tecnologica che prevede l'impiego di cisterne mobili o ISO-container criogenici permette di utilizzare tali cisterne come depositi di carburante movimentabili, infatti esse possono essere caricate su una nave per mezzo delle gru dedicate ai containers oppure su autotreni in modalità Ro-Ro.

In Figura 60 e in Tabella 72 vengono, rispettivamente, rappresentate schematicamente e comparate tra loro le principali configurazioni tecnologiche di bunkering di GNL.

Figura 60. Rappresentazione schematica delle principali opzioni di bunkering di GNL



Fonte: IMO - International Maritime Organization, "Studies on the feasibility and use of LNG as a fuel for shipping" 2016, London

Tabella 72. Raffronto tra le prestazioni delle quattro opzioni di bunkering per utilizzazioni specifiche

Tipologia	Capacità (mc)	Flusso (mc/h)	Tipo di cliente	Capacità cliente (mc)	Numero carichi
TTS	40	50	traghetto	200	5
		50	OSV	300	8
		ND	porta-container	2400	-
PTS	500	50	traghetto	200	1
		200	OSV	300	1
		600	porta-container	2400	5
STS	300-2400	67	traghetto	200	1
		200	OSV	300	1
		600	porta-container	2400	1
LNG ISO container	40	40	traghetto	200	5
		40	OSV	300	8
		N/A	porta-container	2400	-

Fonte: MISE, “Documento di consultazione per una Strategia Nazionale sul GNL”

11.3. Il metodo Life Cycle Assessment (LCA)

11.3.1. Generalità e obiettivi del metodo Life Cycle Assessment (LCA)

Sviluppatisi a partire dal 1990 in ambito industriale (SETAC - Society of Environmental Toxicology and Chemistry), l'analisi del ciclo di vita (o *Life Cycle Assessment* - LCA) è una metodologia internazionale capace di considerare il ciclo di vita di un prodotto con lo scopo di ridurre l'impatto ambientale complessivo, cercando, al contempo, di evitare che le iniziative incentrate sulle singole fasi del ciclo di vita si limitino semplicemente a trasferire il carico ambientale su altre fasi a monte o a valle dell'intero processo.

Nel tempo, il ruolo dell'LCA è andato sempre più crescendo nel settore industriale per favorire la riduzione degli effetti ambientali negativi complessivamente considerati durante l'intero ciclo di vita di beni e servizi. Nell'ambito della pianificazione strategica, l'LCA rappresenta oggi uno strumento di supporto decisionale per migliorare, ad esempio, la progettazione dei prodotti, la scelta delle materie prime, la selezione delle opzioni tecnologiche, la definizione di specifici criteri di progettazione e riciclaggio di beni, ecc.

Ne consegue che il principale vantaggio di tale approccio consiste nella possibilità di fornire un unico strumento capace di comprendere meglio l'impatto ambientale di un prodotto e il relativo effetto in ogni fase della catena di produzione, con l'obiettivo ultimo di mostrare i vantaggi competitivi di un sistema di prodotto specifico rispetto a un altro sistema concorrente o sostitutivo.

11.3.2. La normativa di riferimento per il Life Cycle Assessment

La metodologia LCA è stata codificata dalle norme UNI EN ISO della serie 14040:2006 “Valutazione del ciclo di vita - Principi e quadro di riferimento” e 14044:2018 “Valutazione del ciclo di vita - Requisiti e linee guida” le quali costituiscono, pertanto, gli standard normativi internazionali di riferimento. Inoltre, a livello europeo l'importanza strategica dell'adozione della metodologia LCA come strumento scientificamente adatto all'identificazione di aspetti ambientali significativi è espressa all'interno del Libro Verde COM (2001) 68CE e della COM (2003) 302 CE sulla Politica Integrata dei Prodotti, ed è suggerita, almeno in maniera indiretta, anche all'interno dei Regolamenti Europei: EMAS (Reg. 1221/2009) ed Ecolabel (Reg. 66/2010).



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Con riferimento ai sistemi di approvvigionamento e stoccaggio di GNL all'interno delle aree portuali, l'LCA permette di indicare sinergie che riducono l'impatto ambientale complessivo, condividendo le risorse dell'infrastruttura e utilizzando prodotti e servizi collaterali per ridurre l'impatto ambientale cumulativo a livello locale. Infatti, l'obiettivo del prodotto T2.4.3 è proprio quello di sviluppare una serie di criteri e tools di base propedeutici alla definizione di linee guida specifiche per l'applicazione operativa dell'LCA alle varie configurazioni di bunkering di GNL nel settore marittimo portuale dell'area transfrontaliera. Con riferimento all'adozione del GNL come combustibile alternativo per la navigazione, la normativa di riferimento è la "Guidance on LNG Bunkering to Port Authorities and Administrations" predisposta dall'EMSA, in collaborazione con la DG Mobilità e Trasporti della Commissione europea, gli Stati membri e l'Industria nel contesto del Forum Europeo sulla Navigazione Sostenibile (ESSF), nel contesto dell'implementazione della Direttiva 2014/94/UE.

Con riferimento alle pratiche ambientali connesse al bunkering di GNL oggetto del Prodotto T2.4.3 in esame, l'impatto associato all'utilizzo del GNL come combustibile per il trasporto può essere indagato sotto due profili:

- il beneficio netto derivante dal GNL in sostituzione dei combustibili tradizionali in termini di inquinamento atmosferico a livello locale (SO_x, NO_x e particolato),
- l'elevato potenziale di emissioni di gas serra del metano (componente principale del GNL).

In relazione al primo profilo, il GNL ricopre una posizione di primo piano in termini di combustibile alternativo ma occorre evidenziare anche le preoccupazioni circa gli effettivi benefici del ciclo di vita dei gas ad effetto serra, tra i quali rientra anche il combustibile GNL, in quanto combustibile fossile. Le preoccupazioni connesse all'impiego del GNL richiedono attenzione per lo sviluppo di adeguate misure di monitoraggio e mitigazione delle emissioni di metano in atmosfera.

La sfida consiste nel rafforzare i benefici derivanti dall'utilizzo del GNL come combustibile, riducendo, al tempo stesso, i potenziali effetti negativi sull'ambiente derivanti dal suo utilizzo: occorre infatti, secondo la Guida EMSA, prendere in considerazione fattori quali la tecnologia del motore, la qualità e la composizione del GNL e l'analisi del ciclo di vita del GNL stesso (fonte di GN, produzione, liquefazione, catena di trasporto/distribuzione, efficienza propulsiva generale di una nave).

11.3.3. Quadro concettuale di riferimento all'LCA del bunkering di GNL

L'LCA modella il ciclo di vita di un prodotto inteso come "sistema di prodotto" caratterizzato da una o più funzioni proprie. Tali sistemi di prodotto si articolano in processi unitari capaci di identificare gli elementi in ingresso e in uscita e collegati sia tra loro per mezzo di flussi intermedi, sia con altri sistemi di prodotto attraverso flussi di prodotto sia con l'ambiente per mezzo di flussi elementari. Con riferimento al presente report si intende per "sistema di prodotto" l'opzione tecnologica prescelta per il bunkering di GNL all'interno dei servizi di tipo Small Scale LNG. Pertanto, le unità di processo sono rappresentate dalle singole operazioni che configurano, rispettivamente, tali modalità di bunkeraggio di GNL.

Al fine di analizzare il ciclo di vita del bunkering del GNL è necessario considerare non solo gli effetti della produzione di GNL e il suo trasporto su grandi distanze via nave, ma anche il potenziale impatto che le emissioni di metano (che possono verificarsi durante tutte le fasi del ciclo di vita del GNL) possono avere sul GNL come potenziale di riduzione delle emissioni di gas serra.

All'interno del report in esame, la quantificazione degli effetti legati al tema del cambiamento climatico nell'ambito di un'analisi LCA dell'intera catena del valore del GNL riguarda sostanzialmente:



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



- emissioni di CO₂, derivanti dall'energia spesa per l'estrazione, la trasformazione, liquefazione, in trasporto e la distribuzione di GNL;
- emissioni di CH₄ legati agli accadimenti di rilasci accidentali di metano attraverso il ciclo di vita e la catena logistica del GNL.

11.3.3.1. Fase 1 dell'LCA: definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione

Con l'identificazione dei destinatari dell'indagine viene stabilito che l'LCA debba interfacciarsi con altri strumenti, ad esempio altri standard oppure indagini di natura economica, tecnologica, sociale, ecc. (ai sensi della normativa di riferimento, infatti, l'LCA tratta gli aspetti ambientali e gli impatti di un sistema di prodotto, mentre gli aspetti e gli impatti economici e sociali sono in genere fuori dal campo di applicazione dell'LCA, di conseguenza altri strumenti possono essere combinati all'LCA per valutazioni più estese).

Con riguardo alle finalità del Prodotto T2.4.3, gli obiettivi di supporto alle decisioni associate alla tematica del GNL in ambito marittimo-portuale cui la metodologia LCA potrebbe rispondere vengono identificati in:

- comparazione tra il GNL e i combustibili marini convenzionali,
- esame dei potenziali benefici e delle barriere del GNL, rispetto ai carburanti marini convenzionali,
- scelta delle metodologie di bunkeraggio del GNL, osservando anche la possibilità di tenere sotto controllo i rilasci di metano in atmosfera,
- modalità di adattamento di un terminale di rigassificazione, per fornire anche lo stoccaggio e il rifornimento di GNL per mezzi navali,
- valutazione dei punti critici legati all'infrastrutturazione,
- attivazione di strumenti di finanziamento esterno per lo sviluppo di servizi SSLNG,
- verifica della conformità alle normative tecnico-ambientali di riferimento,
- coinvolgimento di stakeholder pubblici e privati,
- valutazione in merito all'accettabilità sociale degli investimenti.

Gli elementi includibili nel campo di applicazione del modello LCA connesso all'impiego del GNL come combustibile navale sono i seguenti:

- il "sistema di prodotto" coincidente con l'opzione tecnologica prescelta per il bunkering di GNL in contesti tecnologici di piccola scala,
- le funzioni che il "sistema di prodotto" è chiamato a svolgere oppure le funzioni di più opzioni tecnologiche di bunkering,
- ulteriori servizi finalizzati alla implementazione di infrastrutture complementari/integrative di SSLNG (pontili, bracci di scarico, opere per l'approdo delle navi LNG-propelled, infrastrutture finalizzate al recupero dei Boil-Off Gas, altre modifiche impiantistiche),
- l'espressione quantitativa delle prestazioni ambientali del sistema di prodotto che si vogliono determinare, ossia, del servizio che il prodotto offre per il suo utilizzatore,
- le categorie di impatto che si vogliono considerare (le questioni ambientali di interesse),
- i requisiti dei dati ambientali da raccogliere e caricare nell'inventario del ciclo di vita,
- la natura e il format del report da produrre al termine dello studio del ciclo di vita.

In relazione all'obiettivo e al campo di applicazione assegnati all'LCA, un "prodotto" può avere una o più funzioni, che rappresentano i vantaggi derivanti dal suo utilizzo. Nel caso in esame, le funzioni del bunkering di GNL sono costituite dai vantaggi derivanti dall'uso di tale combustibile sul piano ambientale rispetto ai carburanti e ai combustibili marini tradizionali. Inoltre, l'unità funzionale, ovvero l'espressione quantitativa della prestazione di un sistema di prodotto da utilizzare come unità di

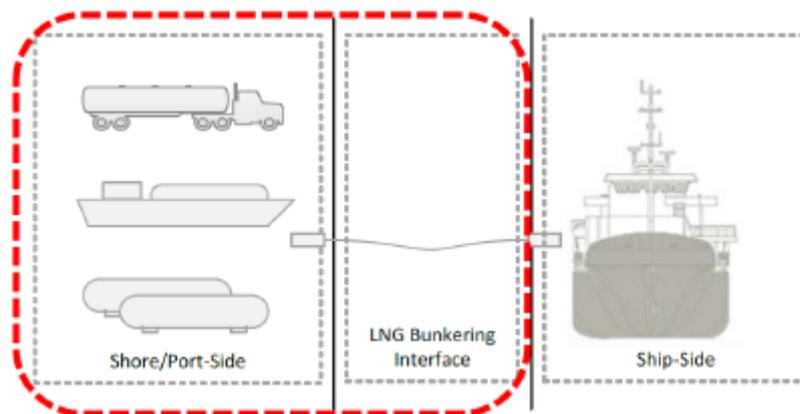
TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale"

riferimento, ovvero, in questo caso, della funzione “bunkering di GNL”, potrebbe essere espressa in capacità dei serbatoi di stoccaggio (m^3), velocità di caricazione (m^3/h), capacità di carico delle navi LNG-propelled (m^3), numero di navi (della stessa tipologia/portata) alimentate a GNL in un determinato arco temporale (n/giorno o n/ora), potere calorifico del combustibile rifornito all’utente finale (MJ).

Per la realizzazione del Prodotto T2.4.3 si è resa necessaria anche la definizione dei confini del “sistema di prodotto” da analizzare nel suo complesso allo scopo di individuare i processi unitari da includere nel sistema e quindi i flussi elementari in ingresso e in uscita dai suoi confini (in Figura 61 il campo di applicazione all’interno del tratteggio in rosso).

Figura 61. Campo di applicazione del presente report (all’interno del tratteggio in rosso)



Fonte: Guida EMSA 2018

L’ultima attività di base dell’LCA riguarda la definizione dei requisiti dei dati da inventariare i quali che devono essere specificati sia sotto il profilo quantitativo sia qualitativo (rappresentatività rispetto al fenomeno, precisione, completezza, coerenza, riproducibilità, origine/fonte, certezza delle informazioni), allo scopo di conseguire gli obiettivi e il campo di applicazione dell’analisi.

11.3.3.2. Fase 2 dell’LCA: analisi dell’inventario del ciclo di vita (LCI – Life Cycle Inventory)

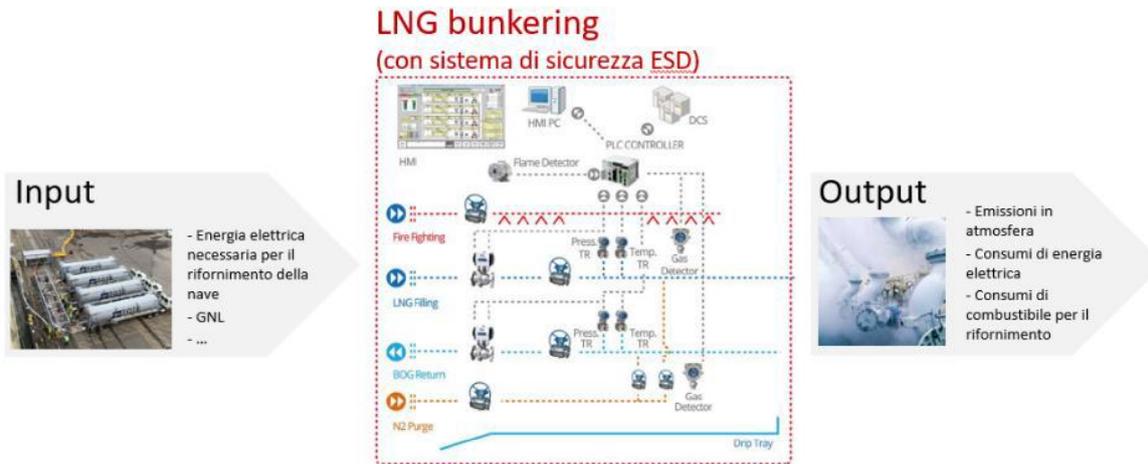
La seconda fase della metodologia in esame coinvolge le attività di raccolta dei dati e di definizione delle procedure di calcolo degli elementi in ingresso e in uscita dai processi unitari del sistema di prodotto, ovvero la creazione del modello dell’eco-bilancio del sistema studiato (eco-bilancio di prodotto), cioè uno schema di raffronto analitico tra i flussi elementari in ingresso e in uscita relativi ai processi unitari di cui il sistema di prodotto si compone, sempre nell’ambito dei confini individuati nell’ambito della fase precedentemente richiamata.

Con riferimento all’attività di raccolta dei dati e all’analisi della tipologia e della natura dei medesimi, i dati rilevanti per l’LCA possono essere ricondotti a quattro macrocategorie:

- elementi in ingresso di energia, materie prime, materiali ausiliari o altre entità fisiche;
- prodotti, coprodotti e rifiuti;
- emissioni in atmosfera, scarichi nell’acqua e nel suolo;
- altri aspetti ambientali.

Con riguardo all’oggetto del processo unitario di bunkering, lo schema di flusso potrebbe assumere una configurazione del tipo illustrato in Figura 62.

Figura 62. Esempio di costruzione del LCI – Schema del processo unitario di bunkering



Fonte: elaborazione di TECNOCREO su immagini tratte da Guida EMSA 2018

Al fine di ottenere i risultati d’inventario relativamente a ciascun processo unitario e unità funzionale definiti del sistema di prodotto di cui si costruisce il modello, è necessario avviare alcuni procedimenti di calcolo. Il primo consiste nella validazione dei dati raccolti volto a confermare e fornire prove del rispetto dei requisiti di qualità dei dati; il secondo prevede la correlazione dei dati ai processi unitari; il terzo passaggio consiste nella correlazione dei dati al flusso di riferimento dell’unità funzionale.

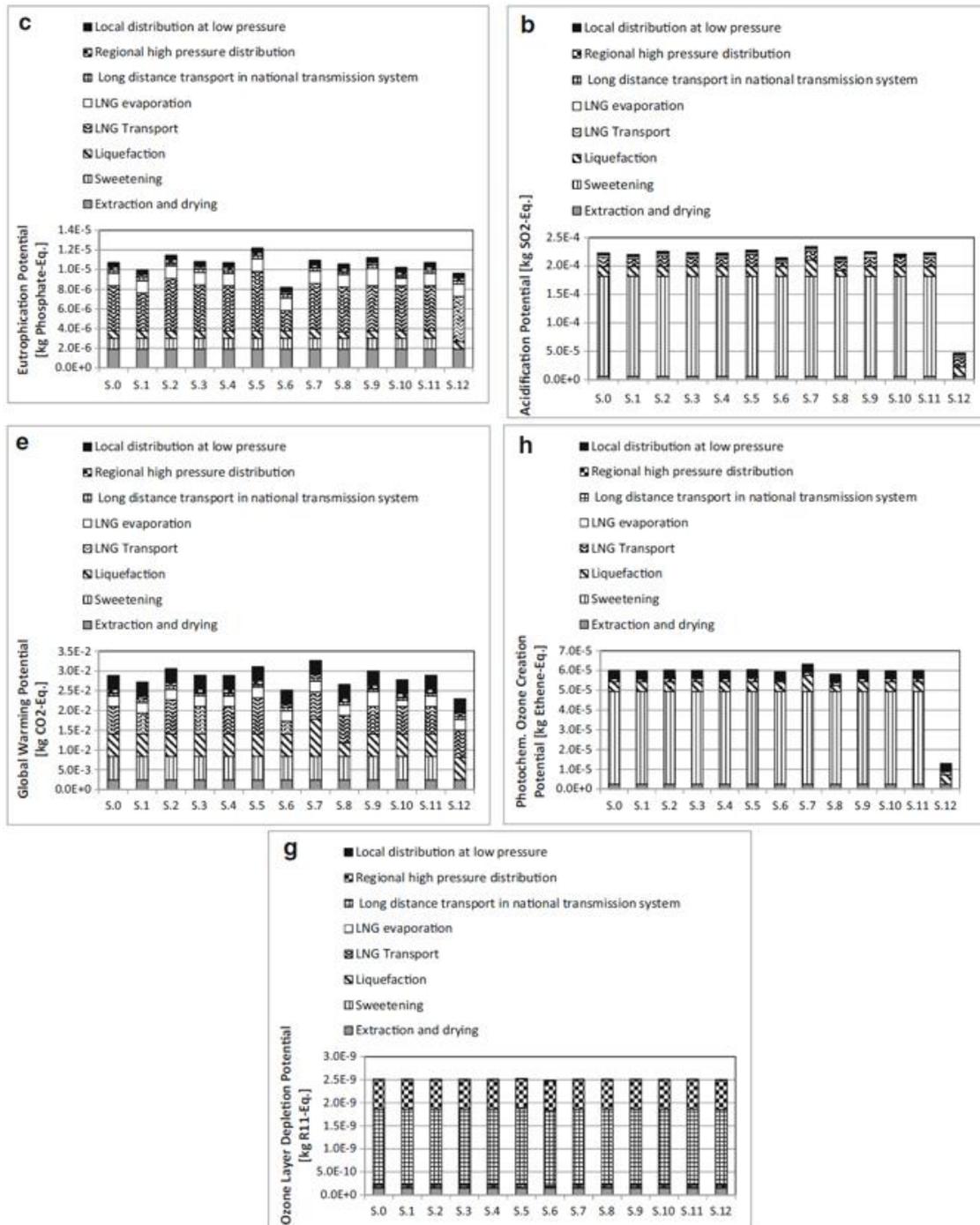
11.3.3.3. Fase 3 dell’LCA: valutazione dell’impatto del ciclo di vita (LCIA – Life Cycle Impact Assessment)

La terza fase richiesta nell’ambito dell’adozione della metodologia LCA è finalizzata a comprendere e valutare l’intensità e la portata dei potenziali impatti di un sistema di prodotto nel corso del suo ciclo di vita, utilizzando i risultati dell’LCI e fornendo informazioni per la fase di interpretazione dell’LCA del sistema modellato. In termini generali, ciò permette di associare i dati d’inventario a specifiche categorie di impatti ambientali (questioni ambientali di interesse) e indicatori di categoria (rappresentazione quantificabile delle categorie di impatti) e di approfondire la comprensione degli impatti emergenti.

In Figura 63 è fornito un esempio di come la fase LCIA includa la raccolta dei risultati degli indicatori per le diverse categorie di impatto, che, nel loro complesso, costituiscono, appunto, il profilo LCIA per il sistema del prodotto. In particolare, nel caso in esame connesso al bunkering di GNL, tali indicatori rappresentano, in termini quantitativi, il contributo della catena di tale combustibile alternativo sul fenomeno del riscaldamento globale.



Figura 63. Valutazione del ciclo di vita della catena di approvvigionamento del GNL per l'utente finale (valori per unità funzionale pari a 1 MJ di GNL consegnato all'utente finale).



Fonte: Tagliaferri C., Clift R., Lettieri P. et al “Liquefied natural gas for the UK: a life cycle assessment”

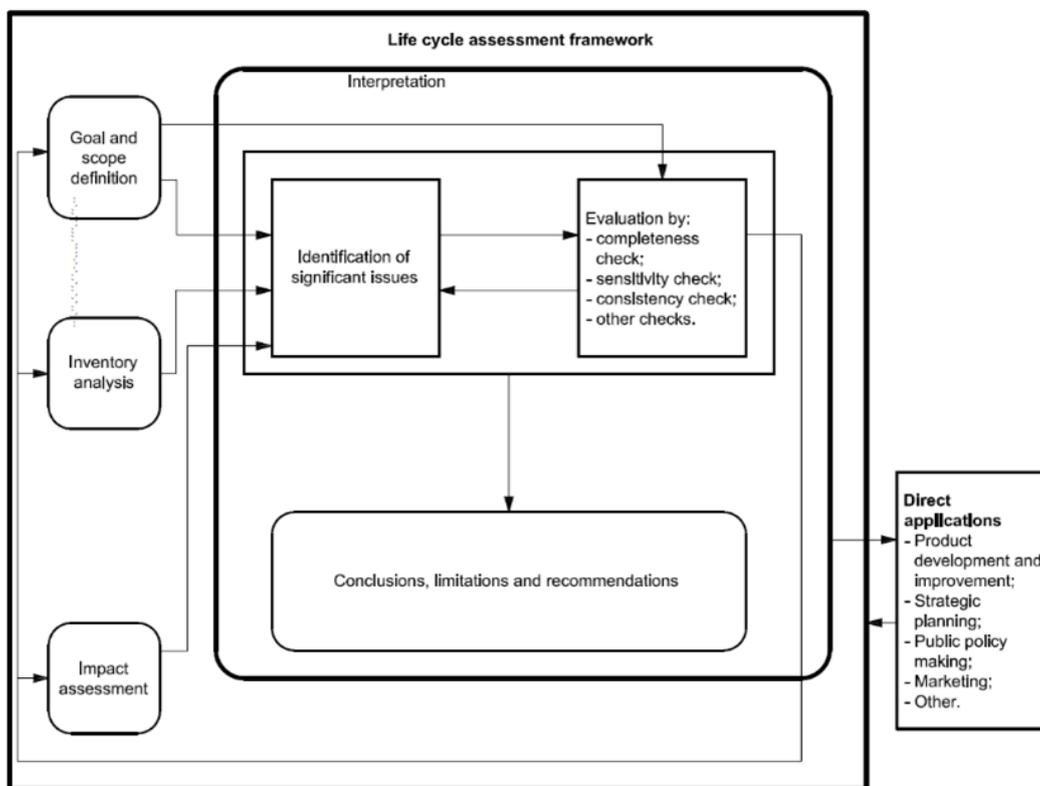
11.3.3.4. Fase 4 dell’LCA: interpretazione del ciclo di vita (Life Cycle Interpretation)

La fase dell'interpretazione del ciclo di vita è la fase conclusiva dello studio LCA, in cui i risultati della fase di analisi di inventario (LCI) e di valutazione del ciclo di vita (LCIA) vengono combinati tra loro

e indagati in maniera coerente rispetto all'obiettivo e al campo di applicazione definiti in modo tale da elaborare conclusioni e raccomandazioni, fornendo così un supporto alle decisioni. La suddetta fase di interpretazione prevede la redazione del rapporto finale e, poiché esprime i risultati e le conclusioni dell'LCA, è funzionale alla fase di comunicazione dei risultati dell'LCA al pubblico.

La norma ISO 14044 fornisce maggiori dettagli relativamente a ciascuno degli elementi ricompresi nella fase di Interpretazione che occorre rispettare, soprattutto, qualora i risultati siano destinati ad essere usati per effettuare asserzioni comparative destinate alla divulgazione al pubblico. Infatti, le interrelazioni della fase di interpretazione con le altre fasi dell'LCA vengono riportate schematicamente in Figura 64, tratta, appunto dalla norma ISO 14044 (punto 4.5.1.1).

Figura 64. Relazioni tra elementi all'interno della fase di interpretazione con le altre fasi di LCA



Fonte: ISO 14044:2018 – Punto 4.5.1.1

Un rapporto efficace dovrebbe trattare le diverse fasi dello studio in oggetto e i relativi tipologia e formato dovrebbero essere definiti nella fase di individuazione del campo di applicazione dello studio. Nella redazione del rapporto finale occorre rispettare rigorosamente la massima trasparenza in termini di scelte dei valori, risultati, i dati, i metodi, le ipotesi e le limitazioni, deduzioni logiche e giudizi di esperti. Il rapporto deve poi comunicare al pubblico cui si rivolge i risultati e le conclusioni dell'LCA in forma adeguata, comprensibile, oltre che completa e accurata, senza pregiudizi, e in modo sufficientemente dettagliato da consentire al lettore di apprendere le complessità e i compromessi inerenti all'LCA.

11.4. Elementi di impatto ambientale connessi all'utilizzo del GNL

Nell'esaminare i possibili impatti ambientali connessi all'impiego del GNL spicca l'impatto del metano come gas serra sul riscaldamento globale. Ciò dipende non solo da quanto efficientemente tale gas può

intrappolare la radiazione infrarossa, ma anche dalla sua concentrazione intesa come presenza e persistenza nel tempo, infatti, tra gli indicatori impiegati evidenziamo il Global Warming Potential (GWP), ovvero il rapporto tra l'impatto causato da un gas in un determinato lasso di tempo (20, 50, 100 anni), rispetto a quello provocato nello stesso periodo dalla stessa quantità di biossido di carbonio.

In seguito a molteplici analisi in tal senso, a parità di apporto energetico, il metano è responsabile di minori emissioni di biossido di carbonio rispetto al petrolio (circa il 25% in meno) e al carbone (circa il 50% in meno), ma, come per tutti gli altri combustibili, occorre anche valutare come ed in che percentuale le perdite di metano lungo la filiera produttiva, ovvero dall'estrazione all'utilizzo del combustibile, possano contribuire negativamente riducendo i vantaggi climatici di questo combustibile fossile rispetto agli altri.

Infatti, con riferimento alle emissioni dirette dovute alle perdite di metano in atmosfera lungo la filiera distributiva del GNL, occorre distinguere tra *methane slip*, ovvero le quantità di metano incombusto che si riscontrano nei fumi di scarico dei motori in conseguenza di un inefficiente fenomeno di combustione nei cilindri e *methane leakage*, ossia tutte le emissioni di metano in atmosfera riconducibili a fuoriuscite dall'impianto (giunzioni, valvole, tubazioni o sfiati). Per quanto al primo effetto, il *methane slip* imputato ai motori delle navi è stato stimato con un valore compreso tra l'1,9% e il 2,6%, anche se misurazioni più recenti hanno verificato valori più grandi e con variazioni ancora più ampie, 2,3% (1,6% -3,3%) e 4,1% (2,7% -5,8%) rispettivamente per i motori a 4 tempi LBSI e LPDF. È comunque opportuno sottolineare come nei motori ci sia senza dubbio ancora la possibilità di intervenire tecnologicamente per ridurre sensibilmente il valore assoluto di questa emissione, sia attraverso sistemi attivi (controllo del processo di combustione) sia con sistemi passivi (introduzione di catalizzatori sullo scarico). Per quanto concerne il *methane leakage*, è solo limitando drasticamente tali perdite che il bilancio delle emissioni di gas a effetto serra del GNL può ritenersi compiutamente vantaggioso rispetto all'olio combustibile pesante o al diesel nel trasporto marittimo, e, in tale ottica, la fase di bunkeraggio rappresenta una delle fasi lungo filiera su cui porre maggiore attenzione. Infatti, confrontando parametricamente le fasi del ciclo di vita del GNL con quelle che caratterizzano il ciclo di vita dell'Olio Combustibile Marino (MDO), si conferma come il GNL, dall'ottimistico dato iniziale (circa il 20% in meno di emissioni di CO₂ rispetto a MDO) in realtà produca un vantaggio ben più modesto, pari a circa il 10%.

11.4.1. Impianto di interfaccia porto – nave

Focalizzando l'analisi sui soli aspetti relativi alle attività di bunkeraggio di GNL, ovvero durante l'arrivo al porto (port side) fino alla consegna della flangia della nave ricevente (ship side), occorre definire un insieme di misure tecniche ed operative le quali verranno valutate per definire il grado di riduzione delle perdite di GNL in normali condizioni operative. Il Prodotto T2.4.3, infatti, affronta dal punto di vista tecnologico i sistemi di trasferimento e le operazioni di collegamento, da una flangia all'altra e gli elementi statici in porto (i sistemi di accumulo temporaneo e/o mobile con cui il GNL si rende disponibile in porto).

Tutte le diverse fasi di una procedura/operazione di bunkeraggio di GNL risultano legate a diversi rischi potenziali di emissione di metano, a partire dalla connessione dei tubi fino ad arrivare alla loro disconnessione, per cui è fondamentale riuscire a gestire il particolare momento in cui il rilascio o la perdita di metano è potenzialmente più probabile, implementando così tutte le misure in grado di mitigare questa minaccia. Di seguito si fornisce lo schema sinottico (Tabella 73) che illustra, per ogni diversa fase di procedura/operazione di bunkeraggio di GNL, i diversi rischi potenziali di emissione di metano e le relative attività/azioni da implementare al fine di limitarli.

Tabella 73. Rischi potenziali di emissione di metano associati al bunkeraggio di GNL

Fase di Bunkeraggio	Scopo dell'attività	Sostanza presente al termine	Temperatura presente al termine	Evento potenziale di rilascio	Azioni da implementare
Collegamento dei tubi flessibili di bunkeraggio	Dopo i controlli preliminari, vengono collegati i tubi flessibili per bunkeraggio. Possono essere considerati i tubi di trasferimento principali e i tubi di ritorno del vapore	Aria	Ambiente	Nessun potenziale rilascio di metano	I tubi flessibili per bunkeraggio devono essere collegati correttamente. QC / DC standard da utilizzare Flange ispezionate prima del collegamento per rilevare sporco, umidità o condensa
Inertizzazione delle tubazioni (per la rimozione dell'ossigeno)	Inertizzazione di linee di bunkeraggio per spostare l'ossigeno dall'interno della linea di bunkeraggio – evitando la formazione di atmosfera esplosiva. Gas inerte utilizzato	Gas Inerte	Ambiente	Nessun potenziale rilascio di metano	Controllare le connessioni per perdite. Laddove si sospetti una perdita, interrompere l'inertizzazione per serraggio / riparazione. Test di pressione per linea di bunkeraggio
Spurgo e raffreddamento con vapore di GNL	Conosciuto anche come Gassing-up o Gas Filling. Può essere fatto con una linea di spurgo o con piccoli volumi di nuovo GNL. Consente di evitare shock termici	Gas Metano	Circa 160°C sotto lo zero	Potenziale rilascio di metano se le connessioni non sono sufficientemente serrate.	Controllare le connessioni per perdite. Laddove si sospetti una perdita, interrompere il raffreddamento per serraggio / riparazione. Test di pressione per linea di bunkeraggio e inertizzazione.
Avvio del trasferimento GNL	Con linee fredde e serbatoi entrambi i lati del sistema di bunkeraggio inizia il trasferimento a temperature similari.	GNL	LNG	Potenziale aumento della pressione se il serbatoio ricevente non è sufficientemente freddo Potenziale rilascio di metano se le connessioni non sono sufficientemente serrate.	Inizia il trasferimento in bunkeraggio solo quando le temperature sono controllate e concordate per un trasferimento stabile. Controllare attentamente la pressione alla ricezione
Avvenuto riempimento	Quando il serbatoio della nave ricevente viene riempito e si avvicina alla sua livello di pieno, la velocità deve essere ridotta e la pressione costantemente monitorata. Procedura da concordare tra donatore e ricevente	GNL	LNG	Il rilascio di metano può verificarsi se la velocità di riempimento non viene regolata / ridotta quando il riempimento del serbatoio è superiore al 90% Riempimento eccessivo del serbatoio che porta al rilascio della valvola di sicurezza.	Le due unità concordano sul livello di serbatoio raggiunto. Attento monitoraggio della pressione e del livello del serbatoio durante il trasferimento Non utilizzare sistema di arresto d'emergenza per terminare in modo automatico in caso di livello elevato del serbatoio
Interruzione del trasferimento	Una volta accertato che non vi sia GNL residuo nelle linee di bunkeraggio, il trasferimento viene interrotto.	Gas Metano	Vapori LNG	Potenziale rilascio di metano a causa della sovrappressione nella linea di trasferimento del bunkeraggio (volume intrappolato).	Valvola lato nave deve rimanere aperta per il drenaggio -spurgo. Controllo richiesto lato porto per garantire che il serbatoio di alimentazione rimanga a temperatura e pressione adeguate.

	Il sistema di chiusura di emergenza non deve essere utilizzato per interrompere il trasferimento di bunkeraggio			Il rilascio potenziale è maggiore se si utilizza sistema di chiusura di emergenza per arrestare il bunkeraggio.	
Drenaggio delle linee	Il drenaggio/spurgo delle linee di bunkeraggio per consentire a tutto il GNL liquido di essere rimosso dalla linea di bunkeraggio verso il serbatoio ricevente. Il GNL si vaporizza nelle linee mentre le valvole che portano al serbatoio del carburante della nave vengono lasciate aperte	Gas Metano	Circa 160°C sotto lo zero	Il GNL liquido nella linea di bunkeraggio da impiegare per può vaporizzare nel serbatoio ricevente. Se la pressione nel serbatoio ricevente fosse stata superata (per eccesso di vapore di GNL), potrebbe essere rilasciato la valvola di sicurezza	Procedura di scarico da controllare adeguatamente. Assicurarsi che la quantità massima di GNL sia scaricata in forma liquida, riducendo al minimo la necessità di vaporizzare. Evitare percorsi non rettilinei delle tubazioni, per evitare accumuli di GNL
Inertizzazione (per lo spurgo del gas naturale)	Inertizzare le linee del bunker di GNL per evitare l'accumulo di una miscela di gas infiammabile nei tubi o nel flessibile di interconnessione. L'Azoto è tipicamente utilizzato. Attività conosciuta anche come "Purging"	Gas Inerte	Ambiente	È l'operazione con il più alto potenziale di rilascio di metano. Quando si sposta il vapore di GNL dalle linee di bunkeraggio con azoto, esiste il rischio di inviare miscele nell'atmosfera.	Nave e bunker dovrebbero concordare come gestire e smaltire correttamente i la miscela di inertizzazione restante in modo da evitare il rilascio di metano. La Miscela N2/NG dovrebbe preferibilmente essere compressa in un serbatoio o combusta in un sistema appropriato
Disconnessione delle tubazioni	Tubi per bunkeraggio scollegati solo dopo aver verificato e confermato la presenza di un percentuale inferiore al 2% di metano all'interno delle linee di interconnessione	Aria	Ambiente	Il rilascio di metano nell'atmosfera è possibile se la conferma della lettura del gas <2% di metano non è stata eseguita correttamente.	Misurazione attenta della concentrazione di metano prima di scollegare i tubi. Ripetere la procedura di inertizzazione se la concentrazione è > 2%.

Fonte: elaborazione di TECNOCREO

11.4.2. Impianto lato porto (Port Side)

Analizzando più da vicino le singole configurazioni tecnologiche di bunkering di GNL emerge come l'opzione STS, rispetto al sistema TTS, sia caratterizzata da maggiore capacità e velocità di trasferimento del combustibile; di conseguenza, maggiori saranno i volumi di GNL immagazzinato a bordo maggiore sarà la velocità di trasferimento e, conseguentemente, maggiore potrà essere la quantità di GNL teoricamente rilasciabile in atmosfera in caso di eventi negativi. Invece, in caso di Mobile Fuel Tank, la chiave vincente è rappresentata non solo dalla modularità dei contenitori standardizzati ISO, da cui deriva la facilità di installazione, ma anche dalla loro semplicità realizzativa poiché tali “container” sono contenuti all'interno di un telaio ISO che ne consente il trasporto attraverso una catena logistica ben consolidata.

Di seguito gli schemi sinottici che illustrano, relativamente alle fasi più critiche dell'operatività di sistemi di bunkeraggio di tipo Ship To Ship (Tabella 74), Truck To Ship (Tabella 75), Port To Ship (Tabella 76), Mobile Fuel Tank to Ship (Tabella 77), le possibili situazioni o scenari in cui è possibile un rilascio o perdita di gas metano in atmosfera e le relative attività/azioni da implementare al fine di limitarli.

Tabella 74. Rischi potenziali di emissione di metano associati al bunkeraggio di GNL mediante modalità STS

Fase considerata nel Bunkeraggio GNL	Scenario di potenziale rilascio	Azioni e/o Sistemi di riduzione della minaccia	Fase considerata nel Bunkeraggio GNL
		Impiantistici	Gestionali
Rifornimento della nave cisterna da impianto fisso di stoccaggio del GNL	Se il serbatoio non alle giuste condizioni termiche (temperatura BOG <120 ° C) il riempimento con nuovo GNL genererà un ulteriore produzione di BOG. Il rilascio di GNL può verificarsi se viene superato il livello di intervento delle tenute di sicurezza.	Fornire mezzi tecnici per raffreddare usando direttamente il GNL a bordo o gas inerte / azoto.	Pianificare\programmare il caricamento di GNL solo a condizione termine verificate. Evitare i tempi di attesa a temperature più calde del serbatoio.
	Durante il rifornimento a più alti volumi, se la pressione del BOG non venisse controllata potrebbe superare il valore soglia di sicurezza. Il rilascio di GNL può verificarsi se viene superato il livello di intervento delle tenute di sicurezza	Sistema di controllo della pressione della cisterna Sistema di comunicazione tra gli apparati delle due navi.	Riempimento dall'alto del serbatoio di carico del carburante GNL per consentire il raffreddamento del lato vapore superiore del serbatoio.
	Se il serbatoio di carico del carburante contiene già GNL più vecchio esiste la possibilità di stratificazione. Probabilità di "rollover" con generazione eccessiva di BOG di picco.	Seguire le misure tecniche Guida SIGTTO: <i>Guidance for the Prevention of Rollover in LNG Ships</i>	Definizione di chiare procedure a bordo per azioni correttive una volta rilevata la stratificazione. Seguire le misure tecniche Guida SIGTTO: <i>Guidance for the Prevention of Rollover in LNG Ships</i>
	Se il serbatoio di carico del carburante viene caricato con miscela GNL / azoto, ci sarà la possibilità che si verifichi l'auto-stratificazione. Probabilità di "rollover" con generazione eccessiva di BOG di picco.		
Rifornimento della nave dalla nave cisterna	Durante il trasferimento di bunkeraggio di GNL alla nave ricevente, in particolare per grandi volumi di bunkeraggio, a velocità di trasferimento più elevate, è possibile che venga generata una grande quantità di BOG. Possibilità di rilascio di metano se la pressione di del GNL di ritorno è tale da superare il valore di soglia.	Impiego di una o di più di una delle seguenti soluzioni: -Serbatoio di accumulo per le sovrappressioni -Sistema di ri-liquefazione del vapore di GNL di ritorno -Combustione di BOG in un'unità di combustione (torcia, motore diesel, etc.) -Raffreddamento del carico di carburante GNL	Concordare un piano adeguato per il riempimento\rabbocco per evitare per evitare sovrappressioni e aperture dei sistemi di sicurezza. Check list specifiche da eseguirsi ad ogni rifornimento

	<p>la linea di bunkeraggio del GNL è eccessivamente lunga (ad esempio, quando le flange di mandata e di ricezione sono molto distanti) all'interno della linea di bunkeraggio si può accumulare una eccessiva pressione di vapore del GNL. Il rilascio di GNL può verificarsi se viene superato il livello di intervento delle tenute di sicurezza. La tensione di vapore generata nella linea di bunkeraggio ritornerà attraverso la linea di ritorno del vapore di GNL</p>	<p>Ridurre al minimo la lunghezza delle linee di bunkeraggio di GNL. Utilizzare un flessibile adeguatamente isolato. Per i bracci rigidi, utilizzare tubi di alimentazione isolati e sottovuoto ove possibile.</p>	<p>Il collettore di consegna deve essere il più vicino possibile fianco alla stazione di rifornimento della nave ricevente. Riduzione al minimo del volume intrappolato.</p>
	<p>Se la procedura di drenaggio / spurgo / inertizzazione non viene eseguita adeguatamente, è possibile che parte del GNL rimanga nella linea di bunkeraggio. Il rilascio di vapore di GNL può verificarsi se i tubi di bunkeraggio sono scollegati con GNL / GN ancora in qualche punto della linea.</p>	<p>Misura del gas da eseguire prima di scollegare il tubo. Evitare la formazione di forme a "U" delle tubazioni dove il GNL può ristagnare.</p>	<p>Adeguate procedure per assicurarsi che le operazioni di drenaggio e spurgo siano state efficaci. Verificare l'esistenza della calotta di ghiaccio esterna (come indicatore della presenza di GNL all'interno della linea).</p>

Fonte: elaborazione di TECNOCREO

Tabella 75. Rischi potenziali di emissione di metano associati al bunkeraggio di GNL mediante modalità TTS

Fase considerata nel Bunkeraggio GNL	Scenario di potenziale rilascio	Azioni e/o Sistemi di riduzione della minaccia	Fase considerata nel Bunkeraggio GNL
		Impiantistici	Gestionali
Caricamento del GNL sul Truck	Durante il riempimento, in loco. Il rilascio di GNL può verificarsi se non viene implementato un sistema di gestione BOG adeguato.	Possibilità di spruzzare GNL per raffreddare il vapore di GNL sulla parte superiore del serbatoio. Camion per GNL da equipaggiare con economizzatore.	Monitorare pressione e temperatura Sistema di riempimento superiore e inferiore.
	Il tempo di permanenza nel serbatoio del rimorchio del camion GNL è limitato. Man mano che il GNL staziona, il BOG si genera e aumenta la pressione all'interno. Il rilascio di GNL può verificarsi se viene superato il livello di intervento delle tenute di sicurezza.	Isolamento adeguato ad aumentare i tempi di mantenimento. Prediligere l'impiego di truck a doppia parete Possibilità di spruzzare GNL per raffreddare il vapore di GNL sulla parte superiore del serbatoio.	Pianificare e programmare i rifornimenti per evitare inutili tempi di attesa durante le attività.
	Se il serbatoio non alle giuste condizioni termiche (temperatura BOG <120 ° C) il riempimento con nuovo GNL genererà un ulteriore produzione di BOG. Il rilascio di GNL può verificarsi se viene superato il livello di intervento delle tenute di sicurezza.	Fornire mezzi tecnici per raffreddare usando direttamente il GNL a bordo o gas inerte / azoto.	Pianificare\programmare il caricamento di GNL solo a condizione termine verificate. Evitare i tempi di attesa a temperature più calde del serbatoio.
	Il coefficiente di riempimento deve essere adeguato (al di sopra del 90%,). Una velocità di riempimento inadeguata può causare un riempimento eccessivo del camion di GNL	Monitoraggio livelli serbatoio GNL. Monitor di pressione del GNL. Idoneo meccanismo di controllo della velocità di riempimento presso la stazione di rifornimento del camion GNL	Concordare un piano adeguato al riempimento\rabbocco per evitare per evitare sovrappressioni e aperture dei sistemi di sicurezza.
LNG Trucks Scaricamento\ rifornimento nave	Per il trasferimento verso l'interconnessione e la nave, i trucks possono impiegare sistemi ad accumulo di pressione. Se la pressione di accumulo supera le soglie di sicurezza, si ha il rilascio in atmosfera per via dell'apertura delle tenute.	Monitor di pressione del GNL Regolatore di pressione del sistema di accumulo in pressione	Procedure operative di gestione accurate.
	Malfunzionamento del sistema di accumulo lato nave tale da comportare l'intervento dei sistemi di sicurezza sulla nave stessa con chiusura della valvola di ingresso.	Verificare la compatibilità delle specifiche dei sistemi nave e truck. Monitoraggio della pressione per garantire che non venga generato BOG in eccesso nel	Adeguate procedure da adottare per evitare l'eccessiva generazione di BOG e il rilascio di metano, a seguito dell'arresto del bunkeraggio.

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale"

	<p>Si può determinare accumulo di gas nell'interconnessione e conseguentemente l'attivazione della valvola di sicurezza lato truck (contropressione).</p>	<p>serbatoio del camion GNL dopo che il bunkeraggio è stato bloccato dal sistema nave. Inserimento di un regolatore specifico per la contropressione nel circuito.</p>	
	<p>Durante il bunkeraggio di GNL, se il serbatoio di ricezione è a temperatura più elevata di quello di partenza ci sarà un'eccessiva generazione di BOG. Se il camion riceve vapore GNL di ritorno, ciò comporterà un aumento della pressione nel serbatoio del camion con possibile attivazione delle valvole di sicurezza.</p>	<p>Sistema di monitoraggio della corretta equalizzazione termica dei due sistemi di accumulo e dell'interconnessione.</p>	<p>Adeguate procedure da adottare per evitare derive termiche dei sistemi. Adeguate procedure di taratura e validazione dei sistemi di monitoraggio delle temperature</p>
	<p>Se la procedura di drenaggio / spurgo / inertizzazione non viene eseguita adeguatamente, è possibile che parte del GNL rimanga nella linea di bunkeraggio. Il rilascio di vapore di GNL può verificarsi se i tubi di bunkeraggio sono scollegati con GNL / GN ancora in qualche punto della linea</p>	<p>Misura del gas da eseguire prima di scollegare il tubo. Evitare la formazione di forme a "U" delle tubazioni dove il GNL può ristagnare.</p>	<p>Adeguate procedure per assicurarsi che le operazioni di drenaggio e spurgo siano state efficaci Verificare l'esistenza della calotta di ghiaccio esterna (come indicatore della presenza di GNL all'interno della linea)</p>

Fonte: elaborazione di TECNOCREO

Tabella 76. Rischi potenziali di emissione di metano associati al bunkeraggio di GNL mediante modalità PTS

Fase considerata nel Bunkeraggio GNL	Scenario di potenziale rilascio	Azioni e/o Sistemi di riduzione della minaccia	Fase considerata nel Bunkeraggio GNL
		Impiantistici	Gestionali
Utilizzo di stoccaggi\depositi fissi	Se il serbatoio di carico del carburante contiene già GNL più vecchio esiste la possibilità di stratificazione.	Se il serbatoio di carico del carburante contiene già GNL più vecchio esiste la possibilità di stratificazione.	Se il serbatoio di carico del carburante contiene già GNL più vecchio esiste la possibilità di stratificazione.
	Se il serbatoio di carico del carburante viene caricato con miscela GNL / azoto, ci sarà la possibilità che si verifichi l'auto-stratificazione. Probabilità di "rollover" con generazione eccessiva di BOG di picco.		
	Per i serbatoi atmosferici, se la gestione del vapore di GNL non risponde alla necessaria velocità di liquefazione (o condensazione / refrigerazione), verrà generato un BOG eccessivo. A pressione atmosferica non vi è alcuna capacità nel serbatoio di sostenere un aumento della pressione. Il rilascio del vapore di GNL si verificherà se viene azionata la valvola di sicurezza.	Il serbatoio di stoccaggio deve essere progettato per ottenere un tempo di tenuta adeguato (tempo tra il caricamento e lo scarico). Isolamento, ri-liquefazione e refrigerazione per un'adeguata gestione del vapore di GNL.	Pianificazione adeguata a scongiurare superamento del tempo di limite di funzionamento.
	Per i serbatoi a pressione, se si accumula BOG in eccesso, ciò porta ad un aumento della pressione nel serbatoio. (Il BOG può essere qui originato sia dal caricamento, dallo scarico che durante il periodo di mantenimento). Ci sarà una certa (limitata) capacità dei serbatoi a pressione di sostenere pressioni di vapore più elevate. Il rilascio del vapore di GNL si verificherà se viene azionata la valvola di sicurezza.	Possibili misure tecniche per mitigare la generazione di BOG in serbatoi di GNL pressurizzati: Isolamento (isolamento sottovuoto) Spruzzo dall'alto per raffreddare / condensare il vapore di GNL Refrigerazione con batterie interne.	Controllo adeguato delle proprietà del GNL all'interno del serbatoio. Procedura in atto per evitare il rilascio di BOG tramite valvole di sicurezza. Pianificare un consumo adeguato di GNL, per evitare lunghi tempi di stazionamento.

Fonte: elaborazione di TECNOCREO

Tabella 77. Rischi potenziali di emissione di metano associati al bunkeraggio di GNL mediante modalità Mobile Fuel Tank to Ship

Fase considerata nel Bunkeraggio GNL	Scenario di potenziale rilascio	Azioni e/o Sistemi di riduzione della minaccia	Fase considerata nel Bunkeraggio GNL
		Impiantistici	Gestionali
Caricamento del container	Se il serbatoio non alle giuste condizioni termiche (temperatura BOG <120 ° C) il riempimento con nuovo GNL genererà un elevato volume di gas di ritorno. Il rilascio di GNL può verificarsi se viene superato il livello di intervento delle tenute di sicurezza.	Fornire mezzi tecnici per raffreddare usando direttamente il GNL a bordo o gas inerte / azoto. Raffreddare con azoto prima delle operazioni riempimento	Pianificare\programmare il caricamento di GNL solo a condizione termine verificate. Evitare i tempi di attesa a temperature più calde del serbatoio.
	Durante il trasferimento di bunkeraggio di GNL alla nave ricevente, in particolare per grandi volumi di bunkeraggio, a velocità di trasferimento più elevate, è possibile che venga generata una grande quantità di BOG. Possibilità di rilascio di metano se la pressione di del GNL di ritorno è tale da superare il valore di soglia.	Sistema per il monitoraggio del livello di pressione della cisterna all'interno del container.	Riempimento dall'alto del serbatoio di carico del carburante GNL per consentire il raffreddamento del lato vapore superiore del serbatoio
Stazionamento del container	Se i serbatoi di GNL ISO vengono mantenuti pieni, in attesa, per un tempo superiore a quello specificato, verrà generato un eccesso di vapore di GNL. Possibilità di rilascio di metano se la pressione di del GNL di ritorno è tale da superare il valore di soglia.	Possibili misure tecniche per mitigare la generazione di BOG in serbatoi di GNL pressurizzati: Isolamento (isolamento sottovuoto) Spruzzo dall'alto per raffreddare / condensare il vapore di GNL Refrigerazione con batterie interne.	Controllo adeguato delle proprietà del GNL all'interno del serbatoio. Procedura in atto per evitare il rilascio di BOG tramite valvole di sicurezza. Pianificare un consumo adeguato di GNL, per evitare lunghi tempi di stazionamento.
Rifornimento della nave ricevente da container	Durante il bunkeraggio di GNL, se il serbatoio di ricezione è a temperatura più elevata di quello di partenza ci sarà un'eccessiva generazione di BOG. Se il container riceve vapore GNL di ritorno, ciò comporterà un aumento della pressione nel serbatoio interno con possibile attivazione delle valvole di sicurezza	Sistema di monitoraggio della corretta equalizzazione termica dei due sistemi di accumulo e del sistema di interconnessione.	Adeguate procedure da adottare per evitare derive termiche dei sistemi. Adeguate procedure di taratura e validazione dei sistemi di monitoraggio delle temperature
	Se i serbatoi di GNL ISO vengono mantenuti pieni, in attesa, per un tempo superiore a quello specificato, verrà generato un eccesso di vapore di GNL. Possibilità di rilascio di metano se la pressione di del GNL di ritorno è tale da superare il valore di soglia.	LNG pressure monitor LNG regulator before pressure build-up unit.	Adequate operating procedure for LNG transfer by pressure build-up

	<p>Malfunzionamento del sistema di accumulo lato nave tale da comportare l'intervento dei sistemi di sicurezza sulla nave stessa con chiusura della valvola di ingresso. Si può determinare accumulo di gas nell'interconnessione e conseguentemente l'attivazione della valvola di sicurezza lato truck (contropressione).</p>	<p>Verificare la compatibilità delle specifiche dei sistemi nave e truck. Monitoraggio della pressione per garantire che non venga generato BOG in eccesso nel serbatoio del camion GNL dopo che il bunkeraggio è stato bloccato dal sistema nave. Inserimento di un regolatore specifico per la contropressione nel circuito.</p>	<p>Adeguate procedure da adottare per evitare l'eccessiva generazione di BOG e il rilascio di metano, a seguito dell'arresto del bunkeraggio.</p>
--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fonte: elaborazione di TECNOCREO

11.4.3. BREF - Best Available Techniques Reference

Nel Prodotto T2.4.3 viene inoltre riportato il confronto tra le tecniche implementate per il progetto e le indicazioni delle Linee Guida Italiane e “Best Available Techniques Reference Documents” europei in materia di Migliori Tecniche Disponibili (MTD/BAT) relative alle singole sezioni di impianto. Tale confronto viene condotto analizzando diversi BREF e linee guida, nonché ricercando le informazioni su BAT/MTD relative alle singole sezioni di impianto.

Nella tabella di seguito (Tabella 78) si riporta il confronto tra le tecniche comunemente impiegate in relazione allo stoccaggio di GNL e il BREF “Emission from Storage” (IPPC, 2006).

Tabella 78. Confronto tra le tecniche comunemente impiegate in relazione allo stoccaggio di GNL e il BREF “Emission from Storage”.

ASPETTO	DISPOSIZIONE BREF
Bilanciamento del vapore	Bilanciamento del vapore durante le operazioni di scarico
Principi generali per prevenire e ridurre le emissioni (controllo e manutenzione)	È BAT applicare uno strumento per determinare i piani di manutenzione e per sviluppare piani di controllo del rischio
Principi generali per prevenire e ridurre le emissioni al suolo e i rilasci	Con riferimento ai suoli lo scopo è quello di applicare adeguate misure tecniche ai serbatoi con potenziale rischio di inquinamento dei suoli
Considerazioni specifiche sui serbatoi – serbatoi refrigeranti	Emissioni non significative dai serbatoi refrigeranti
Prevenzione di incidenti e Infortuni Gestione della sicurezza e del rischio	È BAT applicare un sistema di gestione della sicurezza
Prevenzione di incidenti e Infortuni Procedure operative e training	È BAT implementare e seguire adeguate misure organizzative consentire la formazione del personale
Prevenzione di incidenti e Infortuni Procedure operative e strumentazione per prevenire il “troppo pieno”	È BAT implementare e mantenere procedure operative per prevenire il “troppo pieno”
Prevenzione di incidenti e Infortuni Strumentazione ed Automazione per individuare le perdite	È BAT applicare un sistema di individuazione delle perdite nei serbatoi di stoccaggio contenenti liquidi che possono causare inquinamento dei suoli
Considerazioni sulle Tecniche di Trasferimento e Movimentazione Tubazioni	È BAT prevedere tubazioni fuori terra nelle nuove realizzazioni.

Fonte: IPPC, 2006

11.5. Linee guida per l’applicazione del metodo LCA al bunkering di GNL

Partendo dalle considerazioni sopracitate con riferimento all’utilizzo di un approccio LCA al GNL per il trasporto marittimo con focus sul sistema di bunkering, nel Prodotto T2.4.3 è stato definito l’obiettivo e il campo di azione per poi interpretare l’LCA ottenuto. Con riferimento al sistema prodotto, la filiera costiera del GNL si compone di tutte le infrastrutture logistiche del GNL, ovvero il rigassificatore, la nave metaniera, il deposito costiero, la bettolina, l’autobotte. Di conseguenza il campo di applicazione del caso di studio copre il sistema di prodotto e i suoi processi unitari, le funzioni del sistema, il confine del sistema, le categorie di impatto selezionate e la metodologia di valutazione degli impatti proposta, attraverso una serie di matrici e indicatori di prestazione.

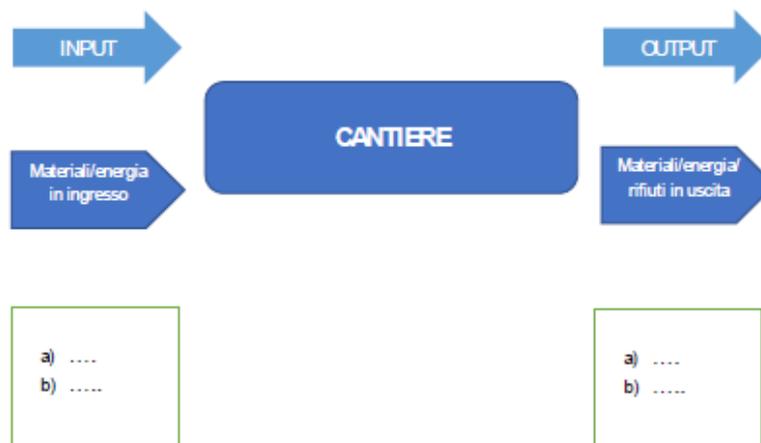
11.5.1. Elementi per l'analisi dell'inventario (LCI) e la valutazione degli impatti (LCIA) del ciclo di vita

11.5.1.1. Realizzazione dell'infrastruttura di stoccaggio e dei servizi accessori

Per quanto riguarda la realizzazione di un impianto di stoccaggio locale, avente funzione di ricezione del GNL tramite navi metaniere per poi distribuirlo tramite attività di bunkering di navi LNG-propelled, si procede nella modellizzazione delle attività di costruzione delle infrastrutture di servizio, delle aree logistiche e della viabilità di cantiere. Per quanto alle infrastrutture di servizio, il deposito costiero viene suddiviso in tre aree funzionali (area di impianto, area della torcia, area dei serbatoi antincendio/riuso) suddivise a loro volta in zone. Con riferimento, invece, alle aree logistiche e viabilità di cantieri occorre distinguere all'interno del cantiere delle aree logistiche destinate ad ospitare gli apprestamenti di cantiere ed eventuali sistemi di generazione elettrica e a garantire il deposito dei materiali necessari alla costruzione.

Successivamente, sulla base delle attività descritte sopra viene effettuata una stima dei flussi di materie e di energia in ingresso e in uscita dalla fase di cantiere rappresentabili da schemi di flusso quale, ad esempio, quello di seguito riportato (Figura 65).

Figura 65. Flussi in input e output in fase di cantiere.



Fonte: elaborazione di TECNOCREO

Inoltre, il prodotto T2.4.3 si preoccupa di fornire una sorta di matrice di valutazione capace di identificare i possibili Impatti ambientali derivanti dalla fase di cantiere e di proporre, per ciascuno di essi, dei KPI da utilizzare per la loro quantificazione.

Di seguito viene riportata la matrice di valutazione (proposta nel Prodotto T2.4.3) che identifica i possibili impatti ambientali derivanti dalla fase di cantiere e, per ciascuno di essi, gli indicatori KPI da utilizzare per la loro quantificazione (Tabella 79).

Tabella 79. Matrice di valutazione

IMPATTI AMBIENTALI	DESCRIZIONE/CRITICITÀ	INDICATORI KPI
Emissioni in Atmosfera	<p>Durante la realizzazione dell'opera, le emissioni in atmosfera sono principalmente riconducibili a:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) produzione di polveri dovuta alla movimentazione dei terreni b) emissioni di inquinanti gassosi in atmosfera dai motori dei mezzi impegnati nelle attività di costruzione, c) emissioni di polveri in atmosfera da movimenti terra, traffico mezzi e costruzioni, d) emissioni in atmosfera connesse al traffico indotto <p>Il traffico di mezzi terrestri, in ingresso e in uscita dall'area di cantiere durante la costruzione dell'impianto, è imputabile essenzialmente a:</p> <ul style="list-style-type: none"> - trasporti di materiale da cava; - trasporti per conferimento a discarica di rifiuti; - trasporto di materiali da costruzione; - movimentazione degli addetti alle attività di costruzione. 	<p>1) Per ogni tipologia di mezzi di cantiere:</p> <ul style="list-style-type: none"> - n. mezzi mese o giorno - Potenza (kW) - NOx [kg/h] - PTS [kg/h] <p>2) Volumi di terra movimentata (m³)/anno</p> <p>3) Quantità di particolato fine (PM10) sollevato in atmosfera durante le attività di cantiere:</p> <p>Per quanto riguarda la stima della quantità di particolato fine (PM10) sollevato in atmosfera durante le attività di cantiere si può riferire alla metodologia "AP 42 Fifth Edition, Volume I, Chapter 13.2.2; Miscellaneous Sources – Aggregate Handling And Storage Piles".</p> <p>In particolare, con riferimento al maggior contributo alle emissioni di polveri derivante dalla movimentazione del materiale dai cumuli, viene utilizzata l'equazione empirica suggerita nella sezione "Material handling factor", che permette di definire i fattori di emissione per tonnellata di materiali di scavo rimossi:</p> $E = k \cdot (0.0016) \cdot \frac{\left(\frac{U}{2.2}\right)^{1.3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1.4}}$ <p>dove: E = fattore di emissione di PM10 (kg polveri/tonnellata materiale rimosso), U = velocità del vento (assunta pari a 3 m/s;</p>

		<p>M = contenuto di umidità del suolo nei cumuli (assunto, molto cautelativamente, pari a 4%;</p> <p>k = fattore moltiplicatore per i diversi valori di dimensione del particolato; per il PM10 (diametro inferiore ai 10 µm) si adotta pari a 0.35.</p> <p>Tale formula permette di stimare il contributo delle attività di gran lunga più gravose per la dispersione di polveri sottili, connesse a:</p> <p>carico del terreno/inerti su mezzi pesanti; carico di terreno/inerti e deposito in cumuli;</p> <p>dispersione della parte fine per azione del vento dai cumuli.</p> <p>4) Emissioni da Traffico Terrestre Indotto in Fase di Cantiere Le emissioni da traffico terrestre possono essere stimate a partire dai fattori di emissione EMEP/EEA: per tipologia mezzo: NO_x [g/km] SO₂ [g/km] PM10 [g/km]</p> <p>5) Stima delle Emissioni dai Mezzi di Cantiere Emissioni orarie generate dai singoli mezzi di cantiere terrestri considerando la condizione più gravosa ossia la contemporaneità del maggior numero di mezzi: NO_x [kg/h] SO_x [kg/h] PTS [kg/h]</p> <p>6) Stima delle Polveri Generate da Movimentazione Terreno: stima delle emissioni giornaliere derivanti dal traffico stradale indotto dalla fase realizzativa delle opere NO_x [kg/giorno] SO₂ [kg/giorno] PM10 [kg/giorno]</p>
Prelievi Idrici	<p>I prelievi idrici in fase di cantiere sono principalmente dovuti a:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) umidificazione delle aree di cantiere per limitare le emissioni di polveri dovute alle attività di movimento terra; b) usi civili connessi alla presenza del personale addetto alla costruzione. c) Una ulteriore quota di prelievi idrici è prevista durante la fase di <i>commissioning</i> relativa alla prova idraulica del serbatoio e delle tubazioni. 	<p>Consumi idrici: m³/anno</p>
Scarichi Idrici	<p>Gli scarichi idrici in fase di cantiere sono ricollegabili a:</p>	<p>Parametri di cui all'All. 5, P. Terza, D.Lgs n. 152 del 03.04.06</p>

	<p>a) acque meteoriche dilavanti le aree di cantiere. Tali acque saranno collettate/inviata a una vasca destinata (durante l'esercizio) alla gestione e smaltimento delle acque meteoriche di prima e seconda pioggia. Lo scarico delle acque a valle del trattamento in vasca potrà essere convogliato in un recettore (scarico che dovrà essere appositamente autorizzato da Ente preposto);</p> <p>b) le acque di aggotamento degli scavi saranno collettate e successivamente trattate mediante impianto di trattamento dedicato e da lì inviate a pubblica fognatura mediante condotta (provvisoria) dedicata;</p> <p>c) scarichi delle acque necessarie per le attività di <i>commissioning</i> di condotte dell'impianto e serbatoi GNL. Tali acque saranno scaricate a mare previo opportuno filtraggio, trattamento e controllo della qualità dell'acqua di collaudo. Alternativamente potranno essere previsti in fase di ingegneria di dettaglio del collaudo, gli opportuni trattamenti per lo smaltimento: in tale caso, l'acqua di collaudo non andrebbe più considerata come scarico bensì come rifiuto;</p> <p>d) produzione di reflui di origine civile legati alla presenza della manodopera coinvolta nelle attività di cantiere.</p> <p>Ambiente idrico superficiale e marino Le interazioni, in fase di cantiere, tra il progetto e la componente possono essere così riassunte:</p> <p>a) scarico di effluenti liquidi, b) modifica del drenaggio superficiale dell'area interessata dall'opera, c) occupazione/limitazione d'uso degli specchi acquei, d) potenziali spillamenti/spandimenti accidentali dai mezzi utilizzati per la costruzione.</p>	<p>(Scarichi in acque superficiali, Scarichi in rete fognaria, Scarichi su suolo)</p>
Emissioni sonore	<p>Durante le attività di cantiere la generazione di emissioni acustiche è imputabile al funzionamento dei macchinari impiegati per le varie lavorazioni di cantiere e per il trasporto dei materiali. La definizione del rumore emesso nel corso dei lavori di costruzione non è facilmente quantificabile in quanto condizionata da una serie di variabili, fra cui:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ intermittenza e temporaneità dei lavori; ▪ uso di mezzi mobili dal percorso difficilmente definibile. <p>Ulteriori emissioni sonore in fase di cantiere saranno generate dal traffico di mezzi destinati al trasporto dei materiali e del personale addetto.</p> <p>Le interazioni tra il progetto e la componente possono essere così riassunte:</p> <p>a) emissioni sonore da mezzi e macchinari, b) emissione di vibrazioni da mezzi e macchinari,</p>	<p>1) Sulla base della Classe Acustica comunale Limiti Acustici [dB(A)] Distanza Minima dalle Opere a Progetto [m] Emissione (Diurno-Notturmo) [dB(A)] Immissione (Diurno – Notturmo) [dB(A)]</p> <p>2) Per ogni tipologia di mezzo: potenza sonora [dB(A)] n. mezzi</p> <p>3) LW = livello di potenza sonora complessiva delle sorgenti [dB]</p> <p>4) Rumorosità Veicoli (dBA)</p>

	c) emissioni sonore da traffico terrestre indotto.	
Utilizzo di Materie Prime e Risorse Naturali	<p>a) Occupazione aree di cantiere</p> <p>b) Materiali edili (es. calcestruzzo)</p> <p>c) Carburanti</p> <p>d) Energia elettrica</p> <p>e) Manodopera: presenza di addetti durante le attività di realizzazione del deposito. Tale presenza si avrà durante la fase di realizzazione dei serbatoi e delle principali apparecchiature di impianto.</p> <p>f) Movimentazione di Terre e Rocce da Scavo. In fase di cantiere si prevede la movimentazione di terre e rocce ad esempio per:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ il livellamento del terreno; ▪ la realizzazione delle fondazioni delle principali apparecchiature (sistemi su pali) e delle palazzine (soluzione su basamento in cemento armato); ▪ la posa delle condotte destinate all'approvvigionamento dell'acqua antincendio e della rete di smaltimento delle acque di prima e seconda pioggia; ▪ l'adeguamento della vasca di trattamento acque. 	<p>Principali consumi di risorse sono relativi a:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) calcestruzzo, principalmente per la realizzazione delle fondazioni dei serbatoi (GNL e acqua antincendio) e degli altri edifici/equipment presenti (peso); 2) carpenteria metallica, tubazioni, apparecchi ed impianti elettrostrumentali (peso); 3) materiali per isolamento e prodotti di verniciature (peso); 4) volumi di terra movimentata in termini di scavi, riporti e rinterrati, in fase di cantiere (m³) 5) Energia elettrica (KWh) 6) Acqua (m³) 7) Occupazione suolo (m³ area di cantiere)
Produzione di Rifiuti	<p>Le principali tipologie di rifiuti prodotti durante la fase di cantiere sono:</p> <ol style="list-style-type: none"> a) rifiuti liquidi da usi civili b) carta e legno proveniente dagli imballaggi delle apparecchiature, etc.); c) residui plastici; d) terre e rocce da scavo non riutilizzabili in sito, le cui volumetrie da inviare a smaltimento saranno quantificate solo a valle della verifica delle caratteristiche geotecniche e ambientali necessarie a consentirne il riutilizzo. e) cemento e calcestruzzo derivanti dalla dismissione degli edifici esistenti; f) residui ferrosi; g) materiali isolanti; h) oli. <p>I rifiuti non riutilizzabili saranno smaltiti presso discariche autorizzate previa attribuzione del codice C.E.R. ed in completa ottemperanza delle normative vigenti in materia di rifiuti.</p> <p>I rifiuti generati verranno sempre smaltiti nel rispetto della normativa vigente. In particolare, ove possibile, si procederà alla raccolta differenziata volta al recupero delle frazioni riutilizzabili. Eventuali stoccaggi temporanei all'aperto di rifiuti speciali non pericolosi saranno provvisti di bacini</p>	<p>Per codice CER:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) tonn/anno di rifiuti prodotti totali 2) tonn/anno rifiuti destinati a recupero 3) tonn/anno rifiuti destinati a smaltimento

	di contenimento impermeabili. I rifiuti speciali, liquidi e solidi, previsti in piccolissime quantità, prodotti durante l'esercizio o nel corso di attività di manutenzione ordinaria e straordinaria, saranno gestiti secondo la vigente normativa in materia di rifiuti, e trasportati e smaltiti da ditte specializzate.	
Traffico Mezzi	<p>Il traffico di mezzi terrestri, in ingresso e in uscita dall'area di cantiere durante la costruzione dell'impianto, è imputabile essenzialmente a:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) trasporti di materiale da cava; b) trasporti per conferimento a discarica di rifiuti (materiali da demolizione, reflui di origine civile e terreni non riutilizzati in sito). c) trasporto di materiali da costruzione; d) movimentazione degli addetti alle attività di costruzione. <p>La viabilità e gli accessi all'area di cantiere principale sono assicurati dalle strade esistenti che sono in grado di far fronte alle esigenze del cantiere in considerazione della vicinanza dalle principali direttrici di traffico dell'area.</p> <p>Saranno inoltre previsti alcuni transiti di camion per trasporti eccezionali per l'approvvigionamento di alcune tipologie di materiale da costruzione: il numero di tali transiti sarà di entità trascurabile rispetto al totale dei traffici in fase di cantiere.</p>	Si veda la sezione relativa a Emissioni in atmosfera
Contaminazione suolo e sottosuolo	<p>Le interazioni tra il progetto e la componente suolo e sottosuolo possono essere così riassunte:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) utilizzo di materie prime e gestione terre e rocce da scavo, b) interazioni con i flussi idrici sotterranei per scavi/fondazioni, c) produzione di rifiuti, d) occupazione/limitazioni d'uso di suolo, e) potenziale contaminazione del suolo per effetto di spillamenti/spandimenti dai mezzi utilizzati per la costruzione 	<p>Per gli indicatori si vedano le relative sezioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> - materie prime - prelievi e scarichi idrici - rifiuti

Fonte: elaborazione di TECNOCREO

11.5.1.2. Operatività dell'infrastruttura di stoccaggio del GNL

Analogamente alla fase di cantiere, sulla base delle attività connesse al funzionamento di un impianto di GNL, ovvero la ricezione in partenza da navi metaniere ("Carrier Vessel") e lo scarico del GNL nei serbatoi di stoccaggio (al fine di renderlo utilizzabile o come combustibile per impiego industriale, terrestre e navale oppure per distribuirlo nelle reti di gasdotti esistenti nella zona limitrofa), viene effettuata una stima dei flussi di materie e di energia in ingresso e in uscita dalla fase di esercizio dell'impianto rappresentabili da schemi di flusso.

Come per la fase di cantiere, viene predisposta una matrice di valutazione associata all'identificazione e alla quantificazione degli impatti potenzialmente connessi all'opera in progetto, con riferimento alla fase di esercizio.

11.5.1.3. Operazioni di bunkering di GNL

Come per le fasi precedenti, sulla base delle attività di bunkering di GNL e tralasciando la specifica tecnologia impiegata (STS, TTS, PTS e Mobile Fuel Tank), è stato costruito uno schema di processo e dei flussi di materie ed energia in ingresso e in uscita.

Inoltre, per ogni opzione tecnologica di bunkering di GNL, il prodotto in esame fornisce varie indicazioni utili all'esecuzione pratica dei passaggi operativi di allocazione dei flussi al processo elementare di bunkeraggio e alla definizione delle classi delle problematiche ambientali e degli indicatori di performance.

11.5.1.4. Decommissioning

Anche relativamente al processo finale di dismissione delle opere realizzate per il bunkering di GNL, è stata realizzata una stima dei flussi di materie ed energia in ingresso e in uscita rappresentabili da schemi di flusso. Con riferimento a quest'ultima fase il Prodotto T2.4.3 evidenzia come, in via preliminare a qualsiasi operazione di fine vita, anche per la dismissione e rimozione delle infrastrutture dedicate al bunkering di GNL, dovranno essere espletate tutte le procedure di bonifica e certificazione gas-free, nel rispetto della normativa vigente in materia di spazi confinati. Nella tabella di seguito (Tabella 80) l'identificazione dei possibili impatti ambientali, la relativa descrizione e i KPI proposti.

Tabella 80. Impatti ambientali connessi al processo finale di dismissione delle opere realizzate per il bunkering di GNL

IMPATTI AMBIENTALI	DESCRIZIONE/CRITICITÀ	INDICATORI KPI
Emissioni di polveri	Rimozione dei prodotti chimici, degli oli lubrificanti, dei combustibili e delle specifiche sostanze contenute nelle apparecchiature, nelle tubazioni e nei serbatoi dell'impianto;	Si faccia riferimento agli indicatori suggeriti precedentemente per le fasi di cantiere, realizzazione deposito, e bunkeraggio
Produzione sostanze chimiche	Smantellamento dei componenti di impianto meccanici bonificati.	
Produzione rifiuti	Bonifica d apparecchiature, tubazioni e serbatoi di stoccaggio per eliminare eventuali residui delle sostanze contenute.	
Traffico veicolare	Smantellamento dei componenti elettrici. Rimozione delle coibentazioni. Demolizione degli edifici e delle strutture.	
	Il D.Lgs. 152/2006 nell'All.V alla Parte V norma le emissioni di polveri in atmosfera; per le "emissioni di polveri provenienti da attività di produzione	

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale"



Contaminazione suolo e sottosuolo	<p>(..) di materiali pulverulenti” l’Art.1.1 ricorda che se si producono polveri devono essere previsti idonei sistemi di abbattimento.</p>	
Scarichi idrici	<p>Per i macchinari dovrà essere previsto l’incapsulamento o la predisposizione di un idoneo sistema di abbattimento.</p>	
Impatto acustico	<p>Verranno preventivamente individuate le tipologie di rifiuti generate dalle varie operazioni, stimate le quantità e definite le modalità di gestione e il destino finale. Inoltre, per minimizzare il ricorso allo smaltimento in discarica, i materiali di risulta dalla dismissione dell’impianto potranno essere in parte avviati a riutilizzo e i terreni non pericolosi potranno essere reimpiegati per rinterri.</p> <p>Tutte le operazioni di demolizione verranno condotte applicando modalità organizzative, operative e gestionali tali da garantire la minimizzazione di tutti gli impatti connessi. L’esercizio dell’impianto prevede in primo luogo la produzione di rifiuti associati alle operazioni di demolizione e conseguente trasformazione di detti rifiuti in MPS da riutilizzarsi in situ previa cernita, frantumazione ed opportuno test analitico.</p> <p>In secondo luogo, la produzione di rifiuti è da attribuirsi alle attività funzionali alla frantumazione e successive alla demolizione che prevedono la cernita di materiali estranei e non idonei alla macinazione parti ferrose, legno e plastica.</p> <p>Oltre a tali rifiuti saranno prodotti anche rifiuti provenienti dalla fresatura dell’asfalto delle strade dell’area in oggetto. Tutti i rifiuti saranno conferiti a ditte autorizzate secondo quanto previsto dalla normativa vigente.</p> <p>In cantiere dovrà essere sempre presente un operatore formato come Addetto alle Emergenze ambientali e sono presenti tutti i DPI volti a minimizzare i possibili impatti sull’ambiente da sversamenti accidentali. Saranno sempre presenti specifiche procedure di emergenza. In ogni caso viene garantita la regolare manutenzione delle macchine operatrici.</p> <p>Il rumore prodotto da attività di frantumazione esce dall’area di cantiere e può provocare disagio alla popolazione confinante.</p> <p>Limitata alle tempistiche di cantiere e alle sole ore diurne come previsto dalla deroga al Rumore per attività e cantieri temporanei.</p> <p>L’impatto si esaurisce con la durata del cantiere e alle aree pertinenti.</p> <p>In ogni caso il rumore prodotto verrà gestito secondo le prescrizioni vigenti in materia di inquinamento acustico.</p> <p>L’eventuale scelta di utilizzare un impianto mobile per il recupero di inerti potrebbe essere funzionale alla riduzione del traffico di mezzi pesanti da e per l’area di cantiere, con i conseguenti disagi per la popolazione anche in termini di acustica ambientale.</p>	

Fonte: elaborazione di TECNOCREO

11.6. Specificità geografiche nell’applicazione dell’LCA

Oltre a tutti gli elementi codificati dalla normativa tecnica, sussistono aspetti nell’implementazione di un LCA in un progetto di bunkeraggio che dipendono dall’ubicazione del sito su cui realizzare l’intervento. Con riferimento al progetto cui fa riferimento il presente prodotto, ovvero ai porti dello spazio transfrontaliero IT-FR marittimo del Nord Mediterraneo che aderiscono al progetto Interreg IT-FR “TDI RETE-GNL”, emergono tre caratteristiche e tratti comuni presenti in quasi tutte le aree portuali che sono frutto nell’ordine



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



- del percorso storico e quindi del consolidamento di determinate destinazioni d'uso,
- della tutela di specifiche naturalità,
- del condizionamento dato allo sviluppo urbanistico dalla morfologia del territorio.

Il primo tema è sicuramente ben rappresentato nel concetto di patrimonio culturale ed artistico, infatti, la Convenzione sulla Protezione del Patrimonio Mondiale culturale e naturale, adottata dall'UNESCO nel 1972, prevede che i beni candidati possano essere iscritti nella Lista del Patrimonio Mondiale come patrimonio culturale oppure come patrimonio naturale. Mentre nel patrimonio culturale si contano tre tipologie di beni, ovvero monumenti, agglomerati e siti, nel patrimonio naturale vengono inclusi monumenti naturali, formazioni geologiche e fisiografiche e siti / zone naturali. Tra i 55 siti italiani complessivamente riconosciuti, occorre considerare, ai fini del presente Prodotto, Portovenere, Cinque Terre e Isole (Palmaria, Tino e Tinetto) sito UNESCO dal 1997; Genova, le Strade Nuove e il Sistema dei Palazzi dei Rolli sito UNESCO dal 2006; la riserva naturale della Scandola sito UNESCO dal 1983.

Il secondo fattore attiene al valore di alcuni elementi di biodiversità e naturalità presenti nell'area geografica del progetto di ricerca. Tra le aree protette che insistono nell'ambito di studio troviamo:

- Santuario per i mammiferi marini, un'area marina protetta internazionale creata ai sensi di un Accordo internazionale tra Francia, Italia e Principato di Monaco, l'Area naturale marina protetta Capo Carbonara;
- In Sardegna, l'Area marina protetta Penisola del Sinis - Isola Mal di Ventre, l'Area naturale marina protetta Tavolara - Punta Coda Cavallo, l'Area naturale marina protetta Capo Caccia - Isola Piana, l'Area marina protetta Isola dell'Asinara;
- In Liguria l'Area marina protetta Cinque Terre, l'Area naturale marina protetta Portofino, l'Area marina protetta Isola di Bergeggi;
- In Corsica l'Area marina della Scandola.

Il terzo fattore, ovvero la conformazione del tessuto urbanizzato, permette di legare tutta l'area obiettivo e di differenziare le aree limitrofe. Ogni realtà portuale presenta a tutti gli effetti situazioni singolari, con differenti vincoli operativi e vicinanza di aree antropizzate che porta a dover valutare gli impatti e quindi fare un LCA alla luce di alcuni elementi, ovvero la prossimità di attività commerciali e di tessuti residenziali, per non parlare dei ridotti spazi a disposizione.

11.7. Aree di applicazione dell'LCA

L'LCA rappresenta quindi una delle diverse tecniche di gestione ambientale disponibili, i cui risultati possono offrire informazioni utili da valorizzare come parte di un processo decisionale molto più completo, ovvero, dal punto di vista operativo, essa consiste in tutto ciò che deve essere considerato sin dalle fasi iniziali di definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione. Nel caso in cui gli standard ISO di riferimento non permettano di coprire la molteplicità delle utilizzazioni previste dai risultati di LCA o LCI, esse identificano comunque le possibili applicazioni della tecnica in parola, nel campo dei sistemi e degli strumenti di gestione ambientale codificati, nonché della normativa e degli strumenti volontaristici dove l'approccio del ciclo di vita, i suoi principi e il quadro di riferimento possono essere vantaggiosamente applicati. Fra questi, ai fini del report in oggetto citiamo:

- I sistemi di gestione ambientale e la valutazione della prestazione ambientale (norme della serie ISO 14001)
- Etichette e dichiarazioni ambientali di prodotto (ISO 14020, 14021, 14024, 14025)
- Marchio di qualità ecologica dell'Unione europea "Ecolabel" (Regolamento CE n.66/2010)
- La comunicazione delle informazioni sull'impronta ambientale (footprint) (ISO 14026:2018)

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale"



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



- L'integrazione degli aspetti ambientali nella progettazione e nello sviluppo del prodotto (norma UNI ISO/TR 14062:2007)
- La comunicazione ambientale (ISO 14063:2010)
- La progettazione, lo sviluppo, la gestione, la rendicontazione e la verifica dell'inventario dei gas ad effetto serra (GHG) per la loro rimozione (ISO 14064:2019)
- La valutazione d'impatto ambientale (VIA)
- La contabilità di gestione ambientale
- La valutazione delle politiche di sostenibilità (modelli di riciclaggio, ecc.)
- L'analisi del flusso di sostanze e materiali
- La valutazione di rischi e pericoli degli agenti chimici
- L'analisi dei rischi e la gestione dei rischi di strutture e impianti
- La gestione dei prodotti e la gestione della catena di fornitura
- I costi del ciclo di vita (LCC)

Invece, nel caso in cui l'adattamento specifico dello standard su piano operativo venga lasciato all'utente, è in ogni caso necessario seguire la sequenza di passaggi secondo le linee guida e i requisiti delle norme ISO della serie 14040.

Con riferimento al contesto del bunkering e dello storage di GNL in ambito marittimo-portuale, di tipo SSLNG, il ricorso all'approccio LCA nell'ambito di attività e processi decisionali connessi alla realizzazione o alla gestione di facilities di questo tipo, potrebbe costituire un utile strumento per incrementare il livello di sicurezza e di affidabilità dell'approccio metodologico adottato in sede di valutazione e per questa via, potrebbe agevolare l'accettazione sociale di questo tipo di infrastrutture energetici. Trattandosi infatti di tecnologie altamente standardizzate e ben note agli addetti ai lavori ma poco conosciuti dalla collettività e da gran parte della popolazione locale e di gruppi di stakeholders relativi alla società civile, i processi decisionali sottostanti alla scelta localizzativa di impianti per il bunkering e lo storage di GNL possono ingenerare diffidenza e, quindi, disapprovazione: una maggiore disclosure in merito alle proprietà dei cicli di trattamento del GNL e l'adozione di metodologie LCA con riferimento a tutti i processi decisionali sottostanti alla realizzazione e gestione di questo tipo di infrastrutture potrebbe quindi ridurre la percezione del rischio associata alle medesime, favorendone la diffusione presso i porti dell'Area Obiettivo. Pertanto, il prodotto T2.4.3 appare a beneficio di tutti i gruppi di stakeholder previsti nel formulario di progetto.

12. SCHEDA DI SINTESI DEL PRODOTTO T2.4.4 (“BEST PRACTICES PER LA RIDUZIONE RISCHI E IMPATTI DA GNL”)

Il prodotto T2.4.4 “Best practices per riduzione rischi e impatti da GNL” prevede la realizzazione di un report di sintesi contenente le best practices in relazione alle procedure da seguire nelle diverse configurazioni di bunkering al fine di ridurre rischi ed impatti.

Nell’ambito delle attività di cui al prodotto T2.4.4 rientra la predisposizione, realizzazione e il fine-tuning di diversi report e documentazione, secondo quanto previsto nel formulario, come di seguito indicato:

- P1/CF (UNIGE-CIELI): Il ruolo del Capofila è stato quello di collaborare con tutti i partner e in particolare con i Partner P4 e P5 alla definizione dei contenuti e della struttura della versione finale del Prodotto T2.4.4. Il CF ha predisposto il Capitolo “Finalità del Prodotto T2.4.4”, inoltre ha fisicamente predisposto la formattazione del Prodotto finale T2.4.4 il cui contenuto è però da attribuirsi ai diversi partner e relativi consulenti, secondo le modalità di seguito indicate; il CF infine ha predisposto anche la relativa scheda di sintesi.
- P2 (UNIFI): il Partner P2 ha revisionato e riletto la documentazione prodotta dagli altri partner e consulenti e ha validato la versione finale del Prodotto T2.4.4 e la relativa scheda di sintesi.
- P3 (UNICA-CIREM): il Partner P3 ha revisionato e riletto la documentazione prodotta dagli altri partner e consulenti e ha validato la versione finale del Prodotto T2.4.4 e la relativa scheda di sintesi.
- P4 (OTC): Per la realizzazione del prodotto il Partner 4 (OTC), con il supporto mediante consulenza esterna di Tractebel, Engie, Elengy e Seeup, ha elaborato un report relativo alle buone pratiche volte a ridurre i rischi e gli impatti del GNL, in allegato al Prodotto T2.4.4. Il Partner P4 ha anche partecipato alla definizione della struttura e dei contenuti del report, ha revisionato e riletto la documentazione prodotta dagli altri partner e consulenti e ha validato la versione finale del Prodotto T2.4.4 e la relativa scheda di sintesi. Nel dettaglio quindi vanno imputati al Partner P4 e ai relativi consulenti richiamati (Tractebel, Engie, Elengy e Seeup) i seguenti capitoli/paragrafi della versione conclusiva del prodotto T2.4.4, “Rischi e pericoli generati dagli impianti GNL”, “Situazione delle principali direttive, codici, norme e guide sul bunkeraggio di GNL”, “Buone pratiche per la riduzione dei rischi e degli impatti” e “Analisi dei rischi applicata al caso della Corsica”.
- P5 (CCIVAR): il Partner P5, con il supporto del consulente Technip FMC, ha elaborato un report volto all’identificazione di linee guida e di buone pratiche per la riduzione dei rischi connessi all’impiego del GNL, fornendo inoltre un’interpretazione tecnica delle problematiche in oggetto. Il Partner P5 ha partecipato alla definizione della struttura e dei contenuti del Prodotto T2.4.4 nella sua versione finale, ha revisionato e riletto la documentazione prodotta dagli altri partner e consulenti e ha validato la versione finale del Prodotto T2.4.2 e la relativa scheda di sintesi. Nel dettaglio quindi vanno imputati al Partner P5 e al relativo consulente richiamato i seguenti capitoli/paragrafi della versione conclusiva del prodotto T2.4.4: “Raccomandazioni di Buona Pratica (Contributo CCIVAR/TECHNIP FMC)”.

I documenti integrali realizzati sono disponibili sul portale del Programma Interreg Marittimo1420 (<https://web.regione.toscana.it/marittimo>).



TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 “Studio per un piano d’azione congiunto per il GNL in ambito portuale”

12.1. Finalità del prodotto T2.4.4

Il prodotto T2.4.4 “Best practices per riduzione rischi e impatti da GNL” si colloca all'interno dell'attività T2.4 che è dedicata all'identificazione delle linee guida per la valutazione delle esternalità e dell'impatto ambientale. Il Prodotto, in particolare si pone l'obiettivo di sviluppare un quadro unitario di conoscenze e competenze funzionali a supportare i diversi soggetti pubblici e privati coinvolti nella supply chain del GNL small scale in ambito marittimo portuale con riferimento alle attività e alle procedure relative alla valutazione dell'impatto ambientale derivante dalle diverse tipologie di configurazioni di bunkering. Il prodotto, in particolare, esamina le buone pratiche riconducibili al contesto dei porti target circa l'assessment dei possibili rischi connessi al GNL, la valutazione delle potenziali esternalità positive/negative degli investimenti previsti nell'ambito di un piano d'azione comune per la diffusione di impianti di rifornimento e stoccaggio di GNL nei porti inclusi nel Progetto e fornisce un primo documento a supporto dei processi decisionali che vedono coinvolti i diversi stakeholder rilevanti della filiera, ovvero i gruppi target previsti a formulario.

12.2. Rischi e pericoli del GNL

12.2.1. Pericoli legati alle caratteristiche del GNL

Il GNL è un gas naturale composto soprattutto da metano portato allo stato liquido dall'abbassamento della temperatura a -160°C ai fini di ridurre lo spazio necessario allo stoccaggio dello stesso. Nello specifico, al momento di rilascio del metano nell'ambiente, si formano vapori freddi che provocano la condensazione del vapore acqueo nell'aria inizialmente più pesante della stessa; tali vapori si miscelano dunque con l'ambiente, divenendo più leggeri dell'aria alle normali condizioni atmosferiche di pressione e temperatura. Le principali proprietà del gas naturale liquefatto, da cui derivano i rischi brevemente esaminati nel prodotto T2.4.2., sono riportate nella Tabella 81.

Tabella 81. Proprietà del GNL

Proprietà	Valore
Condizioni fisiche	Liquido criogenico
Temperatura di ebollizione	-161°C (da -166°C a -157°C) a 1 bar
Densità	448 kg/m^3 a -160°C , 1 bar (da 420 a 470 kg/m^3) (da $0,54$ a $0,66\text{ kg/m}^3$ a 0°C gas)
Punto di infiammabilità	Circa -175°C
Temperatura di autoaccensione	410°C
Limiti di infiammabilità in aria	In basso: 5% Superiore: 15 %

Fonte: OTC Prodotto T2.4.4 Buone pratiche per ridurre i rischi e gli impatti del GNL

Uno dei principali rischi connessi all'utilizzo del carburante alternativo oggetto di questo studio, fa riferimento all'infiammabilità del vapore di GNL entro limiti specifici in aria (5-15%). Infatti, nel caso di rilascio accidentale di gas naturale liquefatto, potrebbe formarsi una nube infiammabile di gas che, a contatto con l'aria, andrebbe a comporre miscele esplosive. In particolare, la formazione della nube segue le fasi qui di seguito riportate:

- Fuoriuscita di GNL e vaporizzazione parziale prima del contatto con il suolo;
- Formazione e vaporizzazione di una chiazza di liquido a contatto con il suolo;
- Formazione di una nube densa e infiammabile di vapori di GNL per miscelazione con l'aria ambiente.

Considerando invece la configurazione come liquido criogenico, va sottolineato che il GNL può causare gravi lesioni da gelo se entra in contatto diretto con un individuo oppure può incrementare la fragilità dei materiali (quali ad esempio l'acciaio). A contatto con l'acqua, può invece verificarsi una transizione di fase rapida che consiste nel passaggio del carburante dallo stato liquido al vapore di metano innescando un meccanismo che potrebbe comportare una detonazione in caso di area limitata o in presenza di una fonte di ignizione.

Infine, tra i rischi minori connessi alle caratteristiche fisiche del gas naturale liquefatto, rientra il BLEVE definibile come un'esplosione di vapore a espansione di liquido bollente, il cui verificarsi risulta subordinato alla presenza di un accumulo di pressione.

12.2.2. Rischi connessi alle operazioni di stoccaggio e di bunkering del GNL

Per quanto concerne i processi legati alle attività di stoccaggio/bunkering di GNL, va specificato che la banca dati ARIA ha raccolto 13 incidenti (a partire dal 2015) che coinvolgono il suddetto carburante e che, al di là delle cause considerabili come primarie (guasti ai macchinari, attacchi da parte di macchinari dell'edilizia etc.) sono provocati soprattutto da carenze nella gestione delle operazioni da parte degli addetti. In particolare, la Tabella 82 e la Tabella 83 riportano le principali tipologie di problematiche connesse alle due attività sopra menzionate con relative raccomandazioni ai fini di ridurre la probabilità del verificarsi di uno degli eventi.

Tabella 82. Rischi di stoccaggio del GNL

Rischio	Cause probabili	Raccomandazioni
Trabocco di capacità	Errore di riempimento o di regolazione (pompe o errore umano)	Misure di livello e allarmi Spazio di testa minimo sopra il liquido Sistema di troppopieno
Aspirare il serbatoio	Variazione della pressione atmosferica Guasto alla pompa di aspirazione del liquido Mancata aspirazione del compressore evaporativo Iniezione di GNL nel cielo gassoso	Misurazione della pressione, rilevamento, controllo Valvole rompivuoto Gas rompivuoto
Sovrapressione (serbatoio, tubazioni)	Variazione della pressione atmosferica Evaporazione per aggressione termica (incendio esterno) Spostamento del livello del liquido (guasto di riempimento o ritorno del gas dalla metaniera) Flash durante il riempimento Roll-over: fenomeno di ribaltamento dello strato (aumento improvviso della quantità di gas evaporato)	Misurazione della pressione, rilevamento, controllo Misurazione della densità sul livello del liquido Prevenzione del ribaltamento o protezione del disco di rottura Protezione della valvola
Perdite / Rottura (serbatoio, tubazioni)	Condizioni naturali e ambientali Rischi tecnologici, aggressioni esterne (termiche, sovrappressioni o meccaniche) Difetto hardware Guasto meccanico Errore umano Usura, invecchiamento Perdita di tenuta della flangia Pericoli naturali	Bacini di ritenzione Distanze di separazione tra le apparecchiature Resistenza ai rischi naturali, compresi i terremoti Resistenza agli urti, Protezione contro i rischi di shock, Manutenzione Dimensionamento secondo le norme vigenti

Fonte: OTC Prodotto T2.4.4 Buone pratiche per ridurre i rischi e gli impatti del GNL
 TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale"

Tabella 83. Rischi di bunkeraggio del GNL

Rischio	Cause probabili	Raccomandazioni
Perdite / Rottura del tubo flessibile	Perdita dell'ormeggio/della deriva della barca Avviare il camion Movimento creato da una nave di passaggio Guasto meccanico Errore operativo Traino Usura, invecchiamento Perdita di tenuta Meteo / Condizioni di marea	Zone di sicurezza Manutenzione Dimensionamento secondo le norme Formazione degli operatori Rilevamento Protezione antincendio Sistema di disconnessione di emergenza
Perdita di contenimento: serbatoio dell'autocarro	Cfr. cause in magazzino + funzionamento errato Collisione di veicoli	Cfr. raccomandazioni nelle zone di stoccaggio + sicurezza, formazione dell'operatore, considerazione del SIMOPS
Perdita di contenimento: serbatoio della nave	Cfr. cause in deposito + Collisione di navi tra di loro / con il pontile	Cfr. raccomandazioni nelle zone di stoccaggio + sicurezza, formazione dell'operatore, considerazione del SIMOPS

Fonte: OTC Prodotto T2.4.4 Buone pratiche per ridurre i rischi e gli impatti del GNL

12.2.3. Rischi legati ad aspetti esterni agli impianti

Infine, i rischi connessi a problematiche esterne agli impianti di stoccaggio/bunkering di GNL possono essere distinti in pericoli naturali e rischi tecnologici.

Tra i primi rientrano fenomeni come:

- Allagamento che comporterebbe l'immersione delle attrezzature con conseguenti perdite in termini di equipment;
- Fenomeni atmosferici o condizioni climatiche estreme come i fulmini che potenzialmente potrebbero causare danni alle strutture nonché la perdita di gas naturale incrementando la probabilità del verificarsi di uno degli eventi riportati nel precedente paragrafo;
- Calamità naturali come i terremoti con elevato potenziale di danni alle strutture.

Costituendo rischi del tutto estranei alle condizioni di impianto, l'unica forma di prevenzione possibile fa riferimento a specifiche misure costruttive e barriere tecniche quali la disidratazione delle apparecchiature, la protezione contro i fulmini, la resistenza sismica, etc.

Una delle principali problematiche legate ai rischi tecnologici, fa riferimento a possibili "effetti a cascata" sugli impianti di GNL che potrebbe rappresentare la causa di fenomeni estremamente pericolosi.

Infine, occorre menzionare anche il rischio, posto in direzione opposta, legato ai danni che l'impianto di GNL potrebbe causare alle infrastrutture o alle popolazioni vicine che occorre tenere in considerazione (così come tutti gli altri) soprattutto attraverso il rispetto delle norme vigenti e delle buone pratiche durante la fase di scelta della collocazione e del dimensionamento dell'impianto stesso.



12.3. Situazione delle principali direttive, codici, norme e guide sul bunkeraggio di GNL

Dopo aver esaminato i profili fisici e i rischi connessi all'utilizzo del GNL come combustibile alternativo appare chiara la necessità di esaminare le direttive, i codici, gli standard, le guide e i vari interventi normativi ai fini di ottenere indicazioni o disposizioni in merito alla progettazione, al funzionamento e alla manutenzione degli impianti di bunkeraggio di GNL. In particolare, le direttive e i codici internazionali definiscono un quadro di regole da seguire, mentre le norme forniscono un punto di partenza all'industria per le attività di progettazione e gestione degli impianti. Infine, le guide forniscono veri e propri criteri a sostegno degli standard da rispettare.

12.3.1. Direttive europee

Le Direttive europee dedicate alle attività più volte menzionate e il cui dettaglio è riportato all'interno del prodotto T2.4.4 nella sezione "Buone pratiche per ridurre i rischi e gli impatti del GNL" dell'Office des Transports de Corse (OTC), comprendono:

- Direttiva n. 2016/802/UE finalizzata alla riduzione del tenore di zolfo di alcuni combustibili liquidi;
- Direttiva n. 2016/1629 che stabilisce i requisiti tecnici per le navi dedicate alla navigazione interna;
- Direttiva n. 2014/94/UE atta a disciplinare la realizzazione di un'infrastruttura per combustibili alternativi;
- Direttiva n. 2014/68/UE sulle attrezzature a pressione;
- Direttiva n. 2014/34/UE dedicata agli apparecchi e ai sistemi di protezione per ambienti potenzialmente esplosivi;
- Direttiva n. 2012/18/UE per il controllo del rischio di incidenti rilevanti connessi a sostanze pericolose;
- Direttiva n. 2011/92/UE in merito alla valutazione dell'impatto ambientale (VIA) di determinati soggetti, siano essi pubblici o privati;
- Direttiva n. 2008/68/CE sul trasporto interno di merci pericolose;
- Direttiva n. 2006/42/CE connessa alle macchine utilizzate;
- Direttiva n. 2003/10/CE inerente le prescrizioni minime di sicurezza e di salute dei lavoratori necessarie per la presenza di agenti fisici;
- Direttiva n. 1999/92/CE dedicata alle prescrizioni minime per la tutela dei lavoratori a causa dell'esposizione al rischio di atmosfere esplosive;
- Accordo europeo ADR (2019) relativo al trasporto internazionale su strada delle merci pericolose in cui rientra il GNL;
- Accordo europeo ADN (2008) relativo al trasporto di merci pericolose per vie navigabili interne.

12.3.2. Codici internazionali

Sono poi molteplici i codici internazionali con sezioni dedicate al GNL o ad esso applicabili soprattutto considerata la crescente importanza che tale combustibile sta assumendo in ambito marittimo portuale. In particolare, i codici derivati dalle Convenzioni MARPOL, SOLAS, STCW e MLC, pur non focalizzandosi sul gas naturale e sulle sue conseguenze, contengono norme legate ad aspetti di indubbio interesse quali, rispettivamente:

- Limiti massimi di emissione dei principali inquinanti atmosferici per i gas di scarico delle navi come SO_x e NO_x;
- Standard minimi di costruzione, equipaggiamento e funzionamento delle navi;
- Standard di addestramento, abilitazione e tenuta della guardia dei marittimi;



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



- Aspetti legati al lavoro marittimo in generale.

L'affermazione del carburante alternativo ivi esaminato ha poi condotto verso l'elaborazione di due codici internazionali ad esso dedicati:

- Codice IGC dedicato alla costruzione e all'equipaggiamento delle navi che trasportano gas liquefatti alla rinfusa per ridurre al minimo i rischi per la nave, l'equipaggio e l'ambiente, ivi considerando le caratteristiche connesse al GNL;
- Codice IGF concepito come codice internazionale per la sicurezza delle navi che utilizzano gas o altri combustibili a basso punto di infiammabilità come carburante, in modo da ridurre al minimo i rischi per la nave, l'equipaggio e l'ambiente tenendo conto del combustibile utilizzato.

12.3.3. Altre normative di riferimento

Nell'ambito delle altre normative di riferimento vengono considerate in particolare:

- Le norme EN e ISO che ciascun paese può adottare rafforzandone il potere tramite l'emanazione di norme nazionali;
- Le norme API emanate dall'American Petroleum Institute;
- Le norme NFPA sviluppate dal National Fire Protection System;
- Le guide fornite da vari organismi contenenti raccomandazioni su molteplici aspetti legati al settore di riferimento.

Il prodotto T2.4.4 fornisce un quadro chiaro e preciso (brevemente riportato nei paragrafi sottostanti) di tutte quelle che risultano essere le normative di riferimento in merito alle operazioni di gestione del GNL e soprattutto legate ai rischi connessi allo stesso.

Le normative EN e ISO, collocate nel contesto della disciplina europea, rispondono alla necessità di stabilire caratteristiche comuni e standard omogenei relativi a uno specifico procedimento o ad un prodotto/servizio. All'interno del contesto considerato, risultano di estrema rilevanza molteplici emanazioni, riportate in forma tabellare nel prodotto e riconducibili a norme di tipo:

- NF-EN, molteplici norme legate a specifiche tecniche e progettuali di equipment e attrezzature di comune utilizzo nell'ambito del GNL;
- EN Eurocode, le 10 norme europee dedicate alla predisposizione di un quadro comune per la progettazione di edifici e di opere di ingegneria civile e prodotti da costruzione;
- NF EN ISO, standard francesi dedicati ad aspetti come i dispositivi di sicurezza per la protezione contro le pressioni eccessive o la misura della portata di fluidi mediante dispositivi di depressione inseriti in tubi sotto carico a sezione circolare e molteplici altre specifiche;
- ISO, emanate dalla International Organization for Standardization tra cui risultano di interesse nell'ambito del GNL quelle relative agli idrocarburi liquidi/refrigerati o alle industrie petrolifere;
- ISO/DTS, come le linee guida per la valutazione del rischio nella progettazione di impianti GNL a terra emanata a marzo 2015 (no. 16901);
- ISO/TR e nello specifico, la ISO/TR 17177 dedicata al petrolio e alle industrie del gas naturale che fornisce una guida per l'installazione e il funzionamento all'interfaccia nave/terminal e nave/nave per gli impianti ibridi galleggianti e i terminali GNL per i quali non si applica la descrizione convenzionale di terminale GNL della norma ISO 28460;
- ISO/TS, sulla distribuzione del gas naturale liquido come combustibile marino (riferimento alla norma ISO/TS 18683 del 2015);

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale"

- EN ISO, legate ad aspetti tecnici specifici come, ad esempio, i requisiti per le apparecchiature e i sistemi di trasferimento GNL (EN ISO 20519 del 2017);
- NF EN IEC e in particolare, la NF EN IEC 60079 del 2018 inerente i requisiti generali per la costruzione, le prove e la marcatura di strumenti e componenti già impiegati in atmosfere esplosive.

Le normative API stabiliscono invece degli standard legati all'intero settore petrolifero e quelle che risultano applicabili al GNL riguardano tematiche di estrema rilevanza quali:

- I metodi di installazione, dimensionamento e fornitura delle valvole;
- I componenti di una torcia;
- Le specifiche per le pompe centrifughe, per i compressori centrifughi e assiali, per compressori a pistone per il dimensionamento e la costruzione di serbatoi di tipo fuori terra e, infine, per le specifiche per la progettazione e la costruzione di scambiatori tubo calandra.

Il richiamo alla National Fire Protection System, la cui attività è legata all'eliminazione di morti, lesioni, proprietà e perdite economiche dovute a incendi, elettricità e rischi correlati, va ricondotta all'emanazione, da parte della stessa, di standard di particolare rilevanza per il settore e atti a disciplinare aspetti connessi al dimensionamento di serbatoi d'acqua antiincendio, ai requisiti minimi di lotta antiincendio e di sicurezza sugli impianti GNL e alla protezione contro perdite di vite umane e di materiali nelle zone dei terminali marini, dei pontili e delle banchine.

Le guide proposte da diversi organismi internazionali hanno infine provveduto alla fornitura di raccomandazioni varie e connesse ai più svariati aspetti gestionali e di sicurezza nell'ambito del gas naturale liquefatto.

12.4. Buone pratiche per la riduzione dei rischi e degli impatti

Nel prodotto T2.4.4, all'interno del capitolo " Buone pratiche per la riduzione dei rischi e degli impatti" vengono esposti i principi generali di sicurezza e le raccomandazioni da applicare al fine di ridurre al meglio i rischi e gli impatti connessi all'impiego del GNL, attraverso i principali principi di localizzazione, le disposizioni generali di sicurezza, le disposizioni di costruzione, le barriere tecniche e le misure organizzative.

12.4.1. Principali principi di attuazione

Per quanto concerne l'installazione di serbatoi di stoccaggio di GNL, occorre soddisfare tre requisiti principali, ovvero limitare gli effetti domino tra i diversi impianti di GNL, l'impatto sul personale e sui locali amministrativi (sala di controllo, officina di manutenzione) e gli impatti al di fuori del sito. Infatti, le norme ICPE per lo stoccaggio del GNL definiscono da un lato le distanze di separazione tra gli impianti e i confini del sito e, dall'altro le distanze tra gli impianti stessi. Ad esempio:

- riferita alle attività di stoccaggio del GNL, l'ordinanza del 23/08/2005 riferita all'attività di stoccaggio di GNL in serbatoi offshore definisce le distanze minime che devono sussistere non solo tra l'area di stoccaggio e i confini del sito (15 metri) e tra aree di stoccaggio distinte (10 m), ma anche tra l'area di stoccaggio e le pareti di un apparecchio per la distribuzione di liquidi o gas infiammabili, un ERP di categoria 5, un deposito di materiali infiammabili, combustibili o ossidanti, le uscite o le aperture di locali amministrativi o tecnici (5 m.)
- riferita alle attività di stoccaggio del GNL, l'ordinanza del 07/01/2003 definisce le distanze minime tra il dispositivo di dosaggio o di riempimento e A categoria 1 a 4 ERP (17 m), A categoria 5 ERP (5 m), un edificio abitato o occupato da terzi (17 m), le uscite o le aperture di locali amministrativi o



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



- tecniche (5 m) e anche le distanze minime tra lo stoccaggio di GNL e lo stoccaggio di altri combustibili (6 m), un distributore di carburante (5 m) e l'apertura di un edificio (3 m)
- riferita alle attività di bunkeraggio di GNL, l'ordinanza del 30/08/2020, invece, definisce le distanze minime tra le pareti dell'apparato di distribuzione nautica e A categoria 1 a 4 ERP (20 m), A categoria 5 ERP (10 m), linee di proprietà (13 m), un canale pubblico di comunicazione (7 m), le uscite o le aperture di locali amministrativi o tecnici (7 m), altre attrezzature per la distribuzione di idrocarburi liquidi (7 m), lo stoccaggio di recipienti a pressione trasportabili (10 m), stoccaggio aereo di idrocarburi liquidi (13 m)
 - riferita alla fase di alimentazione elettrica dei generatori tramite metaniera per l'elettrificazione delle navi in banchina, l'ordinanza del 03/08/2018, la quale si riferisce alla fase di alimentazione elettrica definisce le distanze minime tra le pareti dell'apparecchio di combustione e i confini di proprietà, un ERP di classe da 1 a 4, un edificio o una via (20 m) e le installazioni che utilizzano materiali combustibili o infiammabili (10 m)

Oltre ai decreti normativi standard, ai fini di realizzazione ed implementazione di un progetto connesso alla predisposizione di impianti di GNL, occorre effettuare anche determinate analisi di rischio, soprattutto se l'installazione è soggetta ad autorizzazione, anche se, tuttavia, alcune attività non sono ancora regolamentate. Per questo motivo, la buona pratica consiste nel seguire alcune precise fasi per determinare l'attuazione di un progetto, ovvero la fase di identificazione delle aree disponibili e favorevoli all'installazione dell'impianto, l'analisi preliminare dei rischi volta alla valutazione iniziale del rischio medesimo, l'analisi dettagliata dei rischi su scenari rappresentativi progetto, inclusa la modellizzazione dei fenomeni pericolosi per la determinazione dell'estensione della zona di sicurezza e, infine, la convalida di una determinata zona. Tuttavia, in caso di mancata applicazione del regolamento ICPE alle attività, le guide specificano anche le distanze minime tra i serbatoi e tra i serbatoi e le linee di proprietà mentre le guide dedicate alle operazioni di trasferimento con bracci di carico non prescrivono distanze di sicurezza, bensì regole per la progettazione e la spaziatura tra ogni braccio di trasferimento.

12.4.2. Principali principi di sicurezza

I principi di sicurezza concernenti le attività connesse al GNL, possono essere distinti in misure preventive, volte a ridurre la probabilità che si verifichino dei rischi, e misure di protezione atte a mitigare le conseguenze o ridurre la gravità dei rischi per le persone, l'ambiente e le proprietà (Tabella 64).



Tabella 84. Principi di sicurezza per il GNL

MISURE PREVENTIVE	MISURE DI PROTEZIONE
<ul style="list-style-type: none"> - Disposizione dell'impianto secondo le normative vigenti, le specifiche di progetto, le regole e le buone pratiche riconosciute - Rispetto delle distanze di sicurezza tra gli impianti o l'installazione di opportune separazioni per ridurre i rischi di propagazione del fuoco e di effetti domino - Separazione di materiali infiammabili/esplosivi e combustibili - Limitazione delle fonti di ignizione, suddivisione in zone ATEX, impiego di apparecchiature elettriche appropriate, ventilazione dei locali, la rilevazione di gas e incendi - Limitazione del traffico nelle aree operative, protezione meccanica e gestione delle SIMOPs - Considerare i rischi legati alla perdita di utilizzo - Prevenzione del rischio di errore umano attraverso formazione, sistemi di gestione della sicurezza, ecc. - Manutenzione preventiva degli impianti e loro ispezione per prevenire il rischio di danni alle apparecchiature 	<ul style="list-style-type: none"> - Limitazione delle fonti di accensione, delle quantità di prodotti pericolosi immagazzinati e manipolati, dei volumi potenzialmente fuoriusciti e della durata delle perdite, delle superfici di spandimento e il contenimento di liquidi infiammabili e prodotti pericolosi - Installazione di sistemi automatici e di attrezzature manuali per la lotta antincendio e protezione passiva - Dispiegamento di piani di emergenza, compresa l'installazione di mezzi di avvertimento e di vie di evacuazione.

12.4.3. Disposizioni costruttive e barriere tecniche

Per quanto concerne i serbatoi di stoccaggio di GNL le disposizioni costruttive e le barriere tecniche riguardano le distanze di sicurezza, la resistenza dei serbatoi ai pericoli naturali e agli urti, la protezione contro il rischio di depressione e contro la sovrappressione, il monitoraggio della temperatura, il design del tubo, il rilevamento delle perdite, degli incendi e dei gas, il controllo delle perdite e la gestione dello spandimento, ecc.

12.4.4. Misure organizzative

Oltre alle barriere tecniche fisiche, vengono adottate anche misure organizzative come la formazione del personale nelle attività di bunkeraggio e nei rischi del GNL, la definizione e l'applicazione di procedure operative, di emergenza e di evacuazione, la gestione della sicurezza dell'impianto, l'attuazione di un piano di manutenzione preventiva degli impianti, l'implementazione di sistemi di allarme e di comunicazione, ecc.

12.5. Analisi dei rischi applicata al caso della Corsica

Con riferimento al caso Corsica, è stata effettuata un'analisi del rischio HAZID (HAZard IDentification), volta ad indentificare i potenziali pericoli e le minacce che possono sorgere durante i progetti o le attività) sui metodi di bunkeraggio STS, TTS e PTS. Gli obiettivi della presente analisi del rischio consistono nell'identificare i pericoli associati alle attività di bunkeraggio per ogni tipo di attrezzatura, le cause / conseguenze di potenziali eventi legati a tali pericoli e le barriere di sicurezza (prevenzione e protezione).

12.5.1. Pericolo: Bunkeraggio di GNL

Tra i pericoli individuati per quanto al bunkeraggio di tipo Ship To Ship, il presente report individua problemi legati al serbatoio, quali il ribaltamento (inversione degli strati di GNL, in quanto aventi densità differenti), la perdita di contenimento, dovuta a usura, corrosione, collisione, ecc., la mancanza di pressione, connessa a guasti, PBU, ecc.; altri pericoli connessi al sistema di trasferimenti, come strappi, causati, ad esempio dalla deriva del bunker, sovrappressione, dovuto al colpo d'ariete, a guasti della pompa e ancora altri rischi legati

alla nave, come la deriva della nave a causa della perdita delle linee di ormeggio, di condizioni meteo avverse, ecc.

Tra i pericoli individuati nella configurazione tecnologica di bunkeraggio di tipo Truck To Ship, il presente report individua problemi legati al serbatoio, quali l'incendio di un trattore dovuto ad un guasto elettrico, il fuoco esterno dovuto ad una accensione di una perdita di GNL; altri pericoli connessi al sistema di trasferimenti, come strappi, causati, ad esempio da un movimento del camion o della nave da rifornire, sovrappressione, a guasti della pompa e ancora altri rischi legati all'autobotte/camion cisterna, come un movimento del mezzo stesso, ecc.

Per quanto concerne i pericoli che si verificano in relazione all'opzione di bunkeraggio di tipo Terminal o Port To Ship, il presente report individua problemi legati al serbatoio di tipo ISO container, quali la perdita di contenimento, dovuta, ad esempio ad un difetto di fabbricazione oppure ad una collisione, ecc., il fuoco esterno dovuto ad una accensione di una perdita di GNL; altri pericoli connessi a serbatoi di tipo C, quali il sovrappieno (in presenza di più serbatoi) connessa a un'errata configurazione del circuito; altri pericoli ancora connessi al serbatoio tipo contenitore pieno quali la presenza di GNL nell'interparete, dovuta ad un guasto all'interno del vaso; altri rischi connessi al sistema di trasferimento del GNL come strappi, sovrappressione, ecc.

12.5.2. Esempio di zona di sicurezza

Al fine di realizzare dei modelli connessi ai fenomeni pericolosi, è necessario determinare l'estensione della zona di sicurezza necessaria per le operazioni di bunkering del GNL. Per determinare le zone di sicurezza occorre valutare le distanze degli effetti al limite inferiore di esplosività (LEL) dei diversi casi considerati (Tabella 65).

Tabella 85. Modellazione - Distanze di sicurezza

Scenario	Condizioni meteo	Distanza dal LEL
Rottura del tubo flessibile 50 mm	3F	80 m
	5D	105 m
	8D	65 m

Tali distanze di sicurezza consentono di dare un ordine di grandezza della misura che la zona di sicurezza può avere senza tener conto di una barriera di sicurezza, grazie alle quali, unitamente all'installazione di dispositivi di arresto di emergenza, le distanze di sicurezza possono essere ridotte notevolmente. Inoltre, a seconda dello scenario che può essere mantenuto nelle analisi dei rischi degli impianti e delle caratteristiche dell'apparecchiatura (temperatura, pressione, diametro, ecc.), le distanze di sicurezza vengono modificate consistentemente.

12.6. Raccomandazioni di buona pratica (contributo CCIVAR/Technip FMC)

12.6.1. Linee di collegamento di stoccaggio a pressione e linee di collegamento per magazzini non pressurizzati

Il partner P5 nell'ambito del Prodotto T2.4.4 ha individuato le specificità e le misure di buona norma, sia per quanto concerne le linee di collegamento di stoccaggio a pressione che per i magazzini non pressurizzati, compiendo una suddivisione in 3 momenti, definiti: riempimento, bilanciamento e trasferimento. In particolare, all'interno della Tabella 86 vengono riportate le diverse fasi, mantenendo la suddivisione tra stoccaggio a pressione e magazzini non pressurizzati.

Tabella 86. Suddivisione per fasi dei diversi layout di collegamento.

	<i>Linee di collegamento di stoccaggio a pressione</i>	<i>Linee di collegamento per magazzini non pressurizzati</i>
<i>Fase di riempimento</i>	Nella Stazione Fabbrica, i serbatoi hanno una doppia alimentazione: in fase liquida e in fase gassosa. Questo dispositivo permette all'autista dell'autocisterna di regolare la pressione finale del serbatoio dopo il riempimento. Nella Stazione Porto il riempimento viene effettuato solo attraverso la fase di gas del serbatoio.	Per motivi di sicurezza, tutti i collegamenti vengono effettuati dalla parte superiore del serbatoio o dei serbatoi. Non ci sono penetrazioni di linea o altri inserti sui lati o sul fondo del serbatoio. I serbatoi hanno una doppia alimentazione: in fase gassosa o liquida (con una specifica linea che scende dall'interno, dall'alto verso il basso del serbatoio) per evitare fenomeni di stratificazione del GNL.
<i>Fase di bilanciamento</i>	Se più serbatoi sono installati in parallelo, si raccomanda di collegare tra loro i serbatoi per le parti liquide e vaporose, in modo da bilanciare i loro livelli di liquido e di pressione. Il progetto deve consentire l'uso di tutti i serbatoi come un unico serbatoio, tuttavia, per motivi di sicurezza, deve essere possibile, se necessario, isolare ogni serbatoio singolarmente.	Se più serbatoi sono installati in parallelo, si raccomanda di collegarli tra loro per la parte di vapore, in modo da bilanciare il loro livello di pressione. D'altra parte, per motivi di sicurezza, ogni serbatoio deve poter essere isolato individualmente, se necessario.
<i>Fase di trasferimento</i>	Per qualsiasi linea dalla quale si determina la velocità di trasferimento (piuttosto bassa nel contesto di una stazione "Fabbrica") e regolare, si può raccomandare l'installazione di un limitatore di flusso sul punto di intercettazione.	È necessario installare pompe sommerse per estrarre il GNL dall'interno del serbatoio. Ogni pompa è installata in un tubo aperto sul fondo del serbatoio e collegata in alto alla linea di trasferimento del GNL. Il serbatoio può essere dotato di più pompe, se necessario, con altrettanti tubi all'interno.

12.6.2. Catena di sicurezza / MMR chiamato strumentato

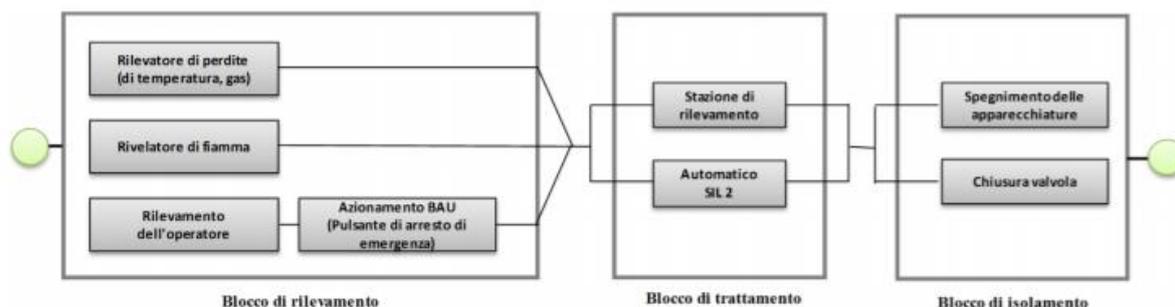
12.6.2.1. Presentazione generale

Le MMR strumentate corrispondono per la maggior parte del tempo ad una catena di 3 "blocchi":

- il blocco "rilevamento", compresa la rilevazione da parte di un operatore;
- il blocco di trattamento;
- il blocco "isolamento/azioni di sicurezza".

Una catena di questo tipo (strumentata), progettata per ridurre le conseguenze di una perdita (potenzialmente seguita da un incendio), è descritta nella figura sottostante (Figura 66). Poiché l'obiettivo è quello di ridurre le conseguenze di un evento accidentale, questi MMR sono spesso indicati anche come MMR di mitigazione.

Figura 66. Architettura delle catene di sicurezza strumentate o MMR



I seguenti paragrafi descrivono dettagliatamente ogni blocco in modo da includere una revisione delle raccomandazioni relative alle apparecchiature di sicurezza.

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale"

12.6.2.2. Proprietà

Qualunque sia la tecnologia degli elementi di ogni blocco, tutte le catene possono essere caratterizzate da 3 proprietà o caratteristiche, ovvero l'efficacia, l'affidabilità e il tempo di risposta.

12.6.3. Rilevazione

I sensori con funzioni di sicurezza (pressione, livello GNL, ecc.) devono essere indipendenti dalle sequenze di misura per il funzionamento. Le misure e gli allarmi devono essere trasmessi al luogo di controllo. Inoltre, gli allarmi devono essere trasmessi anche all'operatore che può trovarsi sul posto o in un sito remoto. La manutenzione della strumentazione deve essere possibile durante il normale funzionamento del magazzino. Tuttavia, quando è richiesta la disattivazione del deposito, la strumentazione deve avere una ridondanza sufficiente per un intervento in sicurezza. Al di là delle generalità di cui sopra, prima di esaminare ogni tipo di rivelatore, si distinguono nuovamente i casi di stoccaggio pressurizzato o non pressurizzato.

12.6.3.1. Rilevamento/misurazione del livello

Per quanto concerne i serbatoi pressurizzati, si evidenzia che, come mezzo di protezione contro il rischio di "troppopieno", sono consigliati dispositivi di misurazione del livello del liquido indipendenti e altamente precisi, piuttosto che un sistema di troppopieno.

I serbatoi devono essere dotati di strumentazione per il monitoraggio del livello di GNL e per l'adozione delle necessarie misure preventive/elusione (troppopieno). In particolare, questa strumentazione deve essere in grado di misurare continuamente il livello del liquido attraverso un sistema di affidabilità adeguato (dotato di due allarmi, uno per i livelli alti e uno per i livelli molto alti) e avere un rilevamento di livello molto elevato basato su un'adeguata strumentazione affidabile, indipendente dal sistema di misura di livello precedente (in caso di attivazione, deve chiudere le valvole di riempimento sulle linee di alimentazione e di ricircolo).

Per quanto concerne i serbatoi non pressurizzati valgono le stesse raccomandazioni che per i serbatoi pressurizzati. Tuttavia, a causa della bassa resistenza alla pressione, l'analisi dei rischi può portare al raddoppio indipendente del sistema di misura del livello.

12.6.3.2. Rilevamento/misurazione della pressione

Il serbatoio pressurizzato deve essere dotato di strumentazione, installata in modo permanente nei luoghi appropriati, per monitorare la pressione continuamente, anche in caso di picchi troppo elevati, grazie a strumentazione indipendente dai sistemi di misura continua della pressione (deve attivare l'arresto delle operazioni in corso e delle apparecchiature).

Per i serbatoi non pressurizzati valgono le stesse raccomandazioni valide per i serbatoi in pressione. Inoltre, è necessario installare una misurazione della pressione differenziale tra lo spazio di isolamento e l'interno dell'involucro primario quando non sono in comunicazione (nello spazio di isolamento termico occorre installare sensori di pressione differenziale o sensori di pressione separati) e una rilevazione di "pressione troppo bassa", mediante una strumentazione indipendente dai sistemi di misura della pressione continua (deve attivare l'arresto delle macchine e l'iniezione automatica del gas di servizio).

12.6.3.3. Rilevamento/misurazione della temperatura

Un serbatoio non pressurizzato deve avere una strumentazione installata in modo permanente in luoghi appropriati per misurare la temperatura sia del liquido a diverse altezze, sottolineando come la distanza verticale tra due sensori di temperatura consecutivi non deve superare i 2 m, che della fase gassosa.

12.6.3.4. Rilevamento/misurazione LTD

Per i serbatoi non pressurizzati, la temperatura e la densità del GNL devono essere misurabili su tutta l'altezza del liquido. Lo strumento cosiddetto LTD ("Level, Temperature, Density") deve anche fornire il profilo di temperatura e densità del GNL nel serbatoio, in funzione del livello. Inoltre, tale strumento viene utilizzato per rilevare la formazione di strati di GNL ed evitare che si verifichi un ribaltamento che ne potrebbe derivare.

12.6.3.5. Rilevamento di perdite e incendi

Tra i vari tipi di rilevatori adatti a possibili perdite di GNL su apparecchiature (rilevatori di campo o ambientali) e condotte (rilevatori in linea) il presente report ne distingue molteplici. In riferimento ai rilevatori su aree/attrezzature, queste aree sono sistematicamente dotate di 3 tipi di rilevatori: i sensori catalitici ("esplosimetro") o i sensori di punto IR; i sensori di bassa temperatura ed i rivelatori di fiamma UV/IR o IR3. In alcune aree particolari (area di contenimento, sorveglianza perimetrale, ecc.), possono essere utilizzati sensori a raggi infrarossi. Per quanto concerne invece i rilevatori per condotte, vi è la possibilità di dotarle di fibre ottiche per rilevare una perdita per la caduta di temperatura associata al flusso di GNL molto freddo. Le condotte che trasportano GNL a bassa pressione hanno un secondo rilevamento tramite sensori catalitici o IR installati nei compartimenti delle condotte quando esistono. In punti singolari come gli attraversamenti stradali, le condotte, a doppia guaina sottovuoto, hanno un sensore di pressione per il rilevamento delle perdite. Il numero e la posizione dei rilevatori dovrebbero essere oggetto di uno studio specifico, infatti devono essere impiantati nelle aree di carico/scarico, nel magazzino, e con le relative apparecchiature di processo (riscaldatori, scambiatori di calore, ecc.).

12.6.3.6. Trattamento

Nel dettaglio, il trattamento può essere: esclusione automatica degli allarmi provenienti da rilevatori di perdite o di fiamme e da alcuni rilevatori di anomalie, o dagli operatori che decidono le azioni da intraprendere.

In questo contesto, il numero e le sedi dei BAU devono essere studiati con almeno BAU dedicati alle stazioni di trasferimento, in magazzino, vicino all'unità che raggruppa le apparecchiature per garantire il raffreddamento del GNL e vicino agli uffici operativi.

Quindi, sia che un'operazione di elaborazione sia automatizzata o basata sulle decisioni degli operatori, deve essere definita in anticipo, tenendo conto delle azioni di emergenza più appropriate. Questi possono poi essere utilizzati come impostazioni di sicurezza parziale, quando agiscono solo in parte o in funzione parziale degli impianti. Per quanto riguarda le unità di trattamento, sono possibili due tipologie: una stazione di rilevamento centrale o un sistema di sicurezza automatizzato. Se l'analisi dei rischi mostra la necessità di 2 MMR indipendenti di "rilevamento-trattamento-isolamento" per escludere uno scenario, è necessario avere queste 2 unità in parallelo. Altrimenti, quando, ad esempio, si accettano rilasci prolungati, è sufficiente una sola unità. Il PLC si trova al livello SIL "2" in modo da non penalizzare l'affidabilità dell'intera catena.

12.6.3.7. Trattamento degli eventi accidentali delle navi cisterna per GNL

Per una stazione "porta" occorre considerare un'interfaccia con la metaniera. Le misure di sicurezza associate ai trasferimenti devono essere progettate con una stazione di scarico dotata di valvole di arresto di emergenza comandate a distanza, un cavo di comunicazione/UA (come raccomandato da SIGTTO e richiesto da codici e norme) tra la metaniera e la stazione per attivare un arresto di emergenza se necessario e il sistema "break-away" sui tubi flessibili o PERC sui bracci. Gli arresti di emergenza della nave metaniera e dei bracci hanno 2 livelli di azione a seconda dell'entità della deviazione/anomalia rilevata.

12.6.4. Sistemi di azione d'emergenza

Con i sistemi di azione d'emergenza sono designati i dispositivi utilizzati per rendere sicure le installazioni chiudendo le valvole di intercettazione, fermando le pompe di trasferimento, i compressori, ecc. In generale, e in modo analogo alla situazione della strumentazione, il sistema di azione d'emergenza va distinto dal sistema di monitoraggio del processo.

12.6.4.1. Organi di isolamento

Le valvole azionate da arresti di emergenza hanno caratteristiche fondamentali che devono essere verificate prima dell'installazione e del funzionamento, ossia:

- tipo di strumento;
- motorizzazione (come, ad esempio, elettrica o pneumatica);
- sicurezza positiva: la valvola si sposta nella posizione di isolamento in caso di perdita dell'attuatore;
- sicurezza antincendio (controllo): la valvola sottoposta ad un incendio di GNL mantiene la sua capacità di controllo per un periodo di tempo;
- sicurezza antincendio (tenuta): la valvola sottoposta ad un incendio di GNL mantiene la sua tenuta per un periodo di tempo.

Dove il sito lo permette, le valvole di isolamento sono ad azionamento pneumatico per facilitare la sicurezza positiva (la valvola ha una posizione "fail safe"). Il gas naturale (allora chiamato "gas di servizio") può essere usato per motorizzare le valvole pneumatiche.

Tra i dispositivi di isolamento, si citano anche i seguenti dispositivi:

- i giunti "break-away" o "raccordi flip-flap", montati sui tubi flessibili (progettati per rompersi in caso di eccessiva trazione);
- il "PERC", ossia un dispositivo idraulico che permette lo scollegamento rapido di un braccio di carico al comando dell'operatore, in caso di interruzione di corrente o di superamento dell'inviluppo operativo di un braccio di carico.

12.6.4.2. Dispositivi di controllo in caso di alta pressione e dispositivi di controllo a bassa pressione

Siccome la pressione dei serbatoi deve essere mantenuta tra i valori di esercizio autorizzati, nel funzionamento nominale, essa viene controllata mediante valvole automatiche, che consentono lo scarico del gas (se la pressione è troppo alta) o l'alimentazione del gas. Nel funzionamento nominale (al di fuori della situazione di protezione finale), la dispersione del carico di gas può essere inviata nell'atmosfera solo durante episodi molto occasionali. I volumi di gas emessi nell'atmosfera devono essere ridotti il più possibile. La dispersione del carico nell'atmosfera è accettabile solo per piccole installazioni (tipo di impianto). Le installazioni più grandi dovrebbero prendere in considerazione dispositivi come:

- scarico del carico mediante l'invio di gas alle reti o agli utenti;
- raffreddamento della fase gassosa (ad es. mediante uno scambiatore di azoto liquido);
- raffreddamento della fase liquida (ad es. ciclo di Brayton).

Inoltre, sempre per quanto concerne le situazioni di emergenza, quando la pressione diventa eccessiva, vengono impiantate valvole di sicurezza o eventualmente dischi di rottura per sfogare il gas mediante evaporazione, movimento, flash, cambiamenti di pressione, ricircolo ad alto flusso di una pompa, traboccamento nello spazio interparete e Roll Over.

Il serbatoio deve comprendere almeno due valvole di sovrappressione che possono rilasciare gas direttamente nell'atmosfera, tranne quando l'emissione di gas di emergenza porta ad una situazione inaccettabile. In alternativa, è anche possibile installare una sola valvola di sicurezza e un solo disco di rottura (al posto di entrambe le valvole). Per ridurre al minimo le aperture delle valvole, o la rottura del disco, si raccomanda di fornire al sistema di controllo una valvola di sfiato che riduca la pressione prima di aprire le valvole.

Per quanto concerne invece il caso dei dispositivi a bassa pressione, il gas di alimentazione può essere generato vaporizzando il GNL tramite un'unità PBU (accumulo di pressione). Il vaporizzatore è installato su un punto di intercettazione della linea di riempimento con un ritorno di fase gassosa dal serbatoio.

12.6.5. Sistemi di raccolta dello sfiato

In caso di sovrappressione nei serbatoi e quindi in caso di scarico del gas attraverso un sistema di controllo oppure tramite valvole, occorre studiare la modalità di sfiato più adatta. Se nel flusso di gas sono presenti goccioline di liquido, il sistema di raccolta deve essere in grado di separarle e non inviarle nell'atmosfera con il gas. È quindi necessario installare sistemi di separazione liquido-gas a monte dello sfiato, come ad esempio un serbatoio di separazione.

Il sistema di raccolta degli sfiati può essere costituito da un unico sfogo comune (o torcia) o da più piccoli sfiati distribuiti in tutto il sito. In entrambi i casi il suo orientamento o i suoi orientamenti devono soddisfare le funzionalità e gli obiettivi di cui sopra. Pertanto, nessun elemento che possa causare un blocco involontario può essere installato tra l'ultimo dispositivo di sicurezza (di solito una valvola) e l'uscita dello sfiato (o della torcia).

12.6.6. Sistemi di raccolta delle perdite

12.6.6.1. Funzioni e obiettivi

Il sistema di recupero delle perdite è progettato per trattenere il GNL localmente in corrispondenza della rottura o in una sede separata. Gli obiettivi di sicurezza sono di duplice tipo: ridurre l'estensione di una chiazza e di conseguenza le dimensioni di una nube esplosiva, nonché impedire la formazione di un incendio di pozza che generi un flusso intenso e prolungato su una capacità di GNL (serbatoi, cisterna, ecc.). Il dimensionamento di un tale sistema richiede il riferimento a scenari di perdita di fase liquida e la considerazione delle condizioni e del tempo di isolamento per questi scenari (ossia il tempo di risposta MMR). Questi elementi possono essere estratti dallo "Studio sui pericoli", come stabilito in Francia. In particolare, le perdite devono essere esaminate attraverso tutte le prese che non possono essere isolate da 2 dispositivi di isolamento: spina e/o valvola telecomandabile. Le frequenze di queste perdite possono infatti essere abbastanza alte da creare, insieme alla gravità, un rischio inaccettabile.

12.6.6.2. Aree di recupero

Le aree di recupero devono essere progettate sulla base di aree in calcestruzzo, circondate da canalizzazioni, o vasche in cemento armato, in linea con l'attrezzatura principale e con sufficienti pendenze dirette verso le canalizzazioni. Le canalizzazioni possono essere rivestite con pannelli leggeri sia per limitare l'evaporazione

che per evitare una situazione di propagazione della fiamma in un ambiente confinato e allungato che favorisce forti accelerazioni della fiamma e come risultato di esplosioni con alte sovrappressioni.

12.6.6.3. Capacità di contenimento

Le capacità di contenimento o i serbatoi di contenimento sono più spesso da compensare in modo che, in caso di accensione, i flussi di calore associati all'incendio di pozza non colpiscano l'apparecchiatura circostante riscaldandola pericolosamente.

Successivamente le capacità devono essere dimensionate tenendo conto delle quantità di GNL che possono essere accidentalmente fuoriuscite per essere estratte da studi di rischio o di sicurezza. In particolare, il tasso di evaporazione di ogni vasca può essere ridotto al minimo per mezzo di un dispositivo di tipo a schermo galleggiante. La necessità o meno di questo tipo di apparecchiature dipende dal contesto e dai risultati degli studi sui pericoli.

In caso di impianti di stoccaggio non pressurizzati, gli scarichi di GNL sono a priori i più probabili che si traducano in applicazioni terrestri. In questo contesto, la migliore tecnologia è quella di posizionare le condotte, ed in particolare le lunghe condotte che collegano le stazioni di trasferimento delle navi all'impianto di stoccaggio, in una "condotta", con pareti laterali in cemento, situata sopra il terreno o nel terreno.

12.6.7. Sistema di protezione antincendio

In Tabella 87 vengono riportate le funzioni che possono essere fornite da un sistema di protezione antincendio (anche se a volte anche di protezione dalle esplosioni); il tipo di apparecchiatura che svolge queste funzioni ed infine le osservazioni/informazioni.

Tabella 87. Funzioni di protezione antincendio

FUNZIONI	ATTREZZATURA
Diluizione/dispersione delle nubi	Cortina d'acqua
Prevenzione dell'accensione del serbatoio di GNL	Schiuma di sbarramento
Miscelazione incendio bacino GNL	Schiuma di sbarramento
Estintori per autocisterne	Estintore mobile
Raffreddamento delle capacità	Spruzzatura di acqua
Protezione dell'ufficio operativa, sala strumentazione	Spruzzatura di acqua
Protezione degli impianti vicini	Cortina d'acqua e Spruzzatura di acqua

12.6.8. Effetti domino

Una delle funzioni importanti del sistema antincendio è sicuramente quella di evitare il verificarsi di diversi fenomeni pericolosi, più spesso chiamati "effetti domino". Il controllo degli effetti domino è in pratica spesso garantito dalle scelte di ubicazione o da barriere come, ad esempio, un muro di protezione. Occorre considerare in modo "convenzionale" gli impatti tra due impianti pericolosi, ma anche tra un'installazione pericolosa ed elementi sensibili come, ad esempio, i principali mezzi di protezione antincendio i luoghi che ospitano gli operatori ed i telecomandi dei mezzi di sicurezza.

Projet TDI RETE-GNL

Technologies et dimensionnement des installations pour le RÉSEAU de distribution primaire de GNL dans les ports de la zone transfrontalière

Output T2.1.1 “Étude pour un plan d'action conjoint pour le GNL en zone portuaire”



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Sommario

1. DESCRIPTION ET RÉSULTAT DU PROJET T2.1.1 (ÉTUDE POUR UN PLAN D'ACTION COMMUN POUR LE GNL DANS LA ZONE PORTUAIRE)	9
2. FICHE RÉCAPITULATIVE PRODUIT T2.1.1 "BILAN DES PROJETS ET ÉTUDES CONSACRÉS À L'OFFRE ET À LA DEMANDE DE SERVICES D'AVITAILLEMENT DANS LES PORTS" 15	
2.1. Objectif du produit T2.1.1	15
2.2. Section A: Projets européens	17
2.3. Section C: Documents académiques	25
2.3.1. <i>Les dimensions spatiales et temporelles</i>	34
2.3.2. <i>La perspective théorique adoptée (theoretical perspective)</i>	35
2.3.3. <i>Le type de document et la méthode appliquée</i>	37
2.3.4. <i>Technologies de soutage</i>	39
3. FICHE RÉCAPITULATIVE PRODUIT T2.1.2 " RAPPORT DE CARTOGRAPHIE DE LA DEMANDE "	41
3.1. Objectif du produit T2.1.1	41
3.2. La demande de GNL: caractéristiques et spécificités	41
3.3. La demande de GNL dans le secteur maritime-portuaire: le modèle conceptuel proposé 42	
3.3.1. <i>Demande maritime</i>	43
3.3.2. <i>Demande portuaire de GNL</i>	44
3.3.3. <i>Demande terrestre de GNL</i>	44
3.4. Profils méthodologiques liés à l'analyse de la demande de GNL	45
3.4.1. <i>Demande de GNL maritime: délimitation du champ d'enquête, sources de collecte des données et structure du questionnaire aux armateurs.</i>	45
3.5. Cartographie de la demande maritime de GNL: résultats de l'analyse empirique	48
3.5.1. <i>Analyse de l'état actuel et prospectif de la flotte internationale propulsée au GNL</i>	48
3.5.2. <i>Analyse de la flotte au GNL opérant en Europe</i>	52
3.5.3. <i>Analyse de la flotte au GNL exploitée par des armateurs italiens et français</i>	56
3.5.4. <i>Analyse de la flotte alimentée au GNL dans la zone méditerranéenne et dans la zone du programme.</i> 57	
3.6. Cartographie de la demande portuaire de GNL: résultats de l'analyse empirique	58
3.6.1. <i>Terminal general cargo</i>	58
3.6.2. <i>Vrac liquide</i>	59
3.6.3. <i>Vrac solide</i>	59
3.6.4. <i>Construction navale</i>	59
3.6.5. <i>Terminal passagers</i>	60
3.6.6. <i>Ports de plaisance</i>	60
3.6.7. <i>Autres activités</i>	60
3.6.8. <i>Calcul des KPI liés à la consommation d'énergie du port</i>	60
3.6.9. <i>Méthodologie utilisée</i>	61

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Étude pour un plan d'action conjoint pour le GNL en zone portuaire"



Interreg



UNION EUROPÉENNE
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



3.6.10.	<i>Analyse des besoins énergétiques du port de Gênes</i>	63
3.6.11.	<i>Analyse des besoins énergétiques du port de Livourne</i>	63
3.6.12.	<i>Analyse des besoins énergétiques du port de Toulon</i>	63
3.7.	Cartographie de la demande de terrain de GNL: résultats de l'enquête empirique	65
3.7.1.	<i>Demande de soutage de GNL connectée au parc de véhicules terrestres GNL</i>	65
3.7.2.	<i>Réflexions sur la consommation potentielle de GNL dans la zone industrielle</i>	67
4.	FICHE RÉCAPITULATIVE PRODUIT T2.1.3 " ETUDE POUR UN PLAN D'ACTION COMMUN POUR LE GNL DANS LA ZONE PORTUAIRE "	69
4.1.	Objectif du produit T2.1.3	69
4.2.	Examen des systèmes d'approvisionnement pour l'avitaillement, le stockage et la distribution de GNL: principales solutions technologiques.	70
4.3.	Profils méthodologiques	70
4.3.1.	<i>Activités de type « en ligne recherche »</i>	71
4.3.2.	<i>Activités de type «sur le terrain»</i>	74
4.4.	Résultats de la recherche empirique	74
4.4.1.	<i>Positionnement du système d'infrastructure pour le GNL de la zone du programme par rapport à l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement européenne et au bassin méditerranéen</i>	74
4.4.2.	<i>Infrastructure pour le GNL en Italie: l'état de l'art</i>	76
4.4.3.	<i>Infrastructure de soutage et de stockage de GNL dans les ports de Ligurie</i>	80
4.4.4.	<i>Infrastructure de soutage et de stockage de GNL dans les ports de la Toscane</i>	84
4.4.5.	<i>Infrastructure de soutage et de stockage de GNL dans les ports de Sardaigne</i>	86
4.4.6.	<i>Les infrastructures GNL en France: l'état de l'art</i>	90
4.4.7.	<i>Infrastructure de soutage et de stockage de GNL dans les ports de la région PACA</i>	91
4.4.8.	<i>Infrastructure de soutage et de stockage de GNL dans les ports corses</i>	92
4.4.9.	<i>Considérations générales sur l'état actuel et futur des infrastructures de soutage et de stockage de GNL dans les ports de la Zone d'Objectif du Programme</i>	92
4.5.	Business cases et bonnes pratiques dans les ports méditerranéens	95
5.	FICHE RÉCAPITULATIVE PRODUIT T2.2.1 "LIGNES DIRECTRICES POUR LA LOCALISATION ET LE DIMENSIONNEMENT DES INSTALLATIONS PORTUAIRES / DÉPÔTS DE GNL "	97
5.1.	Finalités du produit T2.2.1	97
5.2.	Aspects introductifs	97
5.2.1.	<i>Le cadre réglementaire</i>	97
5.2.2.	<i>Considérations techniques sur l'utilisation comme combustible marin</i>	98
5.2.3.	<i>Criticités liées à l'utilisation du GNL pour la propulsion marine</i>	98
5.2.4.	<i>Systèmes de soutage et chaînes d'approvisionnement</i>	99
5.3.	Composants des installations de GNL et des dépôts portuaires	101
5.3.1.	<i>Utilisateurs navals</i>	102
5.3.2.	<i>Transfert de GNL : camions-citernes et conteneurs ISO</i>	102
5.3.3.	<i>Transfert par navire</i>	102

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Étude pour un plan d'action conjoint pour le GNL en zone portuaire"



5.3.4.	<i>Stockage au sol</i>	103
5.4.	Macro-localisation des installations portuaires et des dépôts de GNL	103
5.4.1.	<i>Exemples de réseaux de soutage et de réseaux SSLNG</i>	104
5.4.2.	<i>Possibilités de ravitaillement</i>	105
5.4.3.	<i>Exemples d'évaluation dans le zone cible</i>	105
5.4.4.	<i>Références réglementaires</i>	106
5.4.5.	<i>Processus d'autorisation</i>	107
5.5.	Micro-localisation des installations de GNL	107
5.6.	Le dimensionnement des installations de GNL et des installations de stockage dans l'environnement maritime et portuaire	107
6.	FICHE RÉCAPITULATIVE PRODUIT T2.2.2 "BONNES PRATIQUES POUR LA PLANIFICATION DE LA DISPOSITION ET L'ORGANISATION DES PROCESSUS"	111
6.1.	Finalités du produit T2.2.2	111
6.2.	Business cases - port de Gênes	112
6.2.1.	<i>Introduction</i>	113
6.2.2.	<i>Description du système</i>	113
6.2.3.	<i>Aspects du projet, d'autorisation et de construction</i>	113
6.2.4.	<i>Emplacement</i>	114
6.2.5.	<i>Procédures de fourniture pour le bunker</i>	114
6.2.6.	<i>Utilitaires et distribution</i>	114
6.2.7.	<i>Dimensionnement et indicateurs de performance clés (KPI)</i>	114
6.2.8.	<i>Layout et processus</i>	115
6.2.9.	<i>Procédures de sûreté et de sécurité</i>	116
6.2.10.	<i>Contraintes environnementales</i>	116
6.3.	Business cases port de Savona-Vado Ligure	116
6.3.1.	<i>Introduction</i>	117
6.3.2.	<i>Description du système</i>	117
6.3.3.	<i>Aspects de projet, d'autorisation et de construction</i>	117
6.3.4.	<i>Emplacement</i>	117
6.3.5.	<i>Procédures de fourniture pour le bunker</i>	117
6.3.6.	<i>Utilitaires et distribution</i>	118
6.3.7.	<i>Dimensionnement et indicateurs de performance clés (KPI)</i>	118
6.3.8.	<i>Layout et processus</i>	118
6.3.9.	<i>Procédures de sûreté et de sécurité</i>	119
6.3.10.	<i>Contraintes environnementales</i>	119
6.4.	Business cases - port de Livourne	119
6.4.1.	<i>Introduction</i>	119
6.4.2.	<i>Description du système</i>	119



6.4.3.	<i>Aspects de projet, d'autorisation et de construction.</i>	120
6.4.4.	<i>Emplacement.</i>	120
6.4.5.	<i>Procédures de fourniture pour le bunker.</i>	120
6.4.6.	<i>Utilitaires et distribution.</i>	121
6.4.7.	<i>Dimensionnement et indicateurs de performance clés (KPI).</i>	121
6.4.8.	<i>Procédures de sûreté et de sécurité.</i>	121
6.4.9.	<i>Contraintes environnementales.</i>	121
6.5.	Business cases - port de Cagliari.	121
6.5.1.	<i>Introduction.</i>	122
6.5.2.	<i>Description du système.</i>	123
6.5.3.	<i>Aspects de projet, d'autorisation et de construction.</i>	124
6.5.4.	<i>Emplacement.</i>	125
6.5.5.	<i>Procédures de fourniture pour le bunker.</i>	125
6.5.6.	<i>Utilitaires et distribution.</i>	126
6.5.7.	<i>Dimensionnement et indicateurs de performance clés (KPI).</i>	126
6.5.8.	<i>Layout et processus.</i>	127
6.5.9.	<i>Procédures de sûreté et de sécurité.</i>	128
6.5.10.	<i>Contraintes environnementales.</i>	128
6.6.	Business cases - port de Oristano.	129
6.6.1.	<i>Introduction.</i>	130
6.6.2.	<i>Description du système.</i>	131
6.6.3.	<i>Aspects de projet, d'autorisation et de construction.</i>	131
6.6.4.	<i>Emplacement.</i>	132
6.6.5.	<i>Procédures de fourniture pour le bunker.</i>	132
6.6.6.	<i>Utilitaires et distribution.</i>	133
6.6.7.	<i>Dimensionnement et indicateurs de performance clés (KPI).</i>	134
6.6.8.	<i>Layout et processus.</i>	135
6.6.9.	<i>Procédures de sûreté et de sécurité.</i>	136
6.6.10.	<i>Contraintes environnementales.</i>	137
6.7.	BUSINESS CASES - PORT DE TOULON.	139
6.7.1.	<i>Introduction.</i>	139
6.7.2.	<i>Description du système.</i>	139
6.7.3.	<i>Aspects de projet, d'autorisation et de construction.</i>	140
6.7.4.	<i>Emplacement.</i>	140
6.7.5.	<i>Procédures de fourniture pour le bunker.</i>	141
6.7.6.	<i>Utilitaires et distribution.</i>	141
6.7.7.	<i>Dimensionnement et indicateurs de performance clés (KPI).</i>	141
6.7.8.	<i>Layout et processus.</i>	141



6.7.9.	<i>Procédures de sûreté et de sécurité</i>	141
6.7.10.	<i>Contraintes environnementales</i>	142
7.	FICHE RÉCAPITULATIVE PRODUIT T2.3.1 "OUTILS DE GESTION POUR L'ÉVALUATION DES INVESTISSEMENTS DANS LES INSTALLATIONS D'APPROVISIONNEMENT ET DE STOCKAGE DE GNL DANS LES PORTS"	143
7.1.	Objectif du produit T2.3.1	143
7.2.	Profils méthodologiques	143
7.3.	Description des postes de coût	144
7.4.	Évaluation économique-financière des différentes solutions de soutage GNL	146
7.4.1.	<i>Ship to Ship (STS)</i>	146
7.4.2.	<i>Truck to Ship (TTS)</i>	150
7.4.3.	<i>Pipe to Ship (PTS)</i>	153
7.4.4.	<i>Comparaison des coûts OPEX-CAPEX des différentes solutions de soutage de GNL analysées</i> 157	
7.5.	Analyse du mark up multi-scenario	160
7.6.	Mécanismes incitatifs pour les investissements dans les technologies "green"	172
8.	FICHE RÉCAPITULATIVE PRODUIT T2.3.2 "OUTILS DE GESTION POUR L'ÉVALUATION DES INVESTISSEMENTS DANS LES INSTALLATIONS D'APPROVISIONNEMENT ET DE STOCKAGE DE GNL DANS LES PORTS"	173
8.1.	Objectif du produit T2.3.2	173
8.2.	Analyse de l'état de l'art sur les cycles cogeneratifs et trigeneratifs	173
8.2.1.	<i>Technologies de cogénération</i>	174
8.2.2.	<i>Bénéfices résultant de l'utilisation de la cogénération</i>	180
8.3.	Aspects thermodynamiques et réduction de l'impact environnemental des centrales cogénératives	181
8.4.	Évaluation économique et financière des coûts liés aux technologies de cogénération	182
8.5.	Besoins énergétiques des zones portuaires de la zone de référence	185
8.6.	Exemples d'application de plantes cogénératives et trigénératives	190
8.7.	État de la technique et examen des profils empiriques liés aux applications des usines de co- et de trigénération de GNL dans les ports maritimes au niveau national	191
8.8.	Co- et tri-generation dans le domaine port maritime: bonnes pratiques au niveau international	194
9.	FICHE RÉCAPITULATIVE PRODUIT T2.4.1 "RAPPORT DE CLASSIFICATION ET EXAMEN DES RISQUES DES INSTALLATIONS DE GNL DANS LA ZONE PORTUAIRE"	196
9.1.	Objectif du produit T2.4.1	196
9.2.	Les principes réglementaires internationaux, européens et nationaux	196
9.3.	Méthodologie d'analyse des risques	198
9.3.1.	<i>Le concept de risque</i>	198
9.3.2.	<i>Méthodes d'évaluation</i>	198
9.3.3.	<i>Valeurs seuils et critères d'acceptabilité</i>	199
9.4.	Caractéristiques des GNL et taxonomie des risques	200



9.4.1.	<i>Limites d'inflammabilité</i>	200
9.4.2.	<i>Comparaison GNL/GPL</i>	200
9.4.3.	<i>Gaz d'évaporation (boil-off gas)</i>	201
9.4.4.	<i>Contact GNL</i>	201
9.4.5.	<i>Stratification et roll-over</i>	201
9.4.6.	<i>Sloshing</i>	201
9.4.7.	<i>Transition rapide de phase (Rapid Phase Transition)</i>	202
9.4.8.	<i>BLEVE (boiling liquid expanding vapour explosion)</i>	202
9.4.9.	<i>Explosion d'un nuage de vapeur (Vapor Cloud Explosion - VCE)</i>	202
9.4.10.	<i>Jet fire, pool fire e flash fire</i>	202
9.4.11.	<i>Asphyxie</i>	202
9.4.12.	<i>Terrorisme</i>	203
9.4.13.	<i>Tremblements de terre</i>	203
9.4.14.	<i>Pertes de GNL</i>	203
9.5.	Systèmes de transfert de gaz naturel liquéfié	203
9.6.	La gestion des risques dans le secteur portuaire	204
9.6.1.	<i>La définition des zones</i>	205
9.7.	Application préliminaire dans la zone portuaire	207
10.	FICHE RÉCAPITULATIVE PRODUIT T2.4.2 " BASE DE DONNÉES DES ACCIDENTS ET DES RISQUES"	214
10.1.	Objectif du produit T2.4.2	214
10.2.	Classification des différents types de risques et dangers	214
10.3.	Classification des risques adoptée dans la base de données et autres profils méthodologiques 215	
10.4.	Résumé des principaux résultats observés	218
10.5.	Un exemple d'application de l'analyse des risques : le cas français	220
11.	FICHE RÉCAPITULATIVE PRODUIT T2.4.3 "LIGNES DIRECTRICES POUR LA MÉTHODOLOGIE ACV DANS LES SYSTÈMES D'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE"	223
11.1.	Objectif du produit T2.4.3	223
11.2.	Aspects généraux de l'avitaillement en GNL	223
11.2.1.	<i>Nature et caractéristiques du gaz naturel liquéfié (GNL)</i>	223
11.2.2.	<i>Avantages environnementaux du GNL</i>	223
11.2.3.	<i>Chaîne logistique du GNL</i>	224
11.2.4.	<i>Mode de soutage du GNL</i>	225
11.3.	La méthode d'Analyse du Cycle de Vie (ACV)	227
11.3.1.	<i>Généralités et objectifs de la méthode d'analyse du cycle de vie (ACV)</i>	227
11.3.2.	<i>La norme de référence pour l'analyse du cycle de vie</i>	227
11.3.3.	<i>Cadre de référence conceptuel pour l'ACV de soutage de GNL</i>	228
11.4.	Éléments d'impact environnemental liés à l'utilisation du GNL	235



11.4.1.	<i>Système d'interface entre les ports et les navires</i>	235
11.4.2.	<i>Installation côté port (Port Side)</i>	239
11.4.3.	<i>BREF - Best Available Techniques Reference</i>	247
11.5.	Lignes directrices pour l'application de la méthode Ica au soutage de GNL	247
11.5.1.	<i>Éléments pour l'analyse de l'inventaire (LCI) et l'évaluation de l'impact du cycle de vie (LCIA)</i>	248
11.6.	Spécificités géographiques dans l'application de LCA	256
11.7.	Domaines d'application de la LCA	256
12.	FICHE RÉCAPITULATIVE PRODUIT T2.4.4 " BONNES PRATIQUES DE RÉDUCTION DES RISQUES ET IMPACTS DU GNL "	259
12.1.	Objectif du produit T2.4.4	259
12.2.	Risques et dangers générés par les installations de GNL	259
12.2.1.	<i>Dangers liés aux caractéristiques du GNL</i>	259
12.2.2.	<i>Risques liés aux opérations de stockage et de soutage du GNL</i>	260
12.2.3.	<i>Risques liés aux aspects externes des installations</i>	261
12.3.	Situation des principales directives, codes, normes et guides sur le soutage de GNL	262
12.3.1.	<i>Directives européennes</i>	262
12.3.2.	<i>Codes internationaux</i>	262
12.3.3.	<i>Autres normes de référence</i>	263
12.4.	Les bonnes pratiques pour la réduction des risques et des impacts	264
12.4.1.	<i>Grands principes de mise en œuvre</i>	264
12.4.2.	<i>Grands principes de sécurité</i>	265
12.4.3.	<i>Dispositions relatives à la construction et obstacles techniques</i>	266
12.4.4.	<i>Mesures organisationnelles</i>	266
12.5.	L'analyse des risques appliquée au cas de la Corse	266
12.5.1.	<i>Danger : soutage de GNL</i>	266
12.5.2.	<i>Exemple de zone de sécurité</i>	267
12.6.	Recommandations de bonnes pratiques (contribution du CCIVAR/TECHNIP FMC)	267
12.6.1.	<i>Conduites de raccordement pour le stockage sous pression et conduites de raccordement pour les entrepôts non pressurisés</i>	267
12.6.2.	<i>Chaîne de sécurité / MMR dite instrumentée</i>	268
12.6.3.	<i>Détection</i>	269
12.6.4.	<i>Traitement</i>	270
12.6.5.	<i>Systèmes d'action d'urgence</i>	271
12.6.6.	<i>Systèmes de collecte d'air</i>	272
12.6.7.	<i>Systèmes de collecte des pertes</i>	272
12.6.8.	<i>Sistema di protezione antincendio</i>	273
12.6.9.	<i>Effets domino</i>	273

1. DESCRIPTION ET RÉSULTAT DU PROJET T2.1.1 (ÉTUDE POUR UN PLAN D'ACTION COMMUN POUR LE GNL DANS LA ZONE PORTUAIRE)

Le projet Interreg Italie-France Maritime 1420 «Technologies et dimensionnement des installations pour le RÉSEAU de distribution primaire de GNL dans les ports de la zone transfrontalière» (TDI RETE-GNL) vise à améliorer la durabilité des activités portuaires commerciales, contribuant à la réduction des émissions en soutenant la planification et le développement des infrastructures de ravitaillement et de stockage de GNL dans les ports de la zone du programme. L'objectif poursuivi est en effet d'encourager l'utilisation du gaz naturel liquéfié (GNL) comme carburant alternatif pour la navigation, en référence à différents types de navires. Le projet TDI RETE-GNL est un projet appartenant à la catégorie "simple", d'une durée de 30 mois dont le partenariat constitué de :

- ✓ Chef de file : Université de Gênes - Centre d'excellence italien sur les infrastructures et la logistique et les transports (UNIGE-CIELI), chef de projet scientifique Prof. Giovanni Satta,
- ✓ Partenaire 2 : Université de Pise, partenaire scientifique Prof. Romani Giglioli,
- ✓ Partenaire 3 : Université de Cagliari - Département des sciences économiques et commerciales (UNICA-CIREM), partenaire scientifique Prof. Paolo Fadda,
- ✓ Partenaire 4 : Office des Transports de la Corse (OTC), Directeur associé Dr. Josè Bassu,
- ✓ Partenaire 5 : Chambre de Commerce et d'Industrie du Var (CCIV), Directeur associé Dr. Elena Tonon.

Considérant la nécessité de développer une approche systémique et intégrée du problème lié à la disponibilité des services de soutage et de stockage de GNL dans les ports de la zone du programme, le projet a identifié les bases communes à adopter dans l'espace maritime transfrontalier Italie-France qui permettent la création d'un réseau primaire de distribution de GNL basé sur des caractéristiques technologiques homogènes et l'adoption de procédures liées aux opérations de soutage qui soient au moins connues et partagées entre les acteurs de la chaîne d'approvisionnement correspondante dans les mêmes ports.

Le système global de fourniture de services de soutage de GNL dans l'environnement portuaire maritime et la chaîne d'approvisionnement correspondante doivent en effet être planifiés (en termes de localisation, de dimensionnement et de sélection des options technologiques à adopter) à la fois par les décideurs politiques compétents et par les parties privées intéressées par les activités susmentionnées (par exemple, les opérateurs de terminaux, les compagnies de navigation, etc.), afin de répondre aux besoins quantitatifs et qualitatifs exprimés par la demande de l'armateur et des autres utilisateurs et clients potentiels dans la chaîne technologique-production. À cette fin, le projet s'est fixé pour objectif d'identifier des solutions opérationnelles innovantes en réponse aux besoins de transport et de connexion logistique entre des zones géographiquement proches, qui augmenteront la durabilité à long terme des activités portuaires maritimes, grâce à la diffusion du GNL comme carburant de substitution.

Le projet, grâce au développement de produits techniques et scientifiques spécifiques (décrits et brièvement examinés ci-dessous) a atteint les résultats cognitifs attendus lors de la définition de la forme du projet. En détail, le projet TDI RETE-GNL a prévu la réalisation de deux produits finaux qui consistent en la préparation d'un rapport pour la définition de normes technologiques et de procédures communes pour le soutage du GNL (auquel ce document fait référence), et d'un plan d'action intégré au

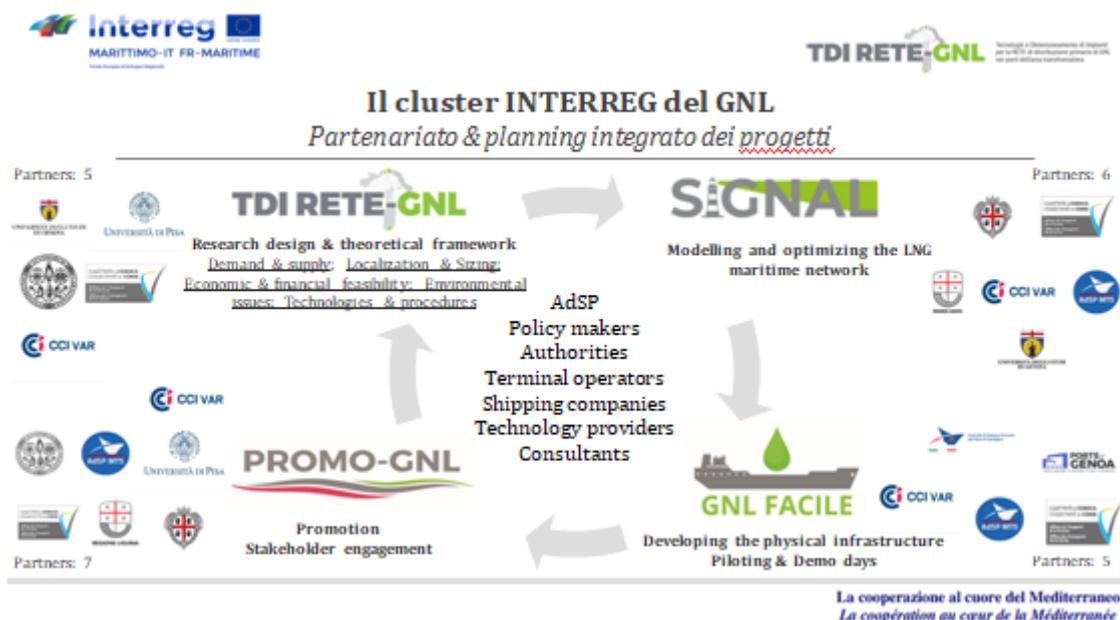
profit des ports. Dans l'ensemble, le projet, grâce à la collaboration et à l'intégration entre les différents partenaires et au dialogue continu avec les parties prenantes concernées, permet de définir :

- les solutions technologiques normalisées possibles et les procédures et protocoles opérationnels partagés possibles à appliquer dans le cadre des activités de ravitaillement et de stockage du GNL dans les ports de la zone de programme (volet T1 "Lignes directrices pour la normalisation des options technologiques et des procédures opérationnelles pour le ravitaillement et le stockage du GNL dans les ports de la zone de programme") ;
- une étude préparatoire pour la mise en œuvre d'un plan d'action commun pour les ports qui envisage simultanément l'emplacement possible et le dimensionnement (optimal) des installations du réseau de distribution primaire/des dépôts, en vérifiant leurs externalités et leur viabilité financière (volet T2 "Préparation d'un plan d'action commun intégré pour la planification et le développement des installations de soutage de GNL dans les ports de la zone de programme").

En poursuivant les actions et les objectifs communs du projet, le partenariat de projet TDI RETE-GNL a toujours suivi une approche systémique en prévoyant pendant la durée du projet de multiples actions de capitalisation et de diffusion des résultats.

Cela s'est fait par le biais d'activités de coordination technique et scientifique concernant le LNG CLUSTER (projets de la IIème Notice Interreg Maritime Italie France : TDI RETE-GNL, SIGNAL, PROMO, EASY LNG), mais aussi par la participation à divers événements organisés au sein du Westmed- Blue Economy Initiative-National Hub, soutenu par la Commission européenne (voir en ce sens la participation à l'Euromaritime à Marseille), et l'implication dans d'autres initiatives de collaboration telles que la participation à la table de dialogue avec le MIT et le MISE pour identifier de nouveaux scénarios de coopération sur les questions de GNL.

Figure 1. Le cluster INTERREG du GNL : partenariat & planification intégrée des projets.



TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Étude pour un plan d'action conjoint pour le GNL en zone portuaire"

En outre, le chef de file du projet UNIGE-CIELI a signé, avec la Région Ligurie, l'Autorité du système portuaire maritime de la Ligurie occidentale et orientale, la Capitainerie, la Ville métropolitaine et la Municipalité de Gênes et d'autres institutions, le protocole d'accord pour la promotion, la diffusion, la mise en œuvre et l'acceptation sociale d'un réseau de distribution de gaz naturel liquéfié en Ligurie, à compter du 2 décembre 2019¹.

Figure 2. Adhésion au protocole d'accord pour la promotion, la diffusion, la construction et l'acceptation sociale d'un réseau de distribution de gaz naturel liquéfié en Ligurie.



Compte tenu de ce qui précède, ce document constitue le produit T2.1.1 "Etude pour un plan d'action conjoint pour le GNL dans la zone portuaire" du projet. Le document est la synthèse et la relecture analytique des différents produits techniques développés par le partenariat dans le cadre de l'activité T2.1, 2.2., 2.3, 2.4 visée dans la composante T2 :

- Activité T2.1 : Analyse des principales conditions de l'offre et de la demande au niveau actuel et futur dans la zone de programme
- Activité T2.2 : Étude sur la localisation et le dimensionnement des différentes infrastructures et des composants du système GNL qui y sont liés
- Activité T2.3 : Évaluation économique et financière
- Activité T2.4 : Lignes directrices pour l'évaluation des externalités et de l'impact environnemental

Ces activités visent notamment à :

- définir un ensemble de connaissances communes et partagées sur l'état actuel et futur de la demande et de l'offre de services de soutage de GNL dans les ports de la zone cible,

¹ Le protocole signé représente un seuilicum sur le territoire national et vise à introduire le GNL comme carburant alternatif pour des activités portuaires plus respectueuses de l'environnement et à répondre à la demande croissante de GNL côté terre, ainsi qu'à représenter un cadre d'interprétation unitaire pour expliquer ses avantages pour l'environnement et la sécurité. Le protocole permet également aux acteurs qui l'ont signé de participer activement à l'identification des lieux où placer d'éventuels systèmes de soutage et de stockage pour la demande côté mer.



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



- Fournir des modèles conceptuels pour appuyer les décisions sur l'emplacement et le dimensionnement des installations de ravitaillement et de stockage de GNL dans les ports cibles,
- préparer les premiers modèles théoriques et outils de gestion opérationnelle pour soutenir les évaluations préliminaires de la viabilité économique et financière des projets d'installations de GNL dans la zone portuaire
- développer un corpus commun de connaissances fonctionnelles pour garantir une attention maximale dans l'évaluation des externalités et des impacts environnementaux liés au GNL, en tenant compte des risques et de la criticité potentielle.

L'utilité et la validité du produit dépendent également de la capacité effective de diffuser et de disséminer les résultats de la recherche en question, en atteignant de manière ciblée les différents groupes et catégories d'acteurs de nature publique, privée ou mixte qui sont intéressés par les activités en question.

C'est précisément pour cette raison que les activités mentionnées ci-dessus, la préparation des produits connexes et la formulation des résultats liés à la composante T2 ont été conçus et développés en étroite collaboration entre tous les partenaires du projet qui ont contribué aux résultats finaux et qui ont chacun pour la partie de compétence de développer un réseau technique fonctionnel pour obtenir une large diffusion sur le territoire transfrontalier des résultats techniques et scientifiques partagés.

Le résultat est basé sur une série d'études conjointes intégrées les unes aux autres afin d'arriver à un document de synthèse qui présente une structure logique "tabulaire". Cette solution formelle, choisie par le partenariat, est strictement fonctionnelle afin que le document puisse devenir un outil "agile" et "intelligent", mais en même temps techniquement détaillé, pour transmettre les résultats du projet aux différentes catégories de groupes cibles et de parties prenantes qui ont des besoins d'information, des compétences techniques, un savoir-faire et des exigences fonctionnelles très hétérogènes en ce qui concerne le GNL.

La structure formelle choisie est également conforme à la nécessité de mettre à la disposition de ces groupes cibles et parties prenantes une série d'outils analytiques pour soutenir les processus décisionnels qui sont suffisamment rationalisés et efficaces pour garantir leur nature conviviale et leur utilisation efficace. Ce profil est particulièrement pertinent si l'on considère que ces outils doivent également permettre aux décideurs politiques de les aider à prendre des décisions sur les questions de GNL dans le contexte maritime-portuaire. Bien entendu, outre les résultats de ce projet, il reste la possibilité pour toutes les catégories de groupes cibles et de parties prenantes de consulter et d'examiner les produits techniques individuels du projet liés aux activités T.2.1, T2.2, T2.3, T2.4. La documentation pertinente est en fait disponible dans la section TDI RETE-GNL de la plate-forme web fournie par le programme INTERREG ITA-FRA Marittimo 1420 (<https://web.regione.toscana.it/marittimo>).

Il convient également de souligner que, compte tenu de la nature des principaux partenaires du projet et du rôle du projet lui-même en ce qui concerne le cluster GNL, les activités, les produits techniques et les résultats finaux de TDI RETE-GNL présentent également une valeur et une pertinence de nature académique et scientifique, ce qui est significatif en ce qui concerne l'impartialité des résultats et des objectifs de recherche. En fait, une grande partie des conclusions ont été validées sur le plan technique et scientifique grâce au partage et au retour d'informations obtenus dans d'importants forums universitaires et scientifiques tels que la conférence 2019 de l'Association internationale des

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Étude pour un plan d'action conjoint pour le GNL en zone portuaire"

économistes maritimes (AIEM) à Athènes, la conférence 2020 de l'AIEM à Hong Kong et la participation à des événements tels que la semaine maritime de Gênes 2019, la conférence GNL 2019 et la semaine maritime de Naples 2020.

Toujours en référence à la nature partagée et participative du projet, il est nécessaire de souligner que le projet est basé sur l'implication de groupes cibles identifiés, conformément au formulaire de projet, en 3 catégories de base, à savoir :

- ✓ Organismes de droit public : le projet a impliqué les gestionnaires de ports et d'autres autorités locales compétentes dans la définition de normes technologiques et procédurales pour le stockage et la fourniture de GNL. La participation active au projet d'organismes de droit public de différentes zones géographiques incluses dans la zone du Programme renforce la valeur transfrontalière du projet et devient essentielle pour garantir des opportunités concrètes de diffusion de résultats techniques et scientifiques partagés sur le territoire.
- ✓ Organismes publics : le projet a prévu une stratégie visant à construire un réseau de relations existantes entre les partenaires scientifiques et technologiques inclus dans l'initiative et une multiplicité d'organismes publics régionaux et territoriaux intéressés par la zone du programme et par le développement de solutions dans les ports de Gênes, Savone, La Spezia, Cagliari, Toulon et Bastia. La participation active au projet des organismes publics a représenté une source d'information importante en raison de leur connaissance des territoires impliqués dans le projet et des questions liées au GNL, tant du point de vue de la demande de transport et des systèmes actuels d'approvisionnement en infrastructures de transport liés au projet, que de leur rôle potentiel dans la promotion et la diffusion du GNL dans les ports.
- ✓ Organismes privés : le projet a vu la participation significative d'acteurs privés tels que des opérateurs de terminaux, des armateurs, des fournisseurs de services portuaires opérant dans les zones portuaires du programme ainsi que de multiples consultants et experts externes possédant une vaste expertise du GNL afin de garantir la pleine conformité des profils scientifiques et théoriques par rapport aux besoins fonctionnels et techniques réels constatés empiriquement dans la zone étudiée. La participation active de ce groupe cible a représenté une source d'information et de savoir-faire technique incontestable en raison des connaissances que ces opérateurs possèdent en matière de définition des normes technologiques à adopter dans les différents contextes, d'un point de vue économique et organisationnel-opérationnel. Ce groupe cible, ainsi que les deux groupes décrits ci-dessus, a donc contribué aux diverses activités techniques décrites dans ce produit.

Vous trouverez ci-dessous une liste détaillée des 11 produits techniques prévus dans le formulaire en rapport avec les activités T2.1, T2.2, T2.3, T2.4 et qui font l'objet de l'examen de l'Output

1. Produit T2.1.1 : Examen des projets et études consacrés à la demande et à l'offre de services de soutage dans les ports.
2. Produit T2.1.2 : Rapport sur la cartographie de la demande.
3. Produit T2.1.3 : Rapport sur la cartographie de l'offre.
4. Produit T2.2.1 : Lignes directrices pour la localisation et le dimensionnement des installations portuaires/points de déchargement de GNL.
5. Produit T2.2.2 : Meilleures pratiques pour la planification du layout et l'organisation des processus.
6. Produit T2.3.1 : Outils de gestion pour l'évaluation des investissements dans les installations d'approvisionnement et de stockage de GNL dans les ports.

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Étude pour un plan d'action conjoint pour le GNL en zone portuaire"

7. Produit T2.3.2 : Rapport sur les synergies : profils économiques, économies d'énergie, durabilité environnementale.
8. Produit T2.4.1 : Rapport de classification et d'examen des risques des installations de GNL dans l'environnement portuaire
9. Produit T2.4.2 : Base de données sur les accidents et les risques.
10. Produit T2.4.3 : Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation des incidences sur l'environnement.
11. Produit T2.4.4 : Meilleures pratiques pour la réduction des risques et des impacts du GNL.

2. FICHE RÉCAPITULATIVE PRODUIT T2.1.1 "BILAN DES PROJETS ET ÉTUDES CONSACRÉS À L'OFFRE ET À LA DEMANDE DE SERVICES D'AVITAILLEMENT DANS LES PORTS"

2.1. Objectif du produit T2.1.1

Le produit T2.1.1 "Bilan des projets et études dédiés à la demande et à l'offre de services d'avitaillement dans les ports", selon les dispositions du formulaire de projet, consiste en la création d'une base de données visant à suivre l'état d'avancement des études, recherches et projets d'importance européenne et nationale concernant l'état actuel et les perspectives d'avenir de la demande et de l'offre d'infrastructures pour le ravitaillement en GNL dans la zone portuaire.

En particulier, le Chef de file du projet UNIGE-CIELI avec le soutien du Partenaire P3 (UNICA-CIREM), après avoir convenu avec tous les partenaires du projet du schéma conceptuel à utiliser pour créer la BD en question, en cohérence avec les finalités du Produit T2.1.1. a préparé un DB créé en mode Excel divisé en 3 sections relatives à des documents de différents types:

- Section A: projets européens;
- Section B: études des sociétés de conseil privés ou d'organismes publics;
- Section C: documents académiques.

Le DB global, composé des 3 sections susmentionnées, a ensuite été examiné et validé par les partenaires du projet.

Compte tenu des dispositions du formulaire et des spécificités du projet dans son ensemble, les activités de recherche se sont concentrées sur la collecte de données fonctionnelles à la préparation des sections A et C. Toutefois, par souci d'exhaustivité, le contenu des principales études, développés par des sociétés de conseil privés ou des organismes publics, a également été vérifié (Section B). La Figure 3 montre le DB développé en référence à la Section B.



Figure 3. DB “Bilan des projets et études dédiés à l'offre et à la demande de services de soutage dans les ports” - Section B

CODE	Autore	Titolo del progetto/report	Tipo di documento/progetto_Categoria	Anno di pubblicazione del report (o di inizio del progetto)	Fonte del report	Focus	Mappatura domanda bunkering GNL	Mappatura offerta bunkering GNL	Copertura geografica	Paesi inclusi nell'analisi	Orizzonte temporale del report
B1	CIELI	LNG-fuelled deep sea shipping. The outlook for LNG bunker and LNG-fuelled newbuild demand up to 2025	Report	2012	Lloyd's register	Shipping industries e infrastrutture bunkering GNL	SI	SI	Mondiale	Vari	2012/2025 (report in corso)
B2	CIELI	Maritime Gas Fuel Logistics Developing LNG as a clean fuel for ships in the Baltic and North Seas	Report	2008	Report from the MAGALOG project	GNL facilities nei porti del Nord Europa (Bergen Y Gothenburg Y Świnoujście)	SI	SI	Europa del Nord	Norvegia, Svezia, Germania, Polonia	2008/2018 (reporto in corso)
B3	CIELI	Natural gas for ship propulsion in Denmark – Possibilities for using LNG and CNG on ferry	Report	2010	Danish ministry of the environment	Sviluppo attuale delle navi e dei terminal GNL per il settore ferry e short sea small cargo	SI	SI	Europa del Nord	Danimarca, Norvegia	Non viene quantificato un orizzonte temporale di
B4	CIELI	Forecasting port-level demand for LNG as a ship fuel: the case of the port of Antwerp	Report	2016	Journal of Shipping and Trade	Porto di Anversa: Domanda potenziale futura di GNL (forecasting LNG demand at port level)	SI	SI	Europa del Nord	Belgio	2016/2025 (report in corso)
B5	CIELI	LNG BUNKERING PROCEDURES IN PORTS AND TERMINALS IN THE SOUTH BALTIC SEA REGION	Report	2014	MarTech LNG* funded by European Regional	Procedure di bunkeraggio GNL nei porti e terminali GNL di tutta la regione del Mar Baltico meridionale	SI	SI	Europa del Nord / Mar Baltico	Vari	2014/2025 (report in corso)
B6	CIELI	LNG as ship fuel Benefits and challenges for conversions to LNG fuel	Report	2016	DNV GL	Shipping industries	SI	SI	Mondiale	Vari	2016-2022 (report in corso)
B7	CIELI	LNG AS SHIP FUEL THE FUTURE – TODAY	Report	11/2014	DNV GL	Shipping industries	SI		Mondiale	Vari	2014-2018 (report in corso)
B8	CIELI	LNG – A COST-EFFICIENT FUEL OPTION? Drivers, status and economic viability	Report	15/05/2014	DNV GL	Shipping industries e infrastrutture bunkering GNL	SI	SI	Mondiale	Vari	2014-2020 (report in corso)
B9	CIELI	INNOVAZIONI TECNOLOGICHE PER LA RIDUZIONE DELLE EMISSIONI DA TRASPORTO MARITTIMO	Report	08/04/2015	ISPRA	Bunkering infrastructure	SI	SI	Europa	Italia, Norvegia	2015-2020 (report in corso)
B10	CIELI	The role of port authorities in the development of LNG bunkering facilities in North European ports	Report	14/01/2015	World Maritime University 2015	Bunkering infrastructure		SI	Europa del Nord	Belgio, Olanda, Germania, Svezia	2015/2016 (report concluso)
B11	CIELI	The world's LNG-fuelled fleet in service in 2017	Report	2017	LNG World shipping	Shipping industries	SI		Mondiale	Vari	2017/2022 (report in corso)
B12	CIELI	IN FOCUS: THE LNG FUELLED FLEET - AN EXPANDING SECTOR WITHIN THE SHIPPING FLEET	Report	2017	Ocean shipping consultants	Shipping industries	SI		Mondiale	Vari	2017/2026 (report in corso)
B13	CIELI	DNVGL Technology Week 2016, Update on Alternative Maritime fuels	Report	10/10/2016	DNV GL	Shipping industries e bunkering infrastructure	SI	SI	Mondiale	Vari	2016/2018 (report in corso)
B14	CIELI	Uptake of LNG as a fuel for shipping	Report	22/11/2017	DNV GL	Shipping industries e bunkering infrastructure	SI	SI	Mondiale	Vari	2017/2020 (report in corso)
B15	CIELI	HIGHLIGHT PROJECTS IN THE LNG AS FUEL HISTORY	Report		DNV GL	Shipping industries	SI		Mondiale	Vari	
B16	CIELI	THE DEVELOPMENT OF THE LNG-FUELLED FLEET AND THE LNG-BUNKERING INFRASTRUCTURE WITHIN THE BALTIC AND NORTH SEA REGION	Report	2015		Shipping industries e bunkering infrastructure	SI	SI	Europa del Nord	Vari	2015/next years

Source: notre élaboration.

La Figure 4 montre l'une des diapositives présentées lors du comité de pilotage tenu à Pisa le 21/02/2019, en référence à l'avancement des travaux du produit T2.1.1 "Bilan des projets et études consacrés à l'offre et à la demande de services de soutage dans les ports".

Figure 4. Produit T2.1.1: présentation de l'avancement des travaux lors du CdP de Pisa le 21/02/2019.

Analisi implementazione del prodotto T2.1.1 relativo a
 "Review dei progetti e degli studi dedicati alla domanda e all'offerta di servizi di bunkering nei porti"
 Fine Tuning

➤ **Tipologia di documenti considerati**

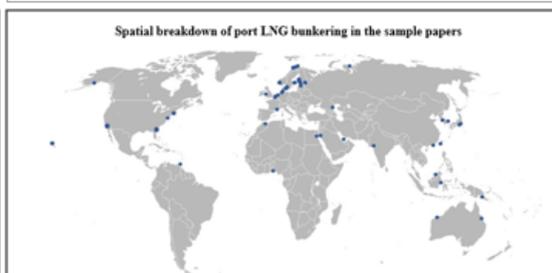
- ❖ Progetti europei (Sezione A)
- ❖ Studi di società di consulenza privata o enti pubblici (Sezione B)
- ❖ Paper accademici (Sezione C - completata)

➤ Creazione sezione dedicata ai contributi accademici e scientifici individuati con apposite Keywords **56 paper**, analizzati poiché inerenti al progetto TDI RETE-GNL **26 paper**.

➤ Esame dettagliato documenti fuori area obiettivo rilevanti sotto il profilo delle tecnologie di bunkering.

Nel dettaglio i **26 paper** sono così suddivisi: **12** relativi alla **domanda di servizi di bunkering/storage di GNL**, **12** relativi all'**offerta** e **2** relativi a **domanda/offerta**

Bunkering technologies discussed in the sample contributions	
Bunkering technologies	No of papers ^{a,d}
Ship-to-Ship (STS) (including Floating LNG Terminals)	10
Truck-to-Ship (TTS)	5
Port-to-Ship (PTS) and Terminal to Ship (TPS)	2
Mobile Fuel Tanks (MFT)	2
Equipment for bunkering LNG-fuelled ships (including: pressure pumps, seawater pumps, technologies related to bunkering procedures for LNG-fuelled ships, etc.	9
Not specified	8



La cooperazione al cuore del Mediterraneo
 La coopération au cœur de la Méditerranée

Source: notre élaboration.

2.2. Section A: Projets européens

Afin de réaliser une analyse complète des preuves empiriques relatives à la demande et à l'offre d'infrastructures pour l'approvisionnement en GNL dans la zone portuaire, les principaux projets européens et nationaux axés sur le gaz naturel liquéfié ont été analysés.

Dans ce contexte, le partenariat du projet TDI RETE-GNL a développé une base de données dédiée aux projets européens et nationaux. En particulier, après une recherche et une analyse minutieuses, le Chef de Projet (UNIGE-CIELI) et le Partenaire 3 (UNICA-CIREM) ont identifié 77 projets à vocation européenne répartis comme suit: 44 projets européens de type RTE-T et CEF, 24 projets européens H2020, 4 projets européens Interreg, 1 projet européen (type de projet non spécifié) et les 4 projets nationaux-régionaux restants. Sur les 77 projets qui composent la base de données initiale, 43 projets liés au GNL ont été sélectionnés. Le domaine de compétence des projets a ensuite été identifié et une sélection conséquente a été faite sur le critère géographique.

Pour les objectifs du projet, une nouvelle sélection a été effectuée selon le critère de la zone cible; en fait, 23 projets ont été choisis comme échantillon final de la recherche, 22 des 43 précédemment sélectionnés pour leur concentration sur une ou les deux nations de la zone cible du projet TDI RETE-GNL (Tableau 2), auquel a été ajouté un autre projet intitulé "GoGNL", important pour l'analyse réalisée sur la base du contenu (centré sur la zone de l'Europe du Nord).

Tableau 1. Zone géographique des projets européens et nationaux relatifs au GNL.

<i>Projets européens et nationaux liés au GNL: zones géographiques</i>	<i>Totaux</i>
Europe du Nord	19
Europe Méditerranée	20
Europe multi-zones	4

Source: notre élaboration.

Tableau 2. Projets européens et nationaux axés sur la Zone d'Objectifs.

Zone d'Objectifs					
<i>Projets européens et nationaux (PON) et régionaux (POR) relatifs au GNL: zone méditerranéenne</i>	Comprenant les deux nations de la zone d'objectif	Comprenant seulement la France	Comprenant seulement l'Italie	Ne comprenant ni l'Italie ni la France	Total
20	5	4	9	2	18
<i>Projets européens liés au GNL: multi-zones</i>	Comprenant les deux nations de la zone d'objectif	Comprenant seulement la France	Comprenant seulement l'Italie	Ne comprenant ni l'Italie ni la France	Total
4	3	1	0	0	4
<i>Projets inclus dans l'échantillon final</i>					22

Source: notre élaboration.

Sur les 23 projets inclus dans l'échantillon, le Chef de file UNIGE-CIELI a procédé à l'analyse de 19 documents, tandis que les 4 autres ont été examinés par le Partenaire 3 UNICA-CIREM. Le partenariat a créé une base de données dans laquelle les dimensions analytiques suivantes ont été approfondies:

- Auteur;
- Titre du rapport;
- Focus;
- Cartographie de la demande de soutage de GNL (oui / non);
- Cartographie de l'offre de soutage de GNL (oui / non);
- Couverture géographique (zone/nation) ;
- Nations;
- Ports de la zone cible examinés dans le document;
- Horizon temporel du rapport.

La version complète de la base de données consacrée aux projets européens et nationaux est présentée dans la Tableau 3, Tableau 4 e Tableau 5.

Tableau 3. DB "Bilan des projets et études consacrés à l'offre et à la demande de services de soutage dans les ports" - Section A: Projets européens
 (1/3)

<i>Auteur</i>	<i>Titre du rapport</i>	<i>Focus</i>	<i>Cartographie de la demande de soutage de GNL</i>	<i>Cartographie de l'offre de soutage de GNL</i>	<i>Couverture géographique Zone/Nation</i>	<i>Nations</i>	<i>Ports de la zone cible examinés dans le document</i>	<i>Horizon temporel du rapport</i>
CIELI	Costa II East-Poseidon Med	Infrastrutture per GNL	-	-	Europa (Mediterraneo)	Grecia, Cipro, Italia, Croazia, Slovenia	n.a.	12/2013-12/2015 (progetto concluso)
CIELI	SEAGAS	Implementazione impianti di bunkeraggio GNL	-	Si	Europa (Mediterraneo)	Francia e Spagna	Porto di Roscoff (Francia) e di Santander (Spagna)	01/2012-12/2015 (progetto concluso)
CIELI	LNG Masterplan for Rhine-Main-Danube	Implementazione GNL come carburante	Si	Si	Europa (Multiarea)	Austria, Belgio, Bulgaria, Repubblica Ceca, Francia, Germania, Italia, Lussemburgo, Paesi Bassi, Romania, Slovacchia, Cipro	n..a	01/2013-12/2015 (progetto concluso)
CIELI	Green technologies and eco-efficient alternatives for cranes & operations at port container terminals (GREENCRANES)	Green technologies	-	-	Europa (Mediterraneo)	Spagna, Slovenia, Italia	Porto di Valencia (Spagna), Koper (Slovenia), Livorno (Italia)	08/2012-05/2014 (progetto concluso)
CIELI	COSTA	GNL come sistema propulsivo delle navi	-	-	Europa (Mediterraneo)	Spagna, Portogallo, Italia, Grecia	n.a.	02/2012-04/2014 (progetto concluso)

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Étude pour un plan d'action conjoint pour le GNL en zone portuaire"

CIELI	S/F SamueLNG for a Blue Atlantic Arch	GNL come sistema propulsivo delle navi	Sì	-	Europa (Multiarea)	Francia, Spagna, Germania	Porto di Nantes Saint-Nazaire, Gijon, Vigo, le Havre, Rouen	08/2016-06/2019 (processo in corso)
CIELI	Sustainable LNG Operations for Ports and Shipping - Innovative Pilot Actions (GAINN4MOS)	Progetto di bunkeraggio del GNL	Sì	Sì	Europa (Mediterraneo)	Spagna, Francia, Italia, Portogallo e Slovenia	Porti di Capodistria, La Spezia, Venezia, Fos-Marseille, Nantes-Saint-Nazaire	01/2015-09/2019 (progetto in corso)

Source: notre elaboration.

Tableau 4. DB "Bilan des projets et études consacrés à l'offre et à la demande de services de soutage dans les ports" - Section A: Projets européens (2/3)

<i>Auteur</i>	<i>Titre du rapport</i>	<i>Focus</i>	<i>Cartographie de la demande de soutage de GNL</i>	<i>Cartographie de l'offre de soutage de GNL</i>	<i>Couverture géographique Zone/Nation</i>	<i>Nations</i>	<i>Ports de la zone cible examinés dans le document</i>	<i>Horizon temporel du rapport</i>
CIELI	GAINN4CORE	Reti italiane per la distribuzione di GNL	-	Sì	Europa (Mediterraneo)	Italia	Genova, La Spezia, Livorno (rete Tirreno-Ligure), Ravenna e Venezia (rete Adriatico-Ionica)	06/2015-09/2019 (progetto in corso)
CIELI	LNG Logistics	Sviluppare una rete di distribuzione europea di GNL per vie navigabili interne	-	-	Europa (Mediterraneo)	Francia	Porto di Marseille fino al porto di Dijon	08/2016-10/2018 (progetto in corso)
CIELI	BioMovLNG	Infrastrutture per produzione stoccaggio di GNL	-	Sì	Europa (Mediterraneo)	Francia	n.a.	01/2015-09/2018 (progetto in corso)

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Étude pour un plan d'action conjoint pour le GNL en zone portuaire"

CIELI	Boosting Energy Sustainable fuels for freight Transport in European motorWays (BESTWay)	Infrastrutture bunkering GNL	-	Sì	Europa (Mediterraneo)	Spagna, Francia	n.a.	09/2014-06/2018 (progetto in corso)
CIELI	GAINN4MED	Promuovere utilizzo di combustibili alternativi, trasporti multimodali	-	Sì	Europa (Mediterraneo)	Italia	n.a.	03/2017-03/2020 (progetto in corso)
CIELI	2016-IT-TM-0284-S Italy HDGAS Heavy Duty Gas Engines integrated into Vehicles	“GREEN VEHICLES” PRIORITY	Sì	-	Europa (Multiarea)	Austria, Italia, Germania, Francia	No	2015-05-01 to 2018-10-31 (progetto in corso)
CIELI	LeanShips Low Energy And Near to zero emissions Ships	“WATERBORNE” Priority	Sì	-	Europa (Multiarea)	Italy, Germany, France, Switzerland	No	2015-05-01 to 2019-04-30 (progetto in corso)
CIELI	GoLNG	Sviluppo della domanda e dell'accessibilità del GNL nella regione del Mar Baltico (BSR)	-	Sì	Europa del Nord	Paesi Mar Baltico	No	(progetto in corso)

Source: notre elaboration.

Tableau 5. DB "Bilan des projets et études consacrés à l'offre et à la demande de services de soutage dans les ports" - Section A: Projets européens
 (3/3)

<i>Auteur</i>	<i>Titre du rapport</i>	<i>Focus</i>	<i>Cartographie de la demande de soutage de GNL</i>	<i>Cartographie de l'offre de soutage de GNL</i>	<i>Couverture géographique Zone/Nation</i>	<i>Nations</i>	<i>Ports de la zone cible examinés dans le document</i>	<i>Horizon temporel du rapport</i>
CIELI	GNL Fonte ACcessibile Integrata per la Logistica Efficiente GNL FACILE	Migliorare la sostenibilità delle attività portuali commerciali contribuendo alla riduzione delle emissioni di carbonio.	Si	Si	Europa (Mediterraneo)	Italia, Francia	Genova, Tolone, La Spezia, Marina di Carrara, Livorno, Bastia, Cagliari	2018-2021 (progetto in corso)
CIELI	Tecnologie e Dimensionamento di Impianti per la RETE di distribuzione primaria di GNL nei porti dell'area transfrontaliera TDI RETE-GNL	Migliorare la sostenibilità delle attività portuali commerciali contribuendo alla riduzione delle emissioni di carbonio.	Si	Si	Europa (Mediterraneo)	Italia, Francia	Genova, Tolone, La Spezia, Marina di Carrara, Livorno, Bastia, Cagliari	2018-2021 (progetto in corso)
CIELI	Strategie transfrontaliere per la valorizzazione del Gas Naturale Liquido SIGNAL	Migliorare la sostenibilità delle attività portuali commerciali contribuendo alla riduzione delle emissioni di carbonio.	Si	Si	Europa (Mediterraneo)	Italia, Francia	Genova, Tolone, La Spezia, Marina di Carrara, Livorno, Bastia, Cagliari	2018-2020 (progetto in corso)
CIELI	PROMO GNL	Migliorare la sostenibilità delle attività portuali commerciali contribuendo	-	-	Europa (Mediterraneo)	Italia, Francia	Genova, Tolone, La Spezia, Marina di Carrara, Livorno, Bastia, Cagliari	2018-2020 (progetto in corso)

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Étude pour un plan d'action conjoint pour le GNL en zone portuaire"

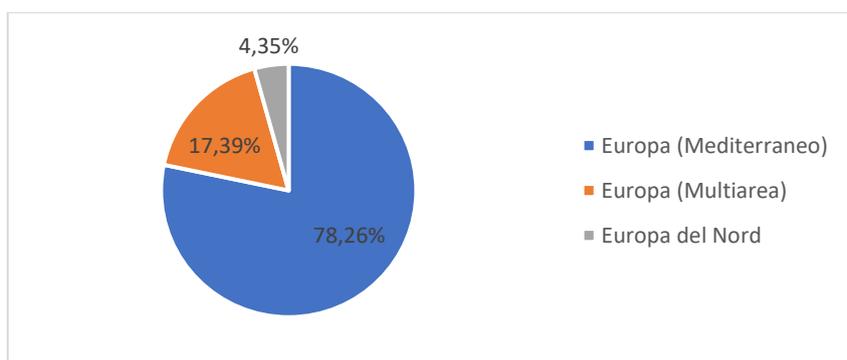
		alla riduzione delle emissioni di carbonio.						
UNICA	Accosto e deposito costiero di GNL nel Porto di Oristano. EDISON.	Deposito costiero per usi multipli (civile, ind.le, bunkering)	No	Sì	Europa (Mediterraneo)	Italia (Sardegna)	No	2020-2050 (progetto in corso)
UNICA	Terminal GNL nel Porto Canale di Cagliari - Impianto di stoccaggio e rigassificazione di GNL. ISGAS	Deposito costiero per usi multipli (civile, ind.le, bunkering)	No	Sì	Europa (Mediterraneo)	Italia (Sardegna)	No	2020-2050 (progetto in corso)
UNICA	Progetto di ampliamento del deposito costiero di Santa Giusta (OR). IVI PETROLIFERA	Deposito costiero per usi multipli (civile, ind.le, bunkering)	No	Sì	Europa (Mediterraneo)	Italia (Sardegna)	No	2020-2050 (progetto in corso)
UNICA	Impianto di stoccaggio di GNL da 9.000 mc a Santa Giusta (Or). HIGAS	Deposito costiero per usi multipli (civile, ind.le, bunkering)	No	Sì	Europa (Mediterraneo)	Italia (Sardegna)	No	2020-2050 (progetto in corso)

Source: notre elaboration.

À partir de l'analyse réalisée, outre la dimension géographique de l'échantillon qui représente le principal critère de sélection, la dimension temporelle, ou l'horizon temporel des projets, a également été mise en évidence. Sur les 23 projets inclus dans l'échantillon final, seuls 5 ont été conclus à la date de préparation du DB (date d'achèvement entre 2014 et 2017), tandis que les 18 autres sont en cours de planification car la question du gaz naturel liquéfié fait l'objet de l'attention des universitaires et des experts en particulier ces dernières années, et également en raison du nombre croissant d'appels de la CE visant à soutenir des études en faveur de l'introduction et de la diffusion du GNL comme carburant alternatif dans le secteur portuaire maritime.

En ce qui concerne l'analyse de l'orientation géographique de l'étude caractérisant l'échantillon sous enquête, comme souligné dans la Figure 5, 78,26% (18 projets sur 23 au total) se concentrent sur la zone méditerranéenne, 17,39% (4 sur 23) se caractérisent par une approche «multi-zones», tandis que 4,35% (1 sur 23) concerne la région de l'Europe du Nord. Cette dernière étude a été incluse dans le DB bien qu'elle ne prenne pas en compte le contexte méditerranéen, car le partenariat l'a considéré comme particulièrement pertinent pour les objectifs du projet TDI RETE-GNL. Évidemment, si tous les projets européens relatifs au GNL dans le domaine maritime-environnemental avaient été considérés, quelle que soit la couverture géographique, il y aurait eu une forte prépondérance de projets centrés sur les pays du nord de l'Europe qui ont traditionnellement une plus grande vocation pour ce type de carburant.

Figure 5. Couverture géographique du DB Section A.



Source: notre élaboration.

Les projets sélectionnés tous dédiés à la problématique du gaz naturel liquéfié comme solution alternative dans le contexte maritime portuaire sont caractérisés par des axes thématiques différents comme indiqué dans le Tableau 6. De ce point de vue, les thèmes qui sont principalement étudiés concernent: l'amélioration de la durabilité environnementale des activités portuaires dans les ports commerciaux (4 sur 23); l'évaluation de la possibilité de créer des gisements côtiers de GNL à usages multiples (2 sur 23) et l'utilisation du GNL comme carburant alternatif pour la propulsion des navires (2 sur 23); les projets restants se concentrent sur des sujets très hétérogènes comme indiqué dans le tableau.

Tableau 6. Focus DB Sezione A

<i>Focus progetti</i>	<i>N° progetti</i>
“GREEN VEHICLES” PRIORITY	1
“WATERBORNE” Priority	1
Deposito costiero per usi multipli (civile, ind.le, bunkering)	4
GNL come sistema propulsivo delle navi	2

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 “Étude pour un plan d'action conjoint pour le GNL en zone portuaire”

Green technologies	1
Implementazione GNL come carburante	1
Implementazione impianti di bunkeraggio GNL	1
Infrastrutture bunkering GNL	1
Infrastrutture per GNL	1
Infrastrutture per produzione stoccaggio di GNL	1
Migliorare sostenibilità attività portuali commerciali	4
Progetto di bunkeraggio del GNL	1
Promuovere utilizzo di combustibili alternativi, trasporti multimodali	1
Reti italiane per la distribuzione di GNL	1
Sviluppare una rete di distribuzione europea di GNL per vie navigabili interne	1
Sviluppo della domanda e dell'accessibilità del GNL nella regione del Mar Baltico (BSR)	1
Totale complessivo	23

Source: notre élaboration.

2.3. Section C: Documents académiques

Dans le cadre du projet TDI RETE-LNG, une base de données spécifique a été créée avec l'objet des contributions académiques les plus pertinentes dédiées à l'analyse de la demande et / ou de l'offre d'infrastructures pour la fourniture de GNL dans les secteurs maritime et portuaire. Afin de procéder à une analyse détaillée de l'importance croissante du gaz naturel liquéfié en tant que carburant marin alternatif possible, et de la demande et de l'offre de services de soutage dans les ports qui en découlent, le partenariat du projet a réalisé une «revue systématique de la littérature» avec contributions académiques pertinentes au sujet.

A cet effet, une procédure en trois phases a été suivie, à savoir (i) la planification, (ii) l'exécution, (iii) le reporting, comme indiqué et suggéré par Tranfield et al. (2003). Tout d'abord, lors de la phase de planification, les documents publiés dans des revues et revues scientifiques ont été extraits via la base de données Elseviers Scopus, c'est-à-dire la plus grande base de données de résumés, de notes, de citations de littérature (qui comprend des revues scientifiques, des livres et des conférences). international ou conférence, à l'exclusion des documents publiés avant 2005 afin de inclure uniquement les publications mises à jour dans l'analyse. De cette manière, grâce à l'utilisation de requêtes composées de différents mots-clés spécifiques, des articles académiques ont été identifiés conformément à l'objectif de la recherche suivante.

Deuxièmement, la phase d'exécution est divisée en trois sous-phases conformément à Crossan et Apaydin (2003): a) définition des critères de sélection initiaux; b) création de groupes par pertinence des publications (regroupement des publications par pertinence); c) analyse et synthèse.

En référence à la définition des critères de sélection initiaux, la base de données Scopus a été analysée au travers de requêtes ad hoc avec l'utilisation de différents mots-clés cohérents avec l'objet de l'étude, à savoir l'offre et la demande d'infrastructures de soutage de GNL dans les ports. En particulier, 6 requêtes ont été effectuées à l'aide des mots-clés suivants:

- Id.1: LNG, propulsion, bunkering, ports;
- Id.2: LNG, propulsion, terminal;
- Id.3: LNG, bunkering, terminal;

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Étude pour un plan d'action conjoint pour le GNL en zone portuaire"



- Id.4: LNG, bunkering, ports;
- Id.5: LNG, facilities, ports;
- Id.6: LNG, terminal, maritime.

Grâce à ce processus méthodologique, 53 articles académiques ont été identifiés auxquels s'ajoutent 6 articles présentés lors de la conférence IAME en 2018 avec un focus sur le gaz naturel liquéfié dans l'environnement portuaire maritime les 59 articles de la base de données initiale sont publiés dans différents journaux d'intérêt international comme, entre autres: Energy Policy, Journal of Natural Gas Science and Engineering, Transport Reviews et Transportation Research Part D - Transport and Environment.

En référence à l'étape liée à la création de groupes par pertinence des publications (regroupement des publications par pertinence), la base de données de référence a été soigneusement analysée afin d'écartier les études académiques non alignées sur l'objet de la recherche. À cette fin, les résumés de chaque document ont été analysés et ceux qui n'étaient pas pertinents pour l'objet de l'étude ont été éliminés. Par conséquent, une liste de 35 articles potentiellement pertinents a été obtenue. Enfin, après avoir analysé la version complète des articles suivants, après avoir exclu les mêmes contributions identifiées au travers de deux ou plusieurs requêtes et après avoir écarté les articles non disponibles via les moteurs de recherche utilisés (comme, par exemple, Google Scholar²), 26 articles ont été inclus dans l'échantillon final analysé à des fins de recherche.

Enfin, dans la phase d'analyse et de synthèse, chaque article appartenant à l'échantillon final a été soumis à une analyse détaillée complète; l'échantillon a en effet été examiné en référence à une large série de dimensions analytiques comprenant:

- Auteurs;
- Année;
- Journal;
- Titre;
- Domaine;
- Thèmes principaux / Focus_Label; Thèmes principaux / Focus_Descriptive;
- Côté demande (navire); Côté demande (navires) _Dummy;
- Côté offre (stations de soutage); Côté offre (stations de soutage) _Dummy;
- Technologies Bunkering_Label; Technologies de Bunkering_Descriptive;
- Objectifs du document_Long;
- Résumé;
- Perspective_label théorique;
- Type de document;
- Méthode;
- Unité d'analyse;
- Taille de l'échantillon;
- Case Study_Dummy; Étude de cas;
- Couverture géographique (zone); Couverture géographique (pays); Couverture géographique (port);
- Zone d'objectif (oui / non / partiellement);

² Moteur de recherche qui vous permet de localiser des articles de littérature académique grâce à des mots clés spécifiques.

- Couverture horaire_Début / fin; Couverture temporelle;
- Principaux résultats_Label / Principaux résultats_Descriptif;
- Type de données fournies;
- Remarques.

La revue systématique de la littérature réalisée par le chef de projet avec le soutien du partenariat a mis en évidence des informations importantes relatives au GNL dans le contexte maritime portuaire; en particulier, les questions suivantes ont été explorées:

- i) les dimensions spatiale et temporelle;
- ii) la perspective théorique adoptée;
- iii) le type de document et la méthode appliquée;
- iv) les technologies de soutage étudiées.

Les tableaux ci-dessous présentent les principaux résultats issus des recherches développées. La version complète de la base de données est disponible sur le portail du Programme Interreg Maritime14-20 (<https://web.regione.toscana.it/marittimo>).

Tableau 7. DB “Examen des projets et études consacrés à l'offre et à la demande de services d'avitaillement dans les ports ”- Section C: Documents académiques (1/4)

<i>Autori</i>	<i>Ann o</i>	<i>Principali topic/Focus</i>	<i>Tecnologie di bunkering_Label</i>	<i>Theoretical perspective_ Label</i>	<i>Tipologia del documento</i>	<i>Metodo</i>	<i>Copertura geografic a (area)</i>	<i>Principali risultati (focus)</i>
Lee S.-Y., Jo C., Pettersen B., Chung H., Kim S., Chang D.	2018	Operations	n.a.	Structural design theories & Investment decision perspectives	Research paper (quantitative)	Structural design based on finite element analysis; Numerical approaches (hydrodynamic diffraction analysis and hydrodynamic time response analysis); Costs/Benefits analysis, for estimating economic feasibility	Far East	Economics/Investment decisions; Environment & impacts/risks
Kwak D.-H., Heo J.-H., Park S.-H., Seo S.-J., Kim J.-K.	2018	Import/Export -Gas-liq	LNG ship technologies	Structural design theories & Energy evaluation	Research paper (quantitative)	Thermodynamic analysis; Sensitivity analysis	n.a.	Technical operations
Kim Y., Jung D., Cho S., Sung H.	2018	Operations	Ship to Ship (STS)	Potential theory	Research paper (quantitative)	Wave Green function method; Experiments (HOBEM: higher-order boundary element method)	n.a.	Environmental & impacts/risks; Technical operations
Shibasaki R., Kanamoto K., Suzuki T.	2018	Import/Export -Gas-liq	n.a.	Route choice analysis and modelling	Research paper (quantitative)	Network mapping analysis; Automatic Identification System (AIS)	Mondiale	Economics/Investment decisions; Market dynamics
Cassar M., Ballini F., Dalaklis D.	2018	Normative	Ship to Ship (STS); Truck to Ship (TTS)	Not applicable	Research paper (qualitative)	Single case study	Baltic	Economics/Investment decisions; Market dynamics; Regulations

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 “Étude pour un plan d'action conjoint pour le GNL en zone portuaire”

Henese L., Gerlitz L., Jankowki S.	2018	Investment decisions	Ship to Ship (STS); Truck to Ship (TTS); Mobile Fuel Tanks (MFT)	Strategic management theories (value-chain theory)	Research paper (qualitative/quantitative)	Triangulation strategy (literature review, case studies, interviews)	Baltic	Environmental & impacts/risks; Technical operations
Henese L., Jankowski S.; Gerlitz L.	2018	Environment & impacts/risks	Ship to Ship (STS); Truck to Ship (TTS); Terminal/Pipeline to Ship (PTS)	Risk Assessment	Research paper (qualitative/quantitative)	Literature review, interviews, Monte Carlo simulation (MCS) model	n.a.	Technical operations

Source: notre élaboration.

Tableau 8. DB "Examen des projets et études consacrés à l'offre et à la demande de services d'avitaillement dans les ports "- Section C: Documents académiques (2/4)

<i>Autori</i>	<i>Anno</i>	<i>Principali topic/Focus</i>	<i>Tecnologie di bunkering_Label</i>	<i>Theoretical perspective_Label</i>	<i>Tipologia del documento</i>	<i>Metodo</i>	<i>Copertura geografica (area)</i>	<i>Principali risultati_Label</i>
Yang D.; Xu H.	2018	Investment decisions	n.a.	Investment decision perspectives	Research paper (quantitative)	Cost Model, Empirical test	Europe	Economics/Investment decisions; Environment & impacts/risks
Duru O.; Tan R.	2018	Market dynamics	n.a.	Not applicable	Research paper (quantitative)	Cost-based valuation; energy content approach and predictive analytics	n.a.	Economics/Investment decisions; Environment & impacts/risks
Hua J., Wu Y., Chen H.	2017	Types of fuel	LNG ship technologies	Life-Cycle Assessement (LCA) & Risk Assessment	Research paper (qualitative)	Multiple case study	Far East	Environment & impacts/risks
Lee S.-G., Park J.-L.	2017	Operations	Ship to Ship (STS)	Information technologies (Space-Based Augmentation System)	Research paper (quantitative)	Single case study; Experiment	Mondiale	Technical operations

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Étude pour un plan d'action conjoint pour le GNL en zone portuaire"

Schinas O., Butler M.	2016	Market dynamics	LNG ship technologies	Energy evaluation	Literature review	Literature review	Mondiale	Economics/Investment decisions; Environment & impacts/risks
Calderón M., Illing D., Veiga J.	2016	Market dynamics	Ship to Ship (STS); Truck to Ship (TST); Mobile Fuel Tanks (MFT); Terminal to Ship (TPS)	Not applicable	Research paper (quantitative)	Descriptive statistics	Mondiale	Economics/Investment decisions; Environment & impacts/risks
Lee S., Seo S., Chang D	2015	Environment & impacts/risks	LNG ship technologies	Risk Evaluation & Computational Fluid Dynamics (CFS) analysis	Research paper (quantitative)	Fire Frequency analysis; CFD-based consequence analysis	Americas	Technical operations; Environment & impacts/risks

Source: notre élaboration.

Tableau 9. DB “Examen des projets et études consacrés à l'offre et à la demande de services d'avitaillement dans les ports”- Section C: Documents académiques (3/4)

<i>Autori</i>	<i>Anno</i>	<i>Principali topic/Focus</i>	<i>Tecnologie di bunkering_Label</i>	<i>Theoretical perspective_Label</i>	<i>Tipologia del documento</i>	<i>Metodo</i>	<i>Copertura geografica (area)</i>	<i>Principali risultati_Label</i>
Yun S., Ryu J., Seo S., Lee S., Chung H., Seo Y., Chang D	2015	Operations	Ship to Ship (STS)	Life-Cycle Assesment (LCA) & Risk Evaluation	Research paper (qualitative)	Simulation method (single case study)	Far East	Technical operations; Environment & impacts/risks
Aymelek M., Boulougouris E.K.,	2015	Types of fuel	n.a.	Network Theory & Genetic algorithm	Research paper (qualitative)	Network design approach	Mondiale	Economics/Investment decisions; Environment & impacts/risks

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 “Étude pour un plan d'action conjoint pour le GNL en zone portuaire”

Konovessis
D.

Elgohary M.M., Seddiek I.S., Salem A.M.	2015	Types of fuel	LNG ship technologies	Life-Cycle Assessment (LCA) & Risk Assessment	Research paper (quantitative)	Benchmark analysis (focused on fuel consumption, cost saving, environmental benefits, gas storage, weight and volume change, conversion of engines, etc)	n.a.	Environment & impacts/risks
Seddiek I.S.	2015	Environment & impacts/risks	LNG ship technologies	Energy evaluation & Investment decision perspectives	Research paper (qualitative)	Multiple case study; Emission reduction analysis; Economic analysis	Europe	Environment & impacts/risks
Thomson H., Corbett J.J., Winebrake J.J.	2015	Environment & impacts/risks	n.a.	Energy evaluation & Life-Cycle-Assessment (LCA)	Research paper (quantitative)	Technology warming potential (TWP)	Baltic	Economics/Investment decisions; Environment & impacts/risks; Market dynamics; Technical operations
Wang S., Notteboom T.	2015	Others	Ship to Ship (STS); Truck to Ship (TTS)	Strategic management theories (Green and sustainable strategies; Regional Innovation System; Port governance)	Research paper (qualitative)	Multiple case study	Europe	Environmental & impacts/risks; Technical operations; Regulations

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 “Étude pour un plan d'action conjoint pour le GNL en zone portuaire”

Wang S., Notteboom T.	2014	Types of fuel	n.a.	Strategic management theories	Literature review	Conceptual models (Porter's five forces model); Systematic literature review; PEST (Political, Economic, Social, Technologica) analysis	Mondiale	Economics/Investim ent decisions; Environnement & impacts/risks; Technical operations
--------------------------	------	---------------	------	-------------------------------------	----------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------	---------------------------------------------------------------------------------------------------

Source: notre élaboration.

Tableau 10. DB "Examen des projets et études consacrés à l'offre et à la demande de services d'avitaillement dans les ports" - Section C: Documents académiques (4/4)

<i>Autori</i>	<i>Anno</i>	<i>Principali topic/Focus</i>	<i>Tecnologie di bunkering_ Label</i>	<i>Theoretical perspective_ Label</i>	<i>Tipologia del documento</i>	<i>Metodo</i>	<i>Copertura geografica (area)</i>	<i>Principali risultati_Label</i>
Gritsenko D., Yliskylä- Peuralaht J.	2013	Environment & impacts/risks	LNG ship technologies	Stakeholder Relationship Management (SRM)	Research paper (qualitative)	Single case study; Qualitative analysis of documents' content.	Baltic	Economics/Investime nt decisions; Environnement & impacts/risks; Technical operations; Regulations
Stanivuk T., Tokic T.	2013	Operations	n.a.	Not applicable	Research paper (quantitative)	Simulation methods	Mondiale	Environmental & impacts/risks; Market dynamics
Parfomak P.W., Vann A.	2011	Import/Export - Gas-liq	n.a.	Risk Assessment	Conceptual paper	Conceptual framework; Hazard Models	Americas	Environmental & impacts/risks

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Étude pour un plan d'action conjoint pour le GNL en zone portuaire"

Franklin D., Reeve H., Hubbard B.	2010	Operations	Floating LNG Terminal; LNG ship technologies	Investment decision perspectives	Research paper (qualitative/quantitative)	Costs/Benefits analysis; Financial criteria (Net Present Value - NPV; Internal Rate of Return - IRR)	Worldwide	Economics/Investment decisions; Environment & impacts/risks; Technical operations
Dundović C., Basch D., Dobrota D.	2009	Operations	Pressure Pump; Seawater Pump	Not applicable	Research paper (quantitative)	General Purpose Simulation System (GPSS)	Europe	Technical operations; Market dynamics

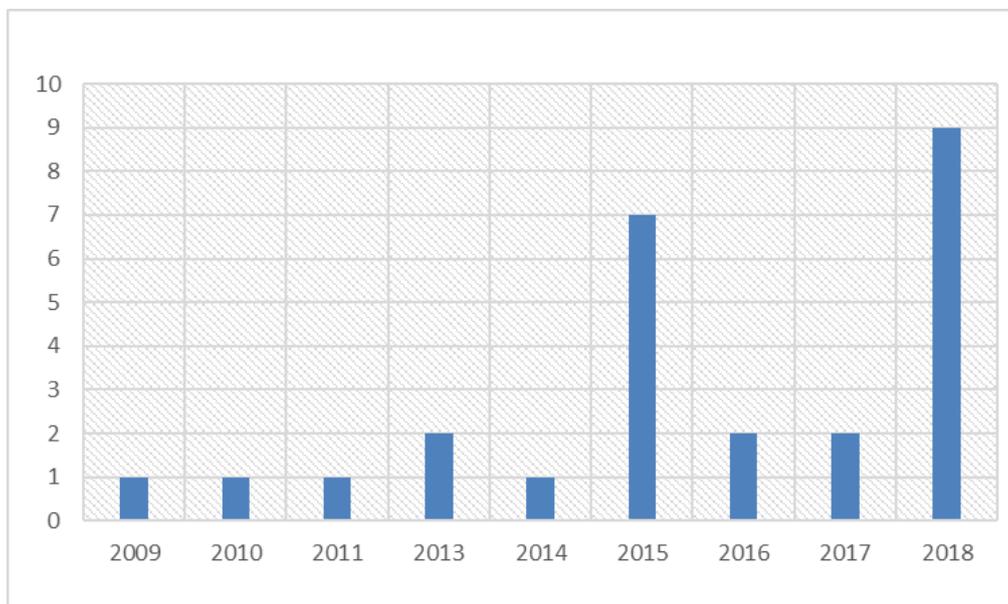
Source: notre élaboration.

2.3.1. Les dimensions spatiales et temporelles

Afin d'obtenir une vue d'ensemble de la dimension spatiale et temporelle par rapport au sujet analysé, ou de la demande et / ou de l'offre de solutions d'avitaillement en GNL dans les ports, les années ont été prises en compte pour l'aspect temporel. de publication des articles appartenant à l'échantillon final, pour l'aspect spatial les zones géographiques identifiées et les principaux ports couverts par les articles académiques.

Quant au calendrier des publications académiques incluses dans l'échantillon final, la Figure 6 Figure 6 montre l'importance croissante prise par le sujet en question ces dernières années. En fait, l'attention des universitaires et des experts sur la question du gaz naturel liquéfié en tant que carburant marin alternatif possible a augmenté de façon exponentielle ces 4 dernières années; En effet, 20 des 26 articles inclus dans l'échantillon ont été publiés entre 2015 et 2018.

Figure 6. Distribution temporelle DB "Bilan des projets et études consacrés à l'offre et la demande de services de soutage dans les ports" - Section C



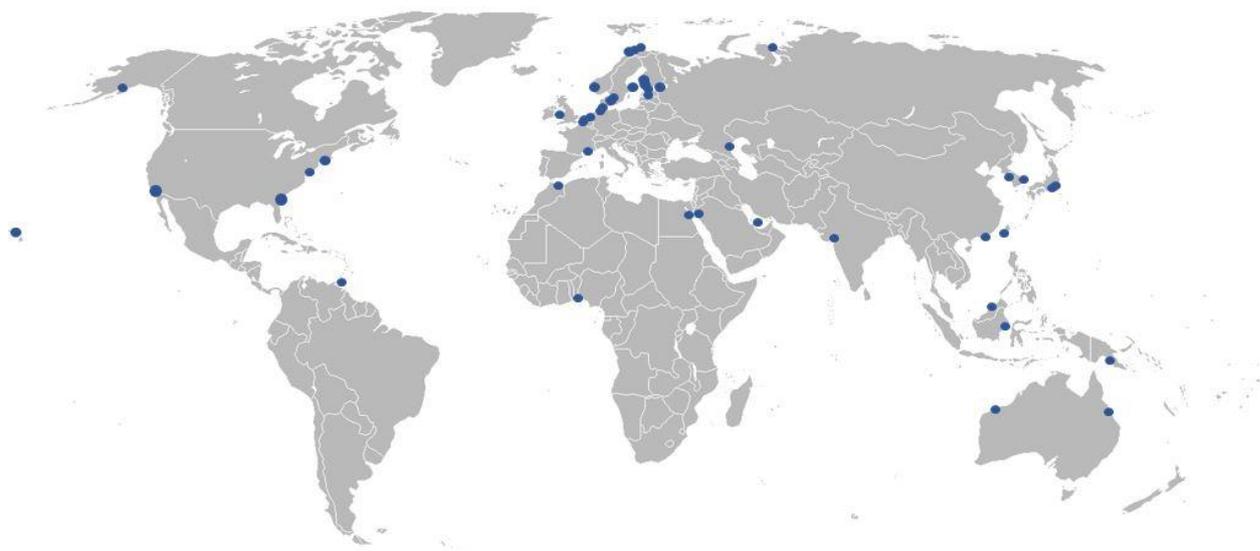
Source: notre élaboration.

Afin de mettre en évidence la couverture spatiale des documents, les principaux domaines considérés sont identifiés: les documents adoptent souvent une perspective internationale (8 articles sur 26 ne se réfèrent pas à une zone géographique spécifique mais considèrent l'international et présentent le terme «Monde» dans la base de données réalisé), tandis qu'une série de contributions académiques favorisent une orientation régionale. En particulier, les zones les plus étudiées sont: la Baltique (4), l'Europe (4), l'Extrême-Orient (3) et les Amériques (2). Au contraire, 5 des 26 publications considérées ne fournissent pas d'informations sur les profils spatiaux. Les principaux pays sont ensuite identifiés pour chaque zone géographique, et encore plus en détail les ports faisant l'objet d'analyses et d'études de cas (cfr. Figure 7).

Les principaux ports intéressés par la question de la durabilité environnementale sont concentrés dans la zone de l'Europe du Nord, cette zone étant une zone pionnière pour l'introduction et le développement de technologies pour le soutage de carburants GNL; en particulier, la mer du Nord et la mer Baltique représentent deux zones de contrôle des émissions, ou zones maritimes soumises à des contrôles plus

stricts afin de réduire et de minimiser les émissions dans l'atmosphère provenant des navires conformément aux réglementations internationales dans lesquelles le gaz naturel liquéfié comme Le carburant marin alternatif représente une excellente solution possible pour respecter les limites environnementales. Les business cases analysés se réfèrent également à la zone géographique du Moyen-Orient, en particulier la Chine. Enfin, les principaux ports américains ont également développé des solutions pour permettre le ravitaillement en GNL.

Figure 7. Distribution spatiale DB "Examen des projets et études consacrés à l'offre et à la demande de services de soutage dans les ports" - Section C



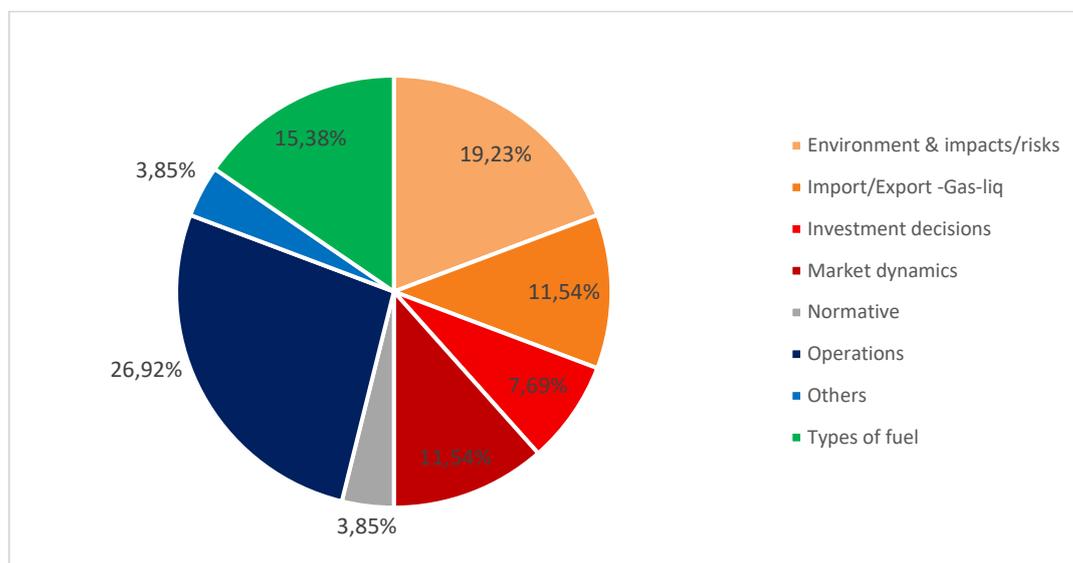
Source: notre élaboration.

2.3.2. La perspective théorique adoptée (theoretical perspective)

Les sciences économiques / sociales, l'énergie, les sciences de l'environnement et l'ingénierie représentent les principaux domaines scientifiques dans lesquels sont encadrées les contributions scientifiques incluses dans l'échantillon final examiné par les travaux du projet. Ces résultats ne sont pas surprenants car l'adoption de ces technologies devrait avoir un impact significatif à la fois sur les questions environnementales (par exemple, Hua et al., 2017; Cassar et al., 2018) et sur la gestion de l'énergie (par exemple, Gritsenko et Yliskyla-Peuralaht, 2013). En outre, certaines publications se concentrent sur les dimensions de l'ingénierie technique (par exemple, Kwak et al., 2018; Henesey et al., 2018) et de nature essentiellement économique et financière (par exemple, Wang et Notteboom, 2014; Duru et Tan, 2018) sur l'introduction et le développement d'une solution de soutage de GNL dans les ports. L'examen et l'étude approfondie des documents en question ont permis de mettre en évidence quelques profils utiles tant pour les managers que pour les décideurs impliqués dans le secteur.

La revue systématique de la littérature réalisée a également permis de mettre en évidence les profils d'études les plus significatifs et les principaux résultats scientifiques déjà obtenus par l'académicien au sujet de l'introduction et de la diffusion du GNL en milieu portuaire maritime. Les opérations, les impacts / risques environnementaux et les types de combustibles sont les principaux sujets abordés dans les articles académiques analysés (Figure 8). Par ailleurs, les universitaires accordent également une attention particulière à l'étude des flux import / export dans les ports, à la dynamique relative du marché du gaz naturel liquéfié (*market dynamics*) et aux décisions d'investissement (*investment decisions*) et juridiques.

Figure 8. Principaux thèmes traités dans les contributions scientifiques incluses dans le DB "Examen des projets et études consacrés à l'offre et à la demande de services d'avitaillement dans les ports" - Section C



Source: notre élaboration.

Dans le Tableau 11 une description détaillée est fournie pour chaque sujet abordé dans les contributions scientifiques incluses dans l'échantillon final.

Tableau 11. Description détaillée des principaux thèmes traités dans les contributions scientifiques incluses dans le DB "Bilan des projets et études consacrés à la demande et à l'offre de services d'avitaillement dans les ports" - Section C

Principali topic_Focus	N° documenti
Environment & impacts/risks	5
Studio che analizza differenti soluzioni per ridurre le emissioni delle navi. Case study relativo a due navi passeggeri ad alta velocità.	1
Studio empirico relativo alla riduzione del contenuto di zolfo nei carburanti marittimi nella regione del Mar Baltico.	1
Studio relativo al gas naturale liquefatto come carburante marittimo finalizzato alla quantificazione delle emissioni.	1
Valutazione del rischio connesso alle tecnologie automatizzate per il bunkeraggio di GNL	1
Valutazione del rischio di incendio di due tipi di sistemi di fornitura di gas naturale liquefatto.	1
Import/Export -Gas-liq	3
Analisi delle proposte per nuovi terminali costieri di importazione di GNL in tutti gli Stati Uniti.	1
Processo di liquefazione BOG su piccola scala utilizzato per le navi alimentate a gas naturale liquefatto.	1
Stima di un modello di spedizione globale tra porti di gas naturale attraverso l'analisi di un database relativo ai movimenti delle navi ed un metodo basato su informazioni provenienti da terminal di export e import mondiali.	1
Investment decisions	2
Importanza dell'inclusione delle industrie locali e del settore energetico nelle scelte di investimento per lo sviluppo di infrastrutture gnl	1
Valutazione della fattibilità economica di impiego di navi container alimentate a gnl sulle Northern Sea Route	1

**Interreg**UNION EUROPÉENNE
UNIONE EUROPEA**MARITTIMO-IT FR-MARITIME**Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale**TDI RETE-GNL**

Market dynamics	3
<i>Analisi relativa ai possibili meccanismi di determinazione del prezzo del mercato del gas naturale liquefatto e alle strategie di pricing</i>	1
<i>Metodo di valutazione delle iniziative commerciali finalizzate a promuovere il LNG come carburante marittimo.</i>	1
<i>Panoramica relativa all'utilizzo del GNL per l'industria marittima ed analisi del potenziale di crescita futura sulla base della flotta alimentata a GNL (corrente e in ordine) e dell'espansione pianificata degli impianti di bunkeraggio del GNL, principalmente nei porti europei.</i>	1
Normative	1
<i>Case study relativo alla normativa dello stato di Malta sul gas naturale liquefatto</i>	1
Operations	7
<i>Analisi delle caratteristiche idrodinamiche e della fattibilità operativa di un terminale di bunkeraggio a gas naturale liquefatto galleggiante (GNL) affiancato con una nave metaniera e due navette di rifornimento di GNL durante il processo di trasferimento di GNL.</i>	1
<i>Analisi di fattibilità relativa ad un nuovo sistema di ormeggio composto da una piattaforma galleggiante ancorata tramite pali al fondo marino al fine di realizzare un terminal LNG offshore</i>	1
<i>Analisi relativa alle caratteristiche richieste agli impianti di stoccaggio di gas naturale liquefatto a seconda delle condizioni meteorologiche presenti.</i>	1
<i>Metodo di simulazione per la valutazione della capacità di ricezione del terminale GNL.</i>	1
<i>Progettazione concettuale di un terminale di bunkeraggio di gas naturale liquefatto offshore</i>	1
<i>Studio relativo alla crescente opportunità di convertire le attuali navi metaniere (lng carriers ovvero LNGC) in centrali galleggianti di rifornimento di GNL.</i>	1
<i>Sviluppo e testing del Multiple Docking Aid System per un terminal di bunkering lng galleggiante</i>	1
Others	1
<i>Analisi del ruolo delle autorità portuali nello sviluppo di terminal di bunkering GNL nei porti del Nord Europa.</i>	1
Types of fuel	4
<i>Analisi di due differenti navi alimentate ad heavy fuel oil (HFO) e a liquified natural gas (LNG).</i>	1
<i>Analisi e confronto dei differenti carburanti alternativi esistenti in ambito marittimo, evidenziando l'importanza assunta del gas naturale liquefatto.</i>	1
<i>Analisi relativa all'utilizzo del LNG come combustibile marittimo per navi portacontainer in acque profonde sulle principali rotte marittime di linea.</i>	1
<i>Revisione sistematica di 33 studi pubblicati relativi all'utilizzo del GNL come combustibile per le navi.</i>	1
Totale complessivo	26

Source: notre élaboration.

Les principaux phénomènes analysés dans les documents sélectionnés sont: les perspectives d'analyse du cycle de vie (ACV) (par exemple, Thomson et al., 2015), les modèles d'évaluation des risques (par exemple, Henesey et al., 2018b), les théories de conception structurelle (par exemple, Kwak et al., 2018), Théories des réseaux et algorithmes génétiques (par exemple, Aymelek et al., 2015) et approches d'évaluation énergétique (par exemple Schinas et Butler, 2016). Cette dernière section comprend également des études approfondies consacrées à l'examen de l'indice visant à promouvoir l'utilisation la plus efficace de l'énergie par les moteurs et les équipements embarqués, ou l'EEDI (Energy Efficiency Design Index). En outre, les approches liées aux décisions de gestion environnementale, économique, sociale et stratégique sont de plus en plus utilisées.

2.3.3. *Le type de document et la méthode appliquée*

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Étude pour un plan d'action conjoint pour le GNL en zone portuaire"

En ce qui concerne le type et la méthode appliqués, l'échantillon final est principalement représenté par des articles de recherche pour 88,5%, où les revues de la littérature (7,7%) et les études conceptuelles (3,8%) ne constituent que la partie résiduelle de l'échantillon entier. Sans surprise, les méthodes quantitatives surpassent les méthodes qualitatives utilisées dans la catégorie des articles de recherche (50,0% contre 26,9%): dans trois cas (11,5%), les auteurs combinent des méthodes quantitatives et qualitatives dans la même analyse.

Tableau 12. Type de document / Méthode DB "Bilan des projets et études consacrés à la demande et à l'offre de services de soutage dans les ports" - Section C

<i>Tipologia del documento/Metodo</i>	<i>N° documenti</i>	<i>%</i>
Conceptual paper	1	3,85%
Conceptual framework; Hazard Models	1	3,85%
Literature review	2	7,69%
Conceptual models (Porter's five forces model); Systematic literature review; PEST (Political, Economic, Social, Technologica) analysis	1	3,85%
Literature review	1	3,85%
Research paper (qualitative)	7	26,92%
Multiple case study	2	7,69%
Multiple case study; Emission reduction analysis; Economic analysis	1	3,85%
Network design approach	1	3,85%
Simulation method (single case study)	1	3,85%
Single case study	1	3,85%
Single case study; Qualitative analysis of documents' content.	1	3,85%
Research paper (qualitative/quantitative)	3	11,54%
Costs/Benefits analysis; Financial criteria (Net Present Value - NPV; Internal Rate of Return - IRR)	1	3,85%
Literature review, interviews, Monte Carlo simulation (MCS) model	1	3,85%
Triangulation strategy (literature review, case studies, interviews)	1	3,85%
Research paper (quantitative)	13	50,00%
Benchmark analysis (focused on fuel consumption, cost saving, environmental benefits, gas storage, weight and volume change, conversion of engines, etc)	1	3,85%
Cost Model, Empirical test	1	3,85%
Cost-based valuation; energy content approach and predictive analytics	1	3,85%
Descriptive statistics	1	3,85%
Fire Frequency analysis; CFD-based consequence analysis	1	3,85%
General Purpose Simulation System (GPSS)	1	3,85%
Network mapping analysis; Automatic Identification System (AIS)	1	3,85%
Simulation methods	1	3,85%
-Single case study; Experiment	1	3,85%
Structural design based on finite element analysis; Numerical approaches (hydrodynamic diffraction analysis and hydrodynamic time response analysis); Costs/Benefits analysis, for estimating economic feasibility	1	3,85%
Technology warming potential (TWP)	1	3,85%
Thermodynamic analysis; Sensitivity analysis	1	3,85%
Wave Green function method; Experiments (HOBEM: higher-order boundary element method)	1	3,85%
Totale complessivo	26	100,00%

Source: notre élaboration.

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Étude pour un plan d'action conjoint pour le GNL en zone portuaire"

Le Tableau 12 met en évidence non seulement le type de documents faisant l'objet de l'analyse effectuée par le partenariat mais aussi les méthodes d'analyse associées utilisées, avec une prédominance des méthodes quantitatives mais aussi une présence non négligeable de contributions «qualitatives» principalement attribuables à 'utilisation de techniques «d'étude de cas unique» et «d'études de cas multiples».

2.3.4. Technologies de soutage

Enfin, toujours dans le cadre de la revue systématique de la littérature développée, la propension de chaque document inclus à aborder les problèmes liés à l'offre et à la demande d'infrastructures de soutage de GNL dans les ports a été évaluée. Cette étape a permis à l'équipe de travail du Chef de file UNIGE CIELI d'attribuer une variable fictive à chaque article (1 s'il traite de la question de l'offre et / ou de la demande, 0 s'il ne traite aucun problème lié à l'offre et / ou à la demande). Il est ressorti de cette analyse que 12 documents adoptent une perspective côté mer concernant les navires alimentés au GNL, en mettant l'accent sur la demande; 12 supposent une perspective terrestre, c'est-à-dire qu'ils concernent les stations de soutage de GNL, avec un focus sur l'offre; tandis que les 2 études restantes concernent les deux aspects. En référence à l'offre de services de soutage de GNL, et donc des solutions technologiques pour permettre le ravitaillement en gaz naturel liquéfié, 4 solutions de soutage ont été cartographiées, en cohérence avec la littérature existante sur le sujet (EMSA, 2018):

- i) Port-to-Ship (PTS) and Terminal-to-Ship (TPS);
- ii) Truck-to-Ship (TTS);
- iii) Ship-to-Ship (STS) (qui comprend aussi Floating LNG Terminals);
- iv) Mobile Fuel Tanks.

Deux étiquettes supplémentaires ont également été ajoutés afin de catégoriser les contributions axées sur les équipements de soutage de GNL (équipement de soutage des navires alimentés au GNL) et les contributions scientifiques sans analyse spécifique des options technologiques disponibles pour le soutage et le stockage du GNL (non précisé).

Le Tableau 13 souligne l'augmentation de la fréquence des articles consacrés à l'examen de la solution technologique STS (Ship-to-Ship) pour garantir le soutage de GNL aux navires alimentés au GNL, suivie des solutions technologiques TTS (Truck-to-Ship) et autres deux configurations.

Tableau 13. DB Bunkering technologies "Examen des projets et études consacrés à l'offre et à la demande de services de soutage dans les ports" Section C

<i>Tecnologie di bunkering</i>	<i>N° documenti</i>
Ship-to-Ship (STS) (including Floating LNG Terminals)	10
Truck-to-Ship (TTS)	5
Port-to-Ship (PTS) and Terminal to Ship (TPS)	2
Mobile Fuel Tanks (MFT)	2
Equipment for bunkering LNG-fuelled ships (including: pressure pumps, seawater pumps, technologies related to bunkering procedures for LNG-fuelled ships, etc.	9
Not specified	8

Source: notre élaboration.

Les activités de recherche liées au produit T2.1.1 ont également été validées et soutenues scientifiquement par la présentation des résultats de la recherche lors de la conférence internationale IAME 2019 à travers la présentation et la discussion du *full paper* indiqué ci-dessous:

- Satta G., Parola F., Duru O., Leotta C. (2019), “LNG bunkering solutions in ports: A literature review and research agenda”, International Association of Maritime Economists (IAME) Conference 2019, 25th-28th June 2019, Athens (Greece).

Il convient également de noter que lors du même événement, les deux résumés détaillés indiqués ci-dessous ont également été discutés, qui ont bénéficié des résultats des activités techniques menées dans le cadre du projet TDI RETE-GNL:

- Acciaro M., Parola F., Resta M., Satta G., Vitellaro F. (2019), “Demand Estimation for LNG Bunkering and Storage Services in Ports Using Bayesian Networks”, International Association of Maritime Economists (IAME) Conference 2019, 25th-28th June 2019, Athens (Greece).
- Satta G., Parola F., Fedi L., Giannoni M. (2019), “Funding LNG bunkering systems for European ports: from theory to practice”, International Association of Maritime Economists (IAME) Conference 2019, 25th-28th June 2019, Athens (Greece).

3. FICHE RÉCAPITULATIVE PRODUIT T2.1.2 " RAPPORT DE CARTOGRAPHIE DE LA DEMANDE "

3.1. Objectif du produit T2.1.1

Le produit T2.1.2 «Rapport de cartographie de la demande» examine et résume les principales caractéristiques actuelles et futures de la demande de GNL dans les ports de la zone du programme, en mettant un accent particulier sur l'examen de la flotte de GNL (et le type de services des transports fournis par les mêmes besoins énergétiques et liés), et sur les utilisations possibles du GNL dans le contexte portuaire et terrestre dans une logique de soutien à la chaîne d'approvisionnement maritime-portuaire. En outre, le document fournit des lignes directrices et des méthodologies techniques, visant à mesurer et à estimer les différentes quantités et variables impliquées dans l'analyse globale du marché du GNL pertinent en référence au contexte portuaire maritime. Le Produit identifie également les outils méthodologiques appropriés pour l'étude et l'analyse du marché que les différents décideurs publics et privés sont appelés à faire en référence aux choix de planification, de conception, de mise en œuvre, de gestion et de financement du SSLNG (Small Scale GNL) dans le secteur maritime portuaire. Le rapport constitue une première base pour établir les évaluations concernant le dimensionnement des installations de soutage et de stockage de GNL dans les ports de la zone du programme afin de soutenir leur introduction comme carburant marin alternatif. Au sein du Produit, les principales caractéristiques du marché du GNL sont d'abord brièvement examinées puis un modèle conceptuel est proposé pour faciliter l'analyse de la demande relative à un marché relativement récent et complexe caractérisé ces dernières années par des tendances et des moteurs de développement significatif.

Le produit T2.1.2, conformément à ce qui est prévu dans le formulaire de projet, a été créé par le chef de file, le partenaire P1 (UNIGE-CIELI) qui est chargé de préparer le rapport, avec la contribution directe des partenaires P2 (UNUPI) et P3 (UNICA-CIREM). Les partenaires P2 et P3 sont également responsables de la préparation du chapitre 7 du produit final T2.1.2. En outre, les partenaires P4 (OTC) et P5 (CCIVAR) ont soutenu les activités en cours et validé la formulation finale du produit associé. Par ailleurs, le partenaire P5 (CCIVAR) a produit, avec le soutien du consultant externe Lloyd's registrar, le rapport "Projet TDI-RETE-GNL T2.1.3 et T2.1.2 Cartographie de l'offre et de la demande en GNL en France avec Focus sur la Méditerranée, y compris les courses" afin d'étudier l'offre et la demande du région de la région française et celle de la Corse. Les différents partenaires du projet ont également pris en charge la cartographie et la collecte de données relatives aux domaines de compétence géographique relative.

3.2. La demande de GNL: caractéristiques et spécificités

Pour mieux comprendre les spécificités de la demande de GNL, il convient d'abord de définir le champ d'investigation examiné au sein du projet, considérant ainsi la chaîne technologique-production composée de 5 étapes telles que: extraction / production; liquéfaction; transport; regazéification; distribution logistique / marchés de sortie.

Au sein de la chaîne d'approvisionnement en GNL, en particulier, le «Small Scale LNG» (SSLNG) est défini comme l'ensemble des solutions technologiques de production qui concernent les différentes manières dont le GNL est géré en petites / moyennes quantités directement sous forme liquide (Remelje et Hoadley, 2006; Jokinen et al., 2015). Les services SSLNG peuvent être fournis à travers diverses solutions qui incluent, entre autres, des terminaux de regazéification adaptés, des navires de soutage, des pétroliers / conteneurs ISO, des dépôts côtiers fonctionnels pour l'ensemble de la chaîne logistique du GNL.

Sur la base de ce qui a été analysé, dans le contexte des marchés finaux, il est habituel d'articuler la demande de GNL dans les segments de marché suivants (Assocostieri, 2018; REF-E 2019; Liquigas, 2018):

- Secteur naval (soutage de GNL);
- Usages industriels et civils hors réseau (production d'électricité avec des générateurs pour l'autoproduction de l'entreprise ou pour des systèmes isolés et pour la production de chaleur à usage industriel ou civil);
- Automobile (y compris les véhicules routiers lourds et les véhicules routiers légers);
- Secteur ferroviaire (trains au GNL).

Les usages individuels et les segments de marché associés présentent des différences significatives tant par rapport aux volumes actuellement requis que par la dynamique et les tendances qui les caractérisent. Les usages industriels / civils automobiles et off-grid constituent actuellement les principaux segments de marché. Cependant, du point de vue de l'évolution et de la dynamique liées à la demande attribuable aux différents segments, ce sont les navires et camions GNL qui présentent des taux de développement croissants et les perspectives de marché les plus pertinentes. Selon les estimations de REF-E (2017), en 2020, la demande absorbée par la chaîne d'approvisionnement en GNL en aval devrait atteindre environ 120.000 tons / an, dont plus de 60% pour le transport routier (lourd et léger), 24% des utilisateurs industriels hors réseau, 12% pour le transport maritime tandis que les réseaux de distribution isolés devraient représenter moins de 3% du marché global.

3.3. La demande de GNL dans le secteur maritime-portuaire: le modèle conceptuel proposé

Dans le cadre des activités de recherche liées au produit T2.1.2, le partenariat a développé et validé un modèle conceptuel visant à:

1. définir les différents segments de demande pertinents afin de quantifier la demande actuelle et future de services d'avitaillement et de stockage de GNL dans la zone portuaire maritime des ports inclus dans la zone de programme;
2. identifier, en relation avec les différents segments et agrégats, les méthodologies et techniques appropriées pour quantifier les volumes nécessaires à ce jour et estimés pour l'avenir.

À cette fin, le FC et les partenaires P2 (UNUPI) et P3 (UNICA-CIREM) ont développé conjointement un modèle conceptuel pour l'analyse et la cartographie de la demande de services d'avitaillement et de stockage de GNL dans l'environnement portuaire maritime qui comprend trois différents macro-segments, correspondant aux macro-zones dans lesquelles les besoins énergétiques associés sont générés, à savoir:

- Demande maritime;
- Demande portuaire;
- Demande terrestre.

Aux fins du projet, «demande maritime» signifie la demande de GNL directement attribuable au soutage de GNL pour la propulsion des navires; le terme «demande portuaire» fait référence aux besoins énergétiques générés dans les zones portuaires et qui peuvent être satisfaits grâce à l'utilisation du GNL comme carburant pour la production d'énergie; enfin, par «demande terrestre», nous entendons la demande de services d'avitaillement et de stockage de GNL dans la zone portuaire maritime qui, bien que ne provenant pas nécessairement du port, pourrait encore être satisfaite par des usines situées dans les mêmes zones portuaires.

Ce cadre a été validé par les partenaires du projet et par les chefs de file des autres projets CLUSTER GNL dans le cadre du 2e appel.

3.3.1. Demande maritime

La mesure de la demande maritime (actuelle) de services d'avitaillement et de stockage de GNL et l'estimation du futur semblent complexes en raison des considérations suivantes:

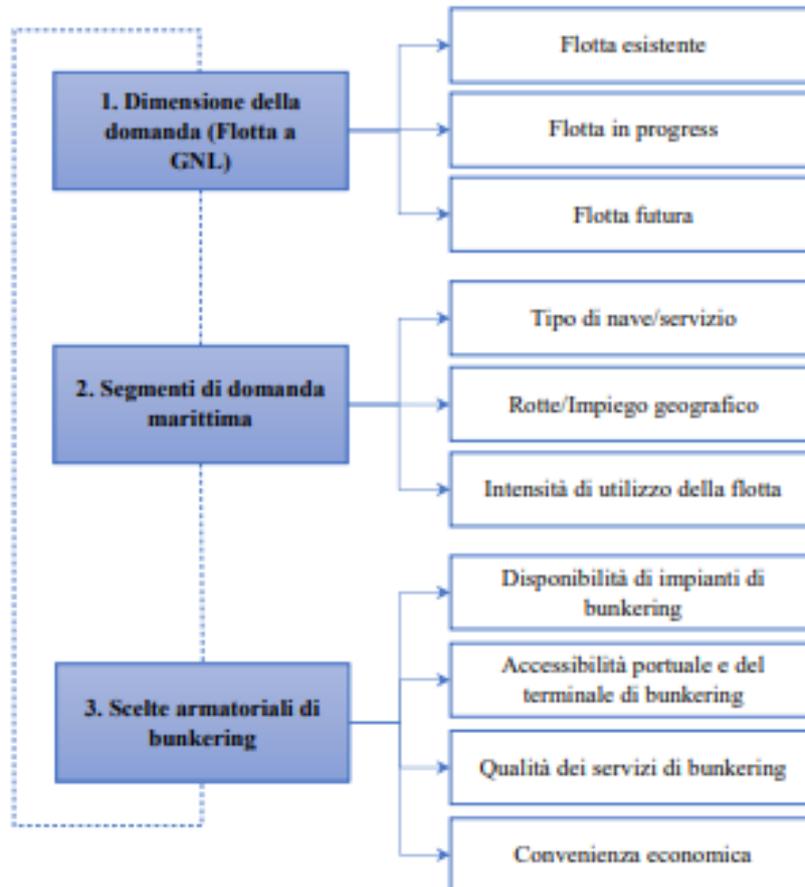
- Analyse de la demande en relation avec les investissements infrastructurels (en réseaux et complexes): ces investissements et projets infrastructurels présentent des caractéristiques spécifiques attribuables aux concepts d'indivisibilité d'échelle et de techniques, d'indivisibilité temporelle et financière, et de «aussi peu que mixte».
- Méthodologies de mesure, d'estimation et de prévision à court et moyen / long terme: la demande maritime doit être examinée à la fois sous l'angle de sa cohérence actuelle et de son évolution future prévisible (horizons temporels plus longs qui nécessitent l'adoption conjointe de modèles de demande actuelle et techniques de prévision).
- Compréhension d'une pluralité d'acteurs publics et privés: les choix de planification et de programmation des investissements infrastructurels doivent concilier intérêts publics et privés.

A partir des considérations ci-dessus, il apparaît nécessaire de développer un modèle conceptuel pour l'étude de la demande maritime de GNL visant à mesurer et à estimer à la fois l'état actuel de la flotte (2019) et ses perspectives d'évolution future à court (2021/2022), à moyen (2025) / 2026) et à long terme (2030).

La cartographie de la demande maritime de soutage de GNL, dans ses dimensions actuelles et prospectives, nécessite l'examen conjoint des profils fondamentaux suivants (Figura 9):

- Taille de la demande / flotte GNL: estimation de la flotte existante, flotte en réaménagement, flotte en carnet de commandes, flotte à partir des commandes futures, flotte à partir du réaménagement et des conversions futures.
- Segments de la demande maritime: pour chaque segment, examen d'éléments tels que le type de navire / service, les voies d'utilisation, l'intensité d'utilisation de la flotte.
- Choix des armateurs de soutage: facteurs tels que la disponibilité des systèmes de soutage, l'accessibilité technique / nautique du port / terminal de soutage de GNL, la qualité des services de soutage fournis, la commodité économique du choix du soutage.

Figura 9. Demande maritime de services de soutage de GNL: modèle de référence théorique



Source: notre élaboration.

3.3.2. Demande portuaire de GNL

Pour réaliser l'analyse de la demande portuaire en GNL, il apparaît nécessaire de définir précisément les besoins énergétiques globaux du port et pour chaque consommation d'énergie, d'identifier les usages pour lesquels le GNL représente une solution envisageable afin de répondre aux besoins énergétiques associés, mesurer la part des besoins énergétiques portuaires satisfaits à ce jour par GNL, estimer l'incidence du GNL comme source de production d'énergie dans la zone portuaire. La complexité des estimations est rendue encore plus grande du fait de la nécessité d'identifier l'utilisateur des besoins énergétiques ou en charge de choisir un éventuel passage au GNL, en identifiant les investissements réalisés à cet effet et ceux prévus et par l'hétérogénéité des flux d'énergie.

Concernant les usages, au sein du macro-segment relatif aux besoins énergétiques portuaires, 6 domaines d'utilisation peuvent être identifiés: les infrastructures maritimes; espaces et espaces communs; chantiers de manœuvre ferroviaires; terminaux commerciaux; construction navale et activités industrielles; activités de croisière et touristique.

3.3.3. Demande terrestre de GNL

La demande de GNL terrestre est constituée des besoins des services de stockage de GNL dans la zone portuaire maritime pas nécessairement à l'intérieur du port. Les segments considérés pour l'évaluation de la demande terrestre, aux fins et aux fins du présent document sont:

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Étude pour un plan d'action conjoint pour le GNL en zone portuaire"

- GNL pour les véhicules terrestres lourds et légers: intérêt pour l'utilisation du GNL dans un futur proche pour la fourniture de véhicules terrestres au niveau régional.
- GNL à usage civil et industriel «hors réseau»: la production combinée d'électricité et de chaleur peut réduire le coût global permettant une utilisation efficace du carburant; le contexte très énergivore du port rend cette solution particulièrement intéressante.
- Les dépôts satellites «inland»: élément fondamental de la chaîne d'approvisionnement en GNL, essentiel pour garantir la continuité du service et établir la localisation et le dimensionnement des installations d'avitaillement et de stockage dans la zone portuaire.

3.4. Profils méthodologiques liés à l'analyse de la demande de GNL

3.4.1. Demande de GNL maritime: délimitation du champ d'enquête, sources de collecte des données et structure du questionnaire aux armateurs.

D'un point de vue méthodologique, cartographier et quantifier la demande actuelle et future de services d'avitaillement de GNL dans les ports de la zone de programme pour chaque agrégat identifié (flotte existante; flotte de réaménagement; flotte en carnet de commandes; flotte des commandes futures; Réaménagement de la flotte et conversions futures) les choix suivants doivent être faits:

- Délimitation du champ d'enquête: type de navires à inclure dans l'échantillon, couverture géographique / nationalité des navires;
- Définition du niveau d'agrégation / désagrégation de la demande maritime de services de soutage de GNL: définition des différents segments de marché considérés;
- Définition du niveau de précision de la quantification à partir de la demande actuelle et des prévisions relatives à la demande future: application d'une approche analytique par rapport aux agrégats identifiés, précision et ponctualité de l'analyse, suivie d'une approche synthétique;
- Sélection de l'horizon temporel par rapport à la prévision de la demande future;
- Sélection de méthodes / techniques statistiques / mathématiques spécifiques (qualitatives ou quantitatives) pour la mesure et l'estimation des agrégats individuels à l'étude.

Figure 10. Approches pour l'analyse de la flotte de GNL et l'estimation de la demande maritime relative

Flotta a GNL	Aggregato di analisi	Orizzonte temporale dell'analisi	Incertezza nella stima
Flotta GNL attualmente esistente	A. Flotta attuale di navi a GNL già costruite/operative sul mercato	2019	
Flotta GNL in progress	B. Flotta attualmente in fase di refitting/conversione a GNL	2020	
	C. Flotta attualmente in ordine/costruzione (on orderbook)	2021/2022	
Flotta GNL futura	D. Flotta da futuri ordini	2025 e 2030	
	E. Flotta da refitting e riconversioni futuri	2025 e 2030	

Source: notre élaboration.



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Grâce à la collecte, à la systématisation et à l'analyse des données fournies par la base de données IHS-SEAWEB, il a été possible de cartographier les agrégats "A. Flotte actuelle de navires de GNL" (à partir de 2019) et le total "C. Flotte actuellement en commande / en construction" (à partir de 2021/2022 pour la plupart des types de navires et 2025/2026 pour le secteur des croisières). Pour les agrégats "B. Flotte en cours de réaménagement / conversion au GNL", "D. Flotte des futures commandes" et "E. Réaménagement de la flotte et transformations futures", la tentative d'application de la méthode analytique a nécessité l'administration d'un questionnaire spécifique dédié aux armateurs qui a été transmis aux armateurs italiens et français. Compte tenu de la difficulté objective liée à l'application d'une méthode analytique pour les agrégats B, D et E, il a ensuite été décidé de recourir également à des approches synthétiques pour la prévision et l'estimation de la demande future.

La complexité des estimations à faire au sein du projet et la volatilité des segments de demande nécessitent également l'utilisation d'analyses de sensibilité et d'analyses de scénarios, visant à identifier les plages de variation possibles attendues en référence à la demande maritime de GNL dans différents horizons prévoir les tempêtes.

3.4.1.1. Données pour l'analyse de la demande maritime

En ce qui concerne la collecte d'informations et de données pertinentes pour l'étude de la flotte de GNL, le groupe de travail des FC a développé une base de données spécifique relative à la flotte actuellement existante et à la flotte de navires GNL "en commande", à partir de la plateforme en ligne IHS seamarket (base de données «Seaweb»), utilisée à la fois par les universitaires et les praticiens du secteur. Ce choix découle de la facilité d'utilisation de la plateforme et de l'étendue des fonctionnalités proposées.

Pour les besoins de l'étude, une extraction a été réalisée à partir de la plate-forme dans laquelle ont été inclus tous les navires «propulsés au GNL» détectés dans le monde, à partir de laquelle il a été possible d'identifier la liste complète des navires GNL existants ou en statut «en commande» internationalement. La DB développée pour les besoins de ce projet était initialement composée de 658 navires de GNL propulsés, appartenant à 176 groupes d'armateurs différents et gérés par 229 opérateurs différents. Sur la flotte GNL identifiée, 457 sont actuellement en service ou «lancées» sur le marché en 2019 («flotte actuellement sur le marché»), tandis que les 201 autres sont en carnet de commandes avec livraison après cette date. À partir de cette base de données, nous avons procédé à l'identification des navires détenus ou gérés par des propriétaires de *group owner/registered owner/operators* de nationalité européenne, en examinant ensuite le détail des navires italiens et français. La base de données comprend 34 variables de nature technique, opérationnelle / managériale et commerciale.

3.4.1.2. Structure, contenu et modalités d'administration du questionnaire destiné aux armateurs

Pour intégrer les informations visées au point précédent, le partenariat a également préparé et administré un questionnaire spécifique aux parties prenantes concernées. La structure du questionnaire (pour une analyse détaillée dont veuillez vous référer à la version complète du produit T2.1.2) en plus des informations relatives à la personne interrogée et à la compagnie maritime analysée, 10 questions sur l'utilisation du GNL comme forme de propulsion navale et est articulée en trois sections:

- Section A: Informations sur la personne interrogée et sur la compagnie maritime;
- Section B: Informations relatives aux méthaniers appartenant à la flotte;
- Section C: Profils opérationnels et économique-financiers liés à la flotte de GNL.

La version finale du questionnaire (rédigée en italien et en français) a été partagée dans le cadre de la "Table de travail sur les carburants alternatifs", promue par la Région de la Ligurie et la Chambre de commerce de Gênes, qui voit la présence de divers acteurs intéressés par les questions de GNL. En ce qui concerne le contexte national italien, le questionnaire a été transmis aux principales associations

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Étude pour un plan d'action conjoint pour le GNL en zone portuaire"



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



professionnelles Confitarma et Assoarmatori qui ont transmis les questionnaires à leurs membres et ont ensuite renvoyé les questionnaires remplis au FC (4 par Confitarma, 6 par Assoarmatori). Concernant la France, les FC ont contacté 14 armateurs (identifiés par les partenaires P4 et P5) et n'ont reçu aucune réponse, malgré les rappels. Globalement, il est à noter que l'administration du questionnaire s'est heurtée à un certain nombre d'obstacles dus au manque d'information sur le sujet par une partie des armateurs pour diffuser des informations qu'ils jugent stratégiques en termes de compétitivité et de concurrence avec les concurrents.

3.4.1.3. Demande portuaire GNL: définition de l'objet d'étude et structure du questionnaire aux Autorités de Système Portuaires (ADSP).

Dans le cadre de l'activité T2.1. "Analyse des principales conditions de l'offre et de la demande au niveau actuel / prospectif dans la zone du programme" nous avons procédé à la collecte d'informations relatives à la demande portuaire de services d'avitaillement / stockage de GNL non seulement par des méthodologies "en ligne" (recherche documentaire) mais aussi à travers la conception et l'administration d'un questionnaire spécifique aux AdSP et autorités portuaires mentionnés dans la zone de programme (qui représente la principale source d'informations sur les besoins énergétiques dans la zone portuaire).

En particulier, au sein du questionnaire «Cartographie de la consommation d'énergie portuaire et de l'offre de services de soutage de GNL dans la zone maritime-portuaire: entretien avec les AdSP et les autorités portuaires», une section (section C) fonctionnelle pour examen des besoins énergétiques actuels et futurs des zones portuaires (et des zones adjacentes) qui pourraient être satisfaits au moyen d'installations alimentées au GNL et d'autres formes possibles d'utilisation du GNL lui-même (section soigneusement détaillée dans le produit intégral T2.1.2). Veuillez-vous référer à la version complète du produit T2.1.2 pour une discussion détaillée du sujet.

3.4.1.4. Demande terrestre: définition des segments de demande et structure du questionnaire pour l'étude du parc de véhicules terrestres.

Toujours dans le cadre de l'activité T2.1. Afin de dimensionner correctement les usines de soutage et de stockage de GNL dans la zone portuaire maritime, des activités ont également été prévues pour quantifier et estimer les volumes de GNL potentiellement pertinents par rapport au macro-segment «demande terrestre», à savoir:

- i. GNL pour la propulsion de véhicules terrestres (élément plus intéressant à considérer);
- ii. GNL à usage civil et industriel «hors réseau/off-grid» (un élément qui revêt une importance particulière exclusivement par rapport aux zones géographiques qui ne sont pas connectées au réseau national (par exemple la Sardaigne);
- iii. Les gisements satellites de type «inland» non connectés au réseau gazier national (en partie déjà cartographiés dans le produit T2.1.3 du projet TDI RETE-GNL).

Compte tenu de ce qui précède, le chef du projet, avec le soutien du représentant des parties prenantes et de manière concertée avec ses partenaires, a conçu et développé un autre questionnaire spécifique à administrer aux transporteurs routiers opérant dans ou à proximité des zones portuaires appartenant à la zone de programme concernée les différentes manières d'utiliser le GNL comme carburant alternatif pour cartographier l'état actuel et futur des flottes de poids lourds et les perspectives de leur conversion au GNL.

Le questionnaire a été partagé avec un grand nombre de transporteurs routiers pour le compte de tiers, grâce à des contacts tels que la Chambre de commerce de Gênes, la Confédération nationale de l'artisanat et des petites et moyennes entreprises, CNH INDUSTRIAL - IVECO, la Département de l'Industrie de la Région Sardaigne et transporteurs individuels. Dans l'ensemble, nous notons

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Étude pour un plan d'action conjoint pour le GNL en zone portuaire"

l'engagement actif envers l'administration des nombreux questionnaires; le partenariat a envoyé un total de 111 questionnaires et en a reçu 18 complétés.

3.5. Cartographie de la demande maritime de GNL: résultats de l'analyse empirique

Afin de cartographier la demande maritime de GNL au sein de la zone du Programme, en tenant compte de la rareté des données relatives à l'utilisation de ce type de navire dans la zone à l'étude (du fait que les investissements dans Le GNL par les armateurs opérant en Méditerranée ne s'est produit que récemment et avec des taux de croissance significatifs) et la nécessité de mener des activités de prévision à court (2019-2021) et à moyen (2025) et à long terme (2030-2035) il apparaît nécessaire dans un premier temps d'analyser les tendances relatives à la flotte de GNL existante et dans le carnet de commandes tant au niveau international qu'europpéen afin de disposer de statistiques suffisamment robustes pour comprendre les segments de demande les plus opportunités de croissance. Par la suite, aux fins du présent document, les agrégats suivants ont été examinés:

- Flotte GNL exploitée par des armateurs italiens
- Flotte GNL exploitée par des armateurs français
- Flotte GNL opérée dans la zone méditerranéenne.

En intégrant les analyses régionales détaillées à la définition des taux de croissance attendus relatifs aux différents secteurs du transport maritime les plus touchés par ce type d'innovation technologique, nous avons finalement procédé à:

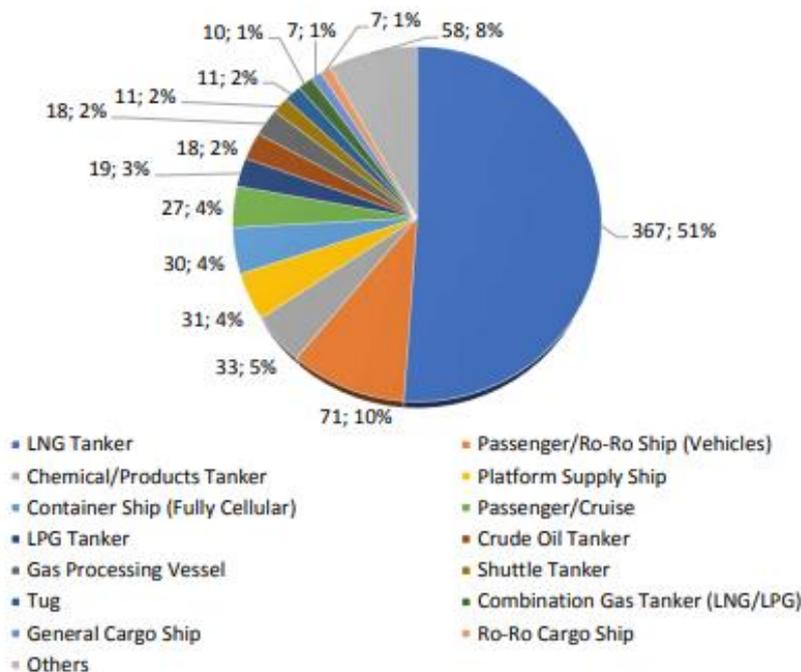
- calculer la demande de services de soutage de GNL pour la zone du programme par rapport à l'horizon 2019/2021
- estimer les niveaux de demande de services de soutage de GNL pour la zone du programme par rapport aux horizons 2025, 2030 et 2035.

3.5.1. Analyse de l'état actuel et prospectif de la flotte internationale propulsée au GNL

L'examen des données collectées au sein de la DB montre que la solution GNL a déjà été choisie à l'international à la date d'analyse (octobre 2019) par rapport à 37 types d'actifs de navires différents, pour un total de 718 navires, si ils considèrent conjointement les navires avec le statut "en service / commission" et les navires de nouvelle construction dans le futur, c'est-à-dire "quille posée", "lancée", "en commande / non commencée", "projetée" et "en construction". En référence au type de navire, la solution de propulsion GNL est plus répandue dans les navires «méthaniers», ou méthaniers pour 51,1% du total, ce qui n'est cependant pas particulièrement significatif pour l'étude de la demande de les services d'avitaillement mentionnés dans ce rapport car ces navires ne nécessitent pas de services de ravitaillement en utilisant une partie du même GNL qu'ils transportent comme carburant, exploitant le phénomène d'ébullition des gaz (BOG). En termes de pertinence, les types de navires Navires à passagers / rouliers (71; 9,9%), pétroliers de produits chimiques (33; 4,6%), navires ravitailleurs de plates-formes (31, 4,3%), porte-conteneurs (entièrement cellulaire) (30; 4,2%), croisière (27; 3,8%), pétrolier GPL (19; 2,6%), etc. La Figure 11 montre les données relatives aux 15 premières catégories navales.

Afin de réduire la complexité de l'information, les données ont été agrégées en 8 macro-catégories de navires qui montrent que les méthaniers continuent à maintenir le leadership (51,1%) suivis par les autres pétroliers (14,3%); Navire à passagers / roulier (10,4%); Porte-conteneurs / Marchandises diverses / Transporteur de véhicules / Fret Ro-RO (56; 7,8%); PSV / FPSO / OFFSHORE (56; 7,8%); Remorqueurs et services auxiliaires (28; 3,9%); Croisière (27; 3,8%); Vrac sec (6; 0,8%).

Figure 11. Flotte internationale de GNL: 15 premières catégories par type de navire



Source: notre élaboration effectuée sur les données IHS Market – Seaweb (30.06.2019)

En référence au statut de la flotte, les navires «en service / commission» représentent 60% du total, tandis que ceux de construction future représentent 40% au niveau international. En particulier, les différentes catégories de navires ont des tailles actuelles et des perspectives de croissance futures très différentes (Tableau 14). Par exemple, le secteur des croisières affiche une incidence actuelle de seulement 0,2% de la flotte en exploitation, alors que ses perspectives de croissance sont parmi les plus intéressantes, représentant 9% du total des nouvelles constructions de GNL dans le monde.

Tableau 14. Segments de marché pertinents pour le GNL: taille actuelle et perspectives d'avenir

Ship type code	peso rispetto a "in service/commissions"	peso rispetto a "new buildings"
LNG Tanker	54,1%	46,7%
Other Tanker	12,4%	17,3%
Passenger/Ro-Ro Ship (Vehicles)	11,2%	9,3%
Container Ship/General cargo/Vehicles carrier/Ro-Ro cargo	6,1%	10,4%
PSV/FPSO/OFFSHORE	11,0%	3,1%
Tug and auxiliary services	4,4%	3,1%
Cruise	0,2%	9,0%
Dry bulk	0,7%	1,0%

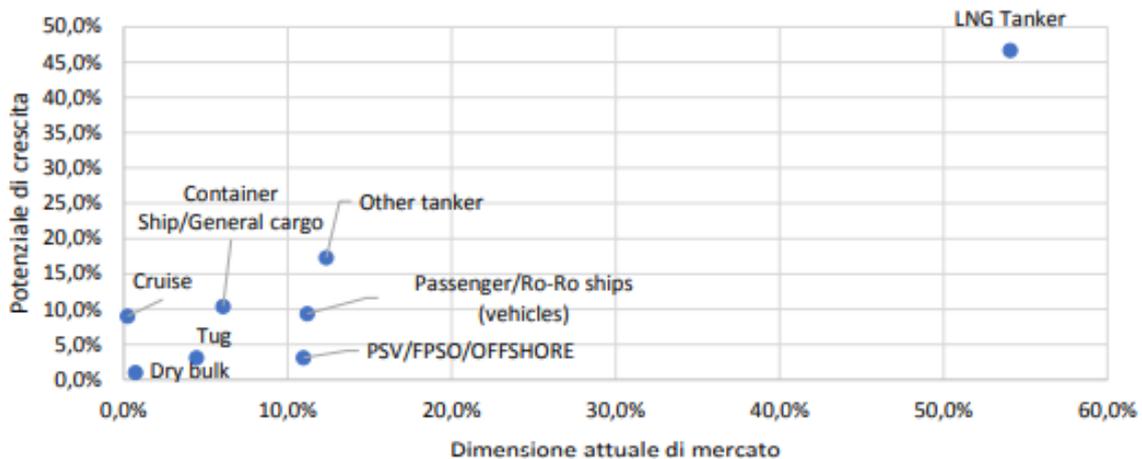
Source: notre élaboration effectuée sur les données IHS Market – Seaweb (30.06.2019)

La Figure 12 permet de mettre en évidence le positionnement des différents secteurs du transport maritime en tant que segments de demande par rapport au marché dans son ensemble. Hors macro-catégorie des méthanières, la pertinence actuelle des segments Autres pétroliers (12,4%), passagers / Ro-ship (11,2%), PSV / FPSO / OFFSHORE (11,0%) est mise en évidence, tandis qu'en perspective le



segment « autres pétroliers » (17,3%), porte-conteneurs / marchandises diverses / transporteurs de véhicules / fret Ro-RO (10,4%), navire à passagers / roulier (11,2%) et croisière (9,0%).

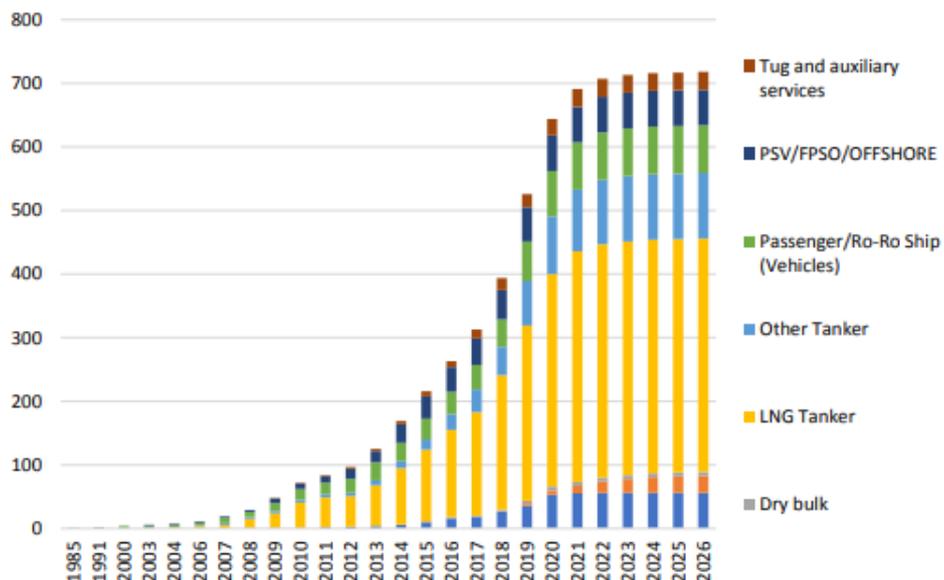
Figure 12. Code de type des navires GNL: taille actuelle et perspectives d'avenir



Source: notre élaboration effectuée sur les données IHS Market – Seaweb (30.06.2019)

La Figure 13 montre au lieu de cela la tendance temporelle de la mise en service des différents types de navires de GNL en termes de flotte existante chaque année de 1985 à 2026.

Figure 13. Tendance des différents segments de marché au niveau international: nombre de méthaniers (années 1985-2026)



Source: notre élaboration effectuée sur les données IHS Market – Seaweb (30.06.2019)

Dans la version complète du produit T2.1.2, il existe également des graphiques qui mettent en évidence l'évolution du tonnage Dead Weight Tonnage (DWT), Gross Tonnage (GT) et de la capacité totale de stockage de GNL des navires précités, permettant ainsi d'évaluer la tendance passée et prospective de la demande éventuelle de services de soutage de GNL au niveau maritime. Ces valeurs ont ensuite été

utilisées pour calculer le TCAC (taux de croissance annuel composé), c'est-à-dire les perspectives de croissance des différents segments de marché des méthaniers compte tenu:

- i) Évolution du nombre de navires
- ii) Évolution du DWT
- iii) Évolution de GT
- iv) Évolution de la capacité de stockage de GNL pour la propulsion (proxy de la tendance future de la demande de services d'avitaillement de GNL).

Le but de l'estimation du TCAC est de disposer de paramètres comparatifs pour la prévision des scénarios de croissance futurs des différents segments de demande de soutage de GNL. Le rapport analyse donc la tendance du marché associée pour chaque segment de demande au niveau international; dans le Tableau 15 les principaux résultats issus de ces analyses approfondies sont présentés ci-dessous.

Tableau 15. Tendance du marché des segments de demande à l'international

Segments de demande	Principaux résultats des tendances du marché
Container/general cargo/vehicles carries/ro-ro cargo	<ul style="list-style-type: none"> - Depuis 2008, le segment a considérablement augmenté, avec un TCAC sur la période 2008-2022 de plus de 30%. - Au sein du segment de marché en question, on a tendance à utiliser cette solution technologique en référence à des tailles de navires de plus en plus importantes. -La tendance récente des commandes montre également qu'à l'avenir, la croissance de ce segment au niveau international est vouée à diminuer également en raison des conditions de marché spécifiques qui caractérisent l'activité au niveau international. -Les réservoirs utilisés pour ce type de navire ont des dimensions moyennes assez importantes et sont pertinents au regard des choix de dimensionnement des installations de stockage de GNL pour supporter les systèmes d'avitaillement de GNL qui sont principalement destinés à ce segment de marché.
Cruise	<ul style="list-style-type: none"> -Le marché des croisières au GNL est très jeune, avec la première unité en service à partir de fin 2018. - À partir de 2020, le segment affiche une croissance significative, avec un TCAC sur la période 2020-2022 de 78%. - Au sein du segment de marché en question, il existe une tendance à utiliser cette solution technologique en référence aux navires de taille moyenne / grande. -La tendance récente des commandes montre également qu'à l'avenir, la croissance de ce segment au niveau international est appelée à augmenter de manière exponentielle (TCAC de 2018 à 2022 supérieur à 70%), surtout en raison des conditions de marché spécifiques qui caractérisent les affaires internationales. -Les réservoirs utilisés pour ce type de navire ont des dimensions moyennes assez importantes et sont pertinents au regard des choix de dimensionnement des installations de stockage de GNL pour supporter les systèmes d'avitaillement de GNL qui sont principalement destinés à ce segment de marché.
Other tanker	<ul style="list-style-type: none"> - Depuis 2008, le segment s'est considérablement développé, trouvant un TCAC sur la période 2008-2022 supérieur à 25-30% selon la variable considérée (flotte, DWT, GT, capacité des réservoirs). - Au sein du segment de marché en question, on a tendance à utiliser cette solution technologique en référence à des tailles de navires de plus en plus élevées. -La tendance récente des commandes montre également qu'à l'avenir, la croissance de ce segment au niveau international est vouée à diminuer également en raison des conditions de marché spécifiques qui caractérisent l'activité au niveau international -Les réservoirs utilisés en relation avec ce type de navire ont une taille moyenne importante.
Passenger/ro-ro ships (vehicles)	<ul style="list-style-type: none"> - Depuis 2008, le segment s'est considérablement développé, trouvant un TCAC sur la période 2008-2022 supérieur à 15-20% selon la variable considérée. - Au sein du segment de marché en question, on a tendance à utiliser cette solution technologique en référence à des tailles de navires toujours plus grandes. -La tendance récente des commandes montre également qu'à l'avenir, la croissance de ce segment au niveau international est appelée à rester plutôt forte, en raison également des conditions de marché spécifiques qui caractérisent l'activité au niveau international. -Les réservoirs utilisés pour ce type de navire sont de petite taille, compte tenu de leur utilisation sur des routes à courte distance.



PSV/FPSO/Offshore	<ul style="list-style-type: none"> - Depuis 2008, le segment a connu une croissance significative, trouvant un TCAC sur la période 2008-2022 de plus de 20-30% en fonction de la variable considérée (flotte, DWT, GT, capacité de carburant). - Au sein du segment de marché en question, on a tendance à utiliser cette solution technologique en référence à des tailles de navires de plus en plus importantes. -La tendance récente des commandes montre également qu'à l'avenir, la croissance de ce segment au niveau international est vouée à diminuer également en raison des conditions de marché spécifiques qui caractérisent l'activité au niveau international -Les réservoirs utilisés pour ce type de navire ont de petites dimensions et sont pertinents au regard des choix de dimensionnement des installations de stockage de GNL pour supporter les systèmes d'avitaillement de GNL qui sont principalement destinés à ce segment de marché.
Tug/auxiliary services	<ul style="list-style-type: none"> À partir de 2009, le segment a considérablement augmenté, trouvant un TCAC au cours de la période 2009-2022 de plus de 25 à 30% selon la variable considérée. - Au sein du segment de marché en question, on a tendance à utiliser cette solution technologique en référence à des tailles de navires de plus en plus importantes. -La tendance récente des commandes montre également qu'à l'avenir, la croissance de ce segment au niveau international est vouée à diminuer également en raison des conditions de marché spécifiques qui caractérisent l'activité au niveau international. -Les réservoirs utilisés pour ce type de navire sont de petite taille.
Dry bulk	<ul style="list-style-type: none"> - Depuis 2015, le segment a considérablement augmenté, avec un TCAC sur la période 2015-2022 de plus de 25% compte tenu du nombre de navires et de plus de 60% compte tenu du tonnage des navires (DWT et GT) - Au sein du segment de marché en question, on a tendance à utiliser cette solution technologique en référence à des tailles de navires de plus en plus importantes. -La tendance récente des commandes montre également qu'à l'avenir, la croissance de ce segment au niveau international est vouée à diminuer également en raison des conditions de marché spécifiques qui caractérisent l'activité au niveau international. -Les réservoirs utilisés pour ce type de navire sont de petites dimensions moyennes et sont pertinents au regard des choix de dimensionnement des installations de stockage de GNL pour supporter les systèmes d'avitaillement de GNL qui visent principalement ce segment de marché.

Source: notre élaboration.

3.5.2. Analyse de la flotte au GNL opérant en Europe

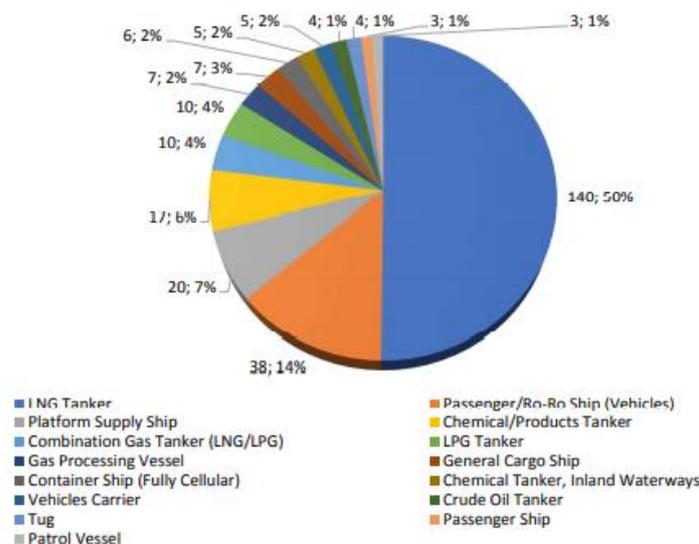
Afin d'analyser l'état actuel et les perspectives d'avenir de la flotte de GNL opérant en Europe, l'utilisation commerciale de chaque navire de GNL au cours de la dernière année civile a été identifiée au sein de la DB. Tous les navires utilisés l'année dernière sur au moins une route en Europe ont donc été inclus dans l'analyse qui suit. Par souci de brièveté, nous ferons référence ci-après à cet agrégat de méthaniers faisant référence à la flotte européenne, quelle que soit la nationalité de l'armateur de l'actif et / ou de l'armateur ou du gestionnaire de navire qui l'utilise.

L'examen des données collectées au sein de la DB pour l'étude de la flotte européenne de GNL met en évidence comment la solution relative à la propulsion GNL a déjà été choisie au niveau européen dès juin 2019 pour 26 types d'actifs navals différents, pour un total de 297 navires, si l'on considère conjointement les navires avec le statut "en service / commission" et les navires de nouvelle construction à l'avenir, ce qui signifie "quille posée", "lancé", "sur commande / pas commencé", "Projeté "Et" en construction ".

En raison du «type de navire», les méthaniers (47,1% des 297 navires) sont suivis par les catégories navires à passagers / rouliers (12,8%), navires ravitailleurs de plates-formes (6,7%), pétroliers de produits chimiques (5,7%), pétrolier mixte (3,4%), pétrolier GPL (2,4%), cargo général (2,4%). De ce point de vue, il est certainement intéressant de constater une première différence significative par rapport au scénario international: la flotte européenne de GNL est significativement concentrée sur le segment relatif au transport de personnes par mer en raison des spécificités du continent européen et du

rôle que ce type des affaires présente par rapport à des réalités telles que les pays de la Baltique et de la mer du Nord, l'Angleterre, la Grèce, l'Italie mais aussi la France. La Figure 14 rend compte des données relatives à la répartition de la flotte des catégories navales utilisées dans l'espace européen

Figure 14. Flotte européenne de GNL: 15 premières catégories par type de navire



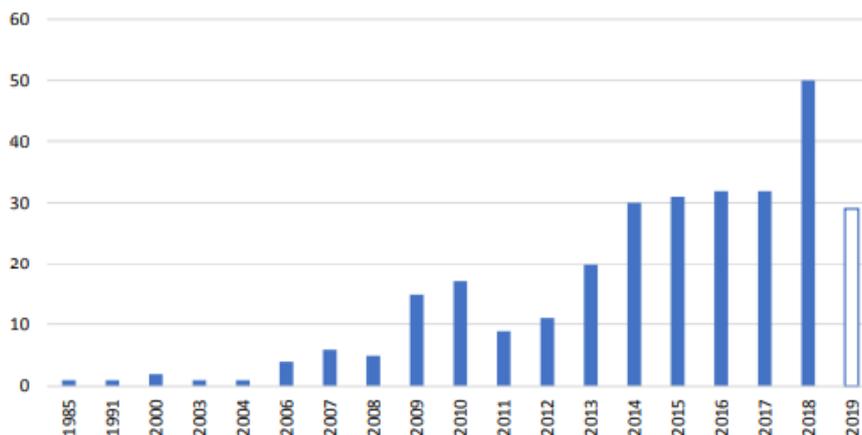
Source: notre élaboration effectuée sur les données IHS Market – Seaweb (30.06.2019)

La même analyse en référence aux 8 macro-catégories indiquées dans la section précédente (5.1) confirme la primauté des navires méthaniers (140; 47,1%) suivis des autres pétroliers (47; 15,8%), des navires à passagers / rouliers (41; 13,8%); PSV / FPSO / OFFSHORE (31; 10,4%); Porte-conteneurs / Marchandises diverses / Transporteur de véhicules / Fret Ro-RO (22; 7,4%); Remorqueurs et services auxiliaires (12; 4%); Croisière (2; 0,7%); Vrac sec (2; 0,7%).

Il est essentiel de souligner comment le segment «croisière» est particulièrement réduit au sein de cet agrégat du fait qu'évidemment la flotte de croisière GNL est largement en construction et pour ces navires, il ne semble donc évidemment pas possible de le savoir aujourd'hui la situation géographique de l'actif du navire. Pour cette raison, compte tenu du fait qu'une part importante des navires de croisière GNL sera employée sur les marchés de la mer du Nord et de la Méditerranée, par rapport à cette catégorie navale, une estimation a été faite sur la demande suite à une logique différente.

La Figure 15 rend compte des valeurs relatives à la répartition temporelle des navires entrant sur le marché (livraison) par rapport aux catégories navales concernées afin d'analyser la demande de soutage de GNL (hors catégorie des méthaniers).

Figure 15. Répartition temporelle de l'entrée des méthaniers (livraison) au niveau européen (années 1985-2019)



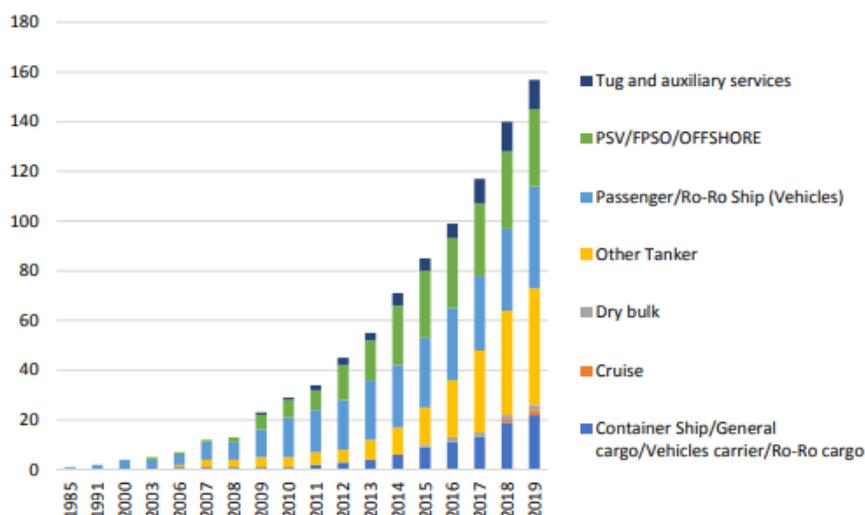
Source: notre élaboration effectuée sur les données IHS Market – Seaweb (30.06.2019)

La Figure 16 permet de mettre en évidence la tendance des différents types de navires méthaniers en termes de flotte existante chaque année de 1985 à 2019.

Le rapport complet contient également des graphiques qui mettent en évidence la tendance du tonnage en poids mort (DWT), du tonnage brut (GT) et de la capacité totale de stockage de GNL de la flotte de GNL, conformément à l'analyse internationale.

Au niveau européen également, les TCAC relatifs ont été calculés pour chaque segment de marché afin d'identifier un indicateur de la tendance future de la demande de services d'avitaillement de GNL dans le secteur maritime. Le produit T2.1.2. analyse ensuite la tendance de marché associée pour chaque segment de demande au niveau européen; dans le Tableau 16 les principaux résultats de ces analyses sont présentés.

Figure 16. Tendance des différents segments de marché au niveau européen: nombre de méthaniers (années 1985-2019)



Source: notre élaboration effectuée sur les données IHS Market – Seaweb (30.06.2019)

Tableau 16. Tendances du marché des segments de demande au niveau européen

Segments de demande	Principaux résultats des tendances du marché
Container/general cargo/vehicles carries/ro-ro cargo	<ul style="list-style-type: none"> - Depuis 2008, le segment a considérablement augmenté, trouvant un TCAC au cours de la période 2008-2019 d'environ 30%. - Au sein du segment de marché en question, on a tendance à utiliser cette solution technologique en référence à des tailles de navires de plus en plus importantes. -Les réservoirs utilisés en relation avec ce type de navire ont une taille moyenne assez limitée et ceci est pertinent en référence aux choix de dimensionnement des installations de stockage de GNL pour supporter les systèmes d'avitaillement de GNL qui sont principalement destinés à ce segment de marché.
Cruise	<ul style="list-style-type: none"> -Le marché des croisières au GNL est très jeune, avec la première unité en service à partir de fin 2018. -En 2019, le segment affiche une croissance significative grâce à l'entrée du deuxième navire Carnival sur le marché, affichant un TCAC sur la période 2018-2019 de 41%. - Au sein du segment de marché en question, il existe une tendance à utiliser cette solution technologique en référence aux navires de taille moyenne / grande. <p>Étant donné que l'utilisation commerciale de la plupart des navires de croisière entrant sur le marché international n'est pas connue, on peut supposer qu'une petite partie, au moins 10% des 26 navires de croisière en ordre international de 2020 à 2026 prendra le large dans la zone UE (l'Europe en 2019 représente 14,2% de la capacité passagers dans l'industrie mondiale des croisières et 12% de la capacité en termes de flotte, source: Cruise industry news), la croissance de ce segment le niveau international est destiné à augmenter de façon exponentielle.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Les réservoirs utilisés pour ce type de navire ont des dimensions moyennes assez importantes et sont pertinents au regard des choix de dimensionnement des installations de stockage de GNL pour supporter les systèmes d'avitaillement de GNL qui sont principalement destinés à ce segment de marché.
Other tanker	<ul style="list-style-type: none"> - Depuis 2008, le segment a connu une croissance significative, trouvant un TCAC sur la période 2008-2019 de plus de 25-30% selon la variable considérée (flet, tpl, GT, capacité du réservoir). - Au sein du segment de marché en question, il existe une tendance à utiliser cette solution technologique en référence à des tailles de navires de taille significative. -Les réservoirs utilisés pour ce type de navire ont des dimensions moyennes assez importantes et sont pertinents au regard des choix de dimensionnement des installations de stockage de GNL pour supporter les systèmes d'avitaillement de GNL qui sont principalement destinés à ce segment de marché.
Passenger/ro-ro ships (vehicles)	<ul style="list-style-type: none"> - À partir de 2008, le segment a considérablement augmenté, trouvant un TCAC sur la période 2008-2019 de plus de 15 à 35% selon la variable considérée (flotte, DWT, GT, capacité du réservoir). - Au sein du segment de marché en question, il existe une tendance à utiliser cette solution technologique en référence à des tailles de navires de taille significative. -Les réservoirs utilisés pour ce type de navire ont une taille moyenne plutôt limitée et sont pertinents au regard des choix de dimensionnement des installations de stockage de GNL pour supporter les systèmes d'avitaillement de GNL qui visent principalement ce segment de marché.
PSV/FPSO/Offshore	<ul style="list-style-type: none"> - Depuis 2008, le segment a connu une croissance significative, trouvant un TCAC sur la période 2008-2019 de plus de 20 à 40% selon la variable considérée (flotte, DWT, GT, capacité du réservoir). - Au sein du segment de marché en question, il existe une tendance à utiliser cette solution technologique en référence à des tailles navales importantes. - Les réservoirs utilisés pour ce type de navire sont de taille moyenne et sont pertinents au regard des choix de dimensionnement des installations de stockage de GNL pour supporter les systèmes d'avitaillement de GNL qui visent principalement ce segment de marché.
Tug/auxiliary services	<ul style="list-style-type: none"> - Depuis 2009, le segment a connu une croissance significative, trouvant un TCAC sur la période 2009-2019 supérieur à 25% selon la variable considérée. - Au sein du segment de marché en question, il existe une tendance à utiliser cette solution technologique en référence aux navires de petite taille. -Les réservoirs utilisés pour ce type de navire ont de petites dimensions et sont pertinents au regard des choix de dimensionnement des installations de stockage de GNL pour supporter les systèmes d'avitaillement de GNL qui sont principalement destinés à ce segment de marché.
Dry bulk	<ul style="list-style-type: none"> - À partir de 2015, le segment a considérablement augmenté, trouvant un TCAC au cours de la période 2015-2019 de 15%. - Au sein du segment de marché en question, il existe une tendance à utiliser cette solution technologique en référence aux navires de petite taille.



- Les réservoirs utilisés pour ce type de navire sont de petite taille et sont pertinents au regard des choix de dimensionnement des installations de stockage de GNL pour supporter les systèmes de soutage de GNL qui visent principalement ce segment de marché.

Source: notre élaboration.

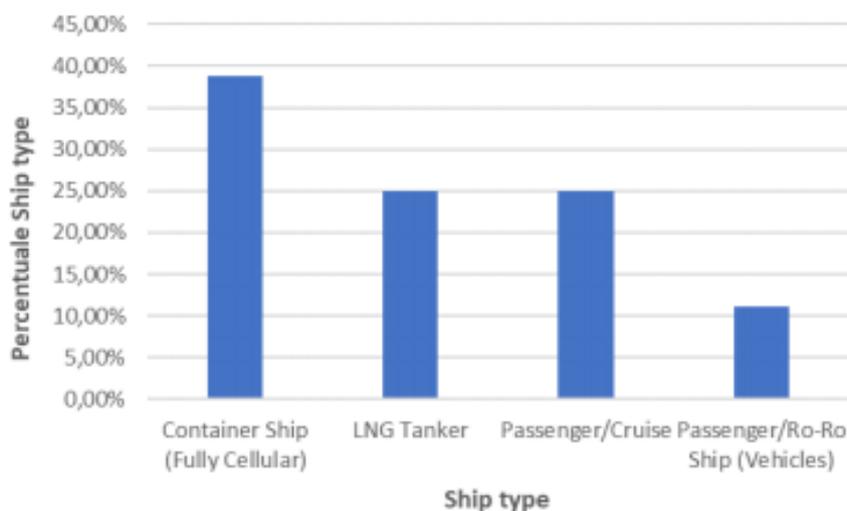
3.5.3. Analyse de la flotte au GNL exploitée par des armateurs italiens et français

Dans le but d'analyser la flotte actuelle et la flotte «en commande» de navires au GNL appartenant à des armateurs italiens et français, les FC ont créé et développé une autre base de données spécifique à partir des données collectées. Cette base de données vise à identifier les méthaniers des armateurs italiens et français avec des services proposés dans la Zone Cible, à savoir la France et l'Italie et, en particulier, les ports de Gênes, Livourne, Cagliari, Corse et la Région PACA.

La base de données développée aux fins de l'analyse suivante est composée de 36 méthaniers propulsés, dont 10 font partie de la flotte italienne et 26 de la flotte française. En référence au statut, 15 navires sont actuellement sur le marché, en service ou «lancés» en 2019 (11 en service et 4 lancés), 1 quille posée, 4 en construction, 1 en projet, tandis que les 14 autres sont «en carnet de commande» avec livraison prévue après la date à laquelle l'analyse susmentionnée a été effectuée.

En ce qui concerne le «type de navire», les navires inclus dans l'échantillon considéré sont principalement des porte-conteneurs (14 navires), des méthaniers (9 navires), des navires à passagers / de croisière (9 navires) et des navires à passagers / rouliers (4 navires) car ces segments ont des caractéristiques de régularité et de planification adaptées à l'utilisation du GNL comme carburant marin alternatif.

Figure 17. Flotte d'armateurs italiens et français: % type de navire



Source: notre élaboration effectuée sur les données IHS Market – Seaweb (30.06.2019)

La Figure 18 permet de mettre en évidence les performances des différents types de navires au GNL pour chaque année considérée: l'importance du segment «croisière» est mise en avant, segment qui ces dernières années introduit en fait le GNL comme une stratégie verte à adopter pour en attirer une plus grande part des clients (les soi-disant «touristes verts») et pour des raisons d'économie.

Pour ce niveau d'analyse également, les tendances du tonnage en poids mort, du tonnage brut et de la capacité totale de stockage de la flotte de référence ont été faites.



Afin de vérifier si les navires inclus dans l'échantillon, d'armateurs français et italiens, offrent des services de transport maritime impliquant également les ports de la zone d'objectif du projet, des variables supplémentaires de nature technique, opérationnelle / managériale et commerciale ont été prises en compte, telles que: *hauls; ports; frequency; marine miles; speed; volumes required*. Ces informations ont été collectées en consultant les sites internet des sociétés analysées, la plateforme Seaweb, Vessel Finder et Sea-distances. Le processus de collecte s'est avéré difficile pour la flotte non encore en service (environ 30% seulement de l'échantillon considéré est «en service»); tandis que pour le segment "croisière", l'activité publicitaire et promotionnelle de leurs services a facilité l'analyse.

Figure 18. Flottes Ita-fra: évolution des segments de marché: nombre de méthaniers



Source: notre élaboration effectuée sur les données IHS Market – Seaweb (30.06.2019)

Dans la version complète du produit T2.1.2. la base de données créée par le partenariat est affichée et les détails sont fournis sur les cas commerciaux pertinents (AIDAnova et Costa Smeralda du groupe Costa Crociere Spa pour le segment des croisières, Elio du groupe Caronte & Tourist Lines Srl pour le segment roulier du ferry et certains navires-citernes déjà en service). En revanche, il n'est pas possible d'identifier les futurs itinéraires des navires non encore en service, notamment en ce qui concerne le secteur des conteneurs, car les armateurs qui ont investi dans des méthaniers ne fournissent actuellement pas publiquement de données relatives aux choix de déploiement des navires.

3.5.4. Analyse de la flotte alimentée au GNL dans la zone méditerranéenne et dans la zone du programme.

Afin de procéder à l'analyse de la flotte existante et de la flotte «en commande» en ce qui concerne les navires au GNL naviguant dans les ports méditerranéens, les FC sont intervenues dans la création et le développement d'une base de données supplémentaire (DB Mediterraneo_Mappatura) commençant à partir des données collectées et extrapolées à partir de la plateforme en ligne IHS seamarket. L'objectif de l'analyse est notamment d'identifier les méthaniers circulant en Méditerranée qui présentent un intérêt en termes de demande actuelle et prospective de services de soutage de GNL potentiellement pertinents par rapport aux ports de la « Zone du Programme » prévus sous la forme (ports de Gênes, Savone, La Spezia, Livourne, Cagliari, Bastia et Toulon).

La DB, créée après une vérification minutieuse que le navire a déjà été utilisé ou devrait être utilisé dans la zone géographique en question, comprend 129 navires de GNL propulsés, 126 en service, 3 non encore livrés mais avec une utilisation future prévue dans la zone en question.



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



En ce qui concerne le type de navire, la flotte est principalement constituée de navires méthaniers (99), suivis des macro-segments Autres pétroliers (15), Navire à passagers / roulier (7), PSV / FPSO / OFFSHORE (4), Croisière (2), Remorqueurs et services auxiliaires (1), porte-conteneurs / marchandises diverses / transporteur de véhicules / fret roulier (1). Les données relatives à l'année de mise en service des navires en question montrent à quel point le développement de l'utilisation de ce carburant alternatif est assez récent et comment le transport de passagers et de ferry et le transport de croisière jouent un rôle particulier au regard des spécificités du territoire objectif et les ports étudiés notamment en raison de la réglementation sur la réduction des émissions d'azote et de soufre ainsi que d'une plus grande attractivité auprès des clients porteurs de stratégies vertes (touristes verts).

Dans la version complète du produit, les variables de nature technique, opérationnelle et de gestion ont également été examinées, préalablement identifiées comme pertinentes aux fins d'estimer la demande de soutage de GNL par rapport aux ports de la zone du programme.

3.6. Cartographie de la demande portuaire de GNL: résultats de l'analyse empirique

Comme indiqué précédemment, l'estimation de la demande portuaire en GNL nécessite d'abord la quantification de la consommation totale d'énergie au niveau du port, ensuite l'évaluation de la quantité de GNL nécessaire pour produire l'énergie nécessaire à la pleine satisfaction des utilisateurs et, enfin, l'estimation perspective de la part d'énergie qui sera effectivement produite dans chaque nœud portuaire grâce à l'utilisation du GNL.

Compte tenu de la complexité considérable de la disponibilité des données, il a été jugé raisonnable de procéder à l'estimation en question en définissant des indicateurs clés de performance liés à la consommation d'énergie, calculés à partir des données désagrégées fournies par les opérateurs portuaires qui ont répondu uniquement aux questionnaires.

Plus précisément, cette section présente les procédures qui conduisent à l'estimation de la consommation en termes de kWh des zones portuaires à travers l'introduction de paramètres clés définis avec précision KPI, adaptés aux différentes catégories d'appartenance des activités commerciales et des usages prévus présents dans le Port. À cette fin, les opérateurs de terminaux / concessionnaires présents au sein de chaque nœud portuaire ont été regroupés selon la classification suivante par zone homogène:

1. Marchandises générales (1,1 polyvalent; 1,2 conteneur);
2. Vrac liquide (pétrole, produits dérivés, etc.);
3. Vrac solide (charbon, minéraux ferreux et non ferreux, céréales, etc.);
4. Construction navale (construction et réparation navales);
5. Terminal passagers;
6. Marine (navigation de plaisance);
7. Autres (entrepôts, logistique, etc.).

3.6.1. Terminal general cargo

La macro-catégorie «marchandises diverses», divisée en deux sous-classes, permet d'identifier une classe représentative d'activités adaptées aux opérations de chargement-déchargement de conteneurs / cargaisons, de stockage, d'entreposage et de distribution. Pour chaque opérateur de terminal inclus dans l'échantillon d'étude (pour plus d'informations, se reporter à la version complète du produit T2.1.2), des données ont été collectées sur la valeur de la surface en concession, le nombre de prises électriques (fiches de référence), le nombre de conteneurs manutentionnés annuellement (débit), les différentes marchandises manutentionnées et les mètres linéaires de matériel roulant manutentionnés.



Afin de rendre plus comparables les volumes traités par les différents terminaux, des indicateurs de performance commerciale (débit) ont été calculés, respectivement exprimés en nombre de tonnes et équivalent EVP, obtenus comme suit:

$$Teu_{eqv} = Teu_{cont} + \frac{Merci\ varie\ (tonn.)}{Pm_{container}} + \frac{Rotabili\ (metri\ lineari)}{L_{Teu}} \quad [1]$$

$$Ton_{evq} = Teu_{eqv} * Pm_{container} \quad [2]$$

[*Teu_{cont}*: numero di teu movimentati (throughput), tabella ###.]

Pm_{container}: 12 tonn, peso medio stimato per Teu

L_{Teu}: 6 m, lunghezza Teu.

Enfin, l'énergie totale consommée annuellement par l'activité de l'opérateur du terminal a été calculée.

La catégorie polyvalente comprend toutes les activités de chargement / déchargement de marchandises diverses, de matériel roulant et, pour une part minoritaire, également de conteneurs. Les 4 opérateurs de terminaux identifiés présentent des caractéristiques homogènes entre eux; l'opérateur de terminal 3 se distingue nettement des autres pour un plus grand nombre de matériel roulant manutentionné, affectant la valeur des tonnes et équivalents EVP. La valeur de la consommation totale d'énergie de l'opérateur de terminal 3 est inférieure à celle de l'opérateur de terminal 1 (avec un nombre équivalent d'EVP similaire), en raison de la nature différente des marchandises traitées en tant qu'opérateur de terminal 3 a un certain nombre de matériel roulant manutentionné, qui n'impliquent pas de consommation d'énergie attribuable à l'exploitant du terminal, nettement prépondérante sur les autres biens.

Les opérateurs de terminaux qui exercent des activités de gestion et de manutention de conteneurs se caractérisent par des volumes modestes de diverses marchandises manutentionnées, présentant un plus grand nombre de conteneurs par rapport à la catégorie polyvalente. La consommation peut différer d'un opérateur de terminal à un autre en raison du degré d'automatisation du terminal, qui implique une utilisation différente de l'énergie.

3.6.2. *Vrac liquide*

Les exploitants de terminaux associés à cette catégorie s'occupent du stockage et de la distribution dans les zones portuaires des fiouls, du pétrole, des huiles végétales, des graisses animales, du biodiesel, de la pétrochimie, des produits chimiques organiques et inorganiques. De l'analyse des opérateurs de terminaux inclus dans la catégorie «*vrac liquide*», il est mis en évidence que la consommation d'énergie de l'opérateur de terminal 10 présente un ordre de grandeur supérieur aux autres du fait de la présence d'échangeurs de chaleur connectés au réseau de distribution de vapeur avec la fonction de maintien du coût la température des volumes de stockage.

3.6.3. *Vrac solide*

La catégorie du *vrac solide* comprend les exploitants de terminaux de Gênes et en particulier de Savone, qui a un bon nombre d'activités associées à ce type de classification. Dans ces zones, il y a des installations de stockage avec la présence possible de déshumidificateurs refondus.

3.6.4. *Construction navale*

Dans la catégorie *construction navale*, seules les données relatives aux chantiers navals du port de Gênes et de Savone sont intéressantes aux fins d'analyse; les autres concessionnaires, en revanche, ont une



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



utilisation modeste voire nulle de cette source d'énergie, favorisant l'utilisation de combustibles traditionnels. Les activités sont divisées en réparation et construction de navires et de bateaux de différentes tailles et types.

3.6.5. Terminal passagers

Dans la catégorie des terminaux passagers, seules les données relatives aux terminaux passagers du port de Gênes sont intéressantes pour l'analyse. En effet, il est possible d'estimer une énergie totale annuelle consommée de plus de 13,5 millions de kilowatts / heure, en considérant une surface de référence de 294800 mètres carrés.

3.6.6. Ports de plaisance

Dans la catégorie marine, les données relatives aux marinas du port de Gênes sont intéressantes pour l'analyse. En effet, il est possible d'estimer une énergie totale consommée par an à plus de 11 millions de kilowatts / heure, en considérant une surface de référence d'environ 277000 mètres carrés.

3.6.7. Autres activités

Enfin, dans la catégorie «autres activités», seules les données relatives aux zones restantes en concession dans le port de Gênes présentent un intérêt pour l'analyse. En effet, il est possible d'estimer une énergie totale annuelle consommée égale à plus de 2,7 millions de kilowatts / heure, en considérant une surface de référence d'environ 75000 mètres carrés.

3.6.8. Calcul des KPI liés à la consommation d'énergie du port

Grâce aux données décrites dans les paragraphes précédents, les indicateurs calibrés en fonction du type d'activités commerciales / opérationnelles individuelles ont été définis, visant à estimer la consommation d'énergie par rapport aux différentes activités du portail dans les aéroports de la zone de programme, par rapport aux agrégats pour lesquels les valeurs réelles n'étaient pas disponibles.

Les activités de recherche menées ont permis de collecter des informations précises sur la consommation énergétique, électrique et thermique des différents concessionnaires situés dans les ports de Gênes, Savone, La Spezia et Livourne. Cependant, comme ces informations détaillées n'étaient pas disponibles pour les autres aéroports de notre échantillon, dans de tels cas, une estimation indirecte de la consommation d'énergie globale a été effectuée, en appliquant les indicateurs de performance clés calculés.

À partir des données fournies par les opérateurs de terminaux et les AdSP, il a été possible de calculer la valeur de certains indicateurs pour estimer la consommation d'autres opérateurs de terminaux appartenant aux ports de la zone du programme.

Le Tableau 17 présente les principaux indicateurs utiles pour mesurer / estimer la consommation d'énergie dans les différentes activités portuaires qui constituent des leviers de consommation capables d'expliquer l'évolution de la consommation d'énergie du port dans ses différents domaines et types d'activités. Pour les besoins de l'analyse, comme nous ne pouvons actuellement pas disposer de données de consommation fiables relatives à un nombre statistiquement significatif de terminaux, il n'est pas possible de calculer la valeur de ces indicateurs pour la préparation d'études économétriques. Par conséquent, dans la présente étude, les indicateurs de consommation ont été principalement utilisés (les indicateurs ID6 et ID7 en particulier), car ils ont démontré un niveau de robustesse plus élevé dans le traitement et les études menées, permettant une estimation plus précise, par rapport aux autres indicateurs étudiés, la consommation dans les terminaux portuaires situés dans les ports de l'échantillon.



Tableau 17. KPI pour l'estimation de la consommation d'énergie au niveau du port: définition et opérationnalisation

Categoria	Indicatore (ID)	Formula	Descrizione	Caratteristiche e efficacia dello "stimatore"
Dotazione di equipment	1	$\frac{Refeer\ plugs}{m^2}$	Densità di reefer plugs rispetto all'area portuale complessiva	La densità di reefer plugs presenti nel porto in relazione alla superficie complessivamente disponibile, costituisce una buona proxy per stimare una parte dei consumi energetici. Ciò in ragione degli elevati consumi energetici che queste facility generano.
	2	$\frac{Refeer\ plugs}{Teu_{eqv}}$	Rilevanza della capacità di stoccaggio reefer sul throughput complessivo	È un indicatore che consente di stimare la rilevanza delle facility di stoccaggio a piazzale dei container reefer, i quali sono alimentati elettricamente per mantenere la catena del freddo. Pertanto, maggiore sarà la dotazione di reefer plugs nel porto, in relazione ai traffici complessivi merci, maggiori saranno ragionevolmente i consumi elettrici.
Commerciale	3	$\frac{Feu}{Teu}$	Rapporto tra il numero di container FEU (40 piedi) e TEU (20 piedi)	La maggiore incidenza di container da 40 piedi (FEU) riduce il numero di manipolazioni necessarie sia lato banchina (ship-to-shore cranes) sia lato piazzale, a parità di volumi movimentati nel complesso (throughput espresso in TEU equivalenti). Il minor numero di manipolazioni da parte delle gru/mezzi di piazzale ("moves") riduce pertanto i consumi energetici per il funzionamento dell'equipment stesso (elettrico o diesel).
Efficienza	4	$\frac{Teu_{eqv}}{m^2}$	Indicatore di efficienza nello sfruttamento dello spazio destinato ad attività container	Un utilizzo più intensivo dello spazio, in ragione degli elevati volumi di container movimentati, conduce a parità di altre condizioni a maggiori consumi energetici.
	5	$\frac{Ton_{eqv}}{m^2}$	Indicatore di efficienza nello sfruttamento dello spazio destinato ad attività commerciali (terminal)	Un utilizzo più intensivo dello spazio, in ragione degli elevati volumi di merce (tutte le categorie), conduce a parità di altre condizioni a maggiori consumi energetici.
Consumo energetico	6	$\frac{kWh}{m^2}$	Densità di consumo energetico su area	È un indicatore di consumo energetico che mostra l'intensità dei consumi a metro quadro. Questo indicatore costituisce una sintetica proxy dei consumi riconducibili sia alle aree portuali scoperte (illuminazione, handling delle merci, etc.) sia ai volumi di magazzino dove le merci sono stoccate (illuminazione, handling delle merci e riscaldamento degli spazi coperti, etc.). Un valore elevato dell'indicatore evidenzia la presenza di attività portuali maggiormente "energivore" (energy intensive).
	7	$\frac{kWh}{Teu_{eqv}}$	Indice di consumo energetico rispetto ai volumi movimentati (espressi in TEU equivalenti)	È un indicatore di consumo energetico che mostra l'intensità dei consumi in relazione ai TEU equivalenti movimentati. Minore è il valore dell'indicatore maggiore, a parità di altre condizioni, è l'efficienza gestionale e produttiva delle attività portuali oggetto dell'analisi.
	8	$\frac{kWh}{Ton_{eqv}}$	Indice di consumo energetico rispetto al peso delle merci movimentate (espresso in tonnellate equivalenti)	È un indicatore di consumi energetici analogo al precedente, ma in questo caso la metrica contiene al denominatore le tonnellate complessive di merce (e non i "TEU equivalenti").

Source: notre élaboration.

3.6.9. Méthodologie utilisée

A partir des données relatives à la consommation réelle, les KPI relatifs à chaque opérateur de terminal ont été obtenus afin d'identifier leurs caractéristiques en termes de consommation d'énergie, grâce notamment à l'indice ID8, c'est-à-dire le rapport entre l'énergie primaire utilisée et les tonnes équivalentes .

Par rapport aux indices, les valeurs moyennes par terminal ont été calculées, grâce à une pondération calculée comme:

$$KPI_AVG_i = \frac{\sum_{i=1}^n En_i}{\sum_{i=1}^n \pi_j} \quad [3]$$

L'indice «i» définit le type de KPI en fonction de la grande énergie considérée, qu'elle soit de nature: thermique, électrique (ou totale, donnée par la somme des deux précédentes). Le terme En_i indique la consommation électrique ou thermique globale des opérateurs / concessionnaires de terminaux. Alors que l'indice j associé au terme π_j , de l'équation [3], identifie la variable utilisée pour estimer chaque KPI. Afin de rendre comparable la consommation d'énergie thermique et électrique, il est nécessaire de convertir la consommation électrique (énergie absorbée) des exploitants de terminaux / concessionnaires en énergie primaire. Cette opération permet de comparer et de sommer l'utilisation réelle des ressources énergétiques thermiques et électriques, en amenant l'électricité en amont du réseau (via le rendement électrique national). Cette valeur moyenne pondérée permet d'étendre l'évaluation de la consommation à toutes les activités associées à la classe considérée aux autres ports considérés, à travers le produit entre le KPI et la quantité de référence au dénominateur.

La version complète du rapport présente les paramètres de performance des zones portuaires de Gênes et de Savone, répartis dans les différentes catégories d'opérateurs de terminaux identifiées. Pour valider le modèle, des étalonnages ont été effectués sur le port de Livourne, en utilisant les données de trafic de l'autorité portuaire. Dans le Tableau 18 pour des raisons de protection des données sensibles, seules les valeurs moyennes des KPI en question sont présentées. Il est à noter que ces KPI ont par la suite fait l'objet d'une étude approfondie et d'une amélioration significative en termes de détail et de précision, dans le cadre du projet SIGNAL dans la logique de capitalisation des résultats du projet TDI RETE-GNL comme indiqué dans la documentation correspondante (Tableau 19). Il est donc suggéré de considérer les valeurs ultérieures utilisées dans le projet SIGNAL lui-même (produits T1.3.1 et T1.3.2 et T1.5.1 suivants, rapport UNIGE).

Tableau 18. Calcul des valeurs moyennes des KPI pour l'estimation de la consommation d'énergie des terminaux: valeurs relatives à l'échantillon de terminaux examiné dans le projet TDI RETE-GNL.

Categoria di terminal	No. Of observations	KPI_el		KPI_th	
		kWh/mc	kWh/Ton_eqv	kWh/mc	kWh/Ton_eqv
KPI_AVG_MULTIPURPOSE	4	19,39	1,04	39,62	2,12
KPI_AVG_CONTAINER	2	52,24	3,80	41,90	3,05
KPI_AVG_RINFUSE SOLIDE	5	46,69	4,07	28,02	2,44
KPI_AVG_RINFUSE LIQUIDE	7	66,26	6,59	53,40	5,31
KPI_AVG_CANTIERISTICA	11	324,66	-	89,04	-
KPI_AVG_PASSEGGERI	1	39,07	-	7,02	-
KPI_AVG_MARINE	1	38,87	-	1,16	-
KPI_AVG_ALTRO	6	23,97	-	13,32	-

Source: notre élaboration.

Tableau 19. Calcul des valeurs moyennes des KPI pour l'estimation de la consommation d'énergie du terminal: valeurs relatives à l'échantillon terminal examiné dans le projet SIGNAL.

Tipologia di terminal	KPIs selezionati		KPIs consumi elettrici		KPIs Consumi termici	
	Consumi Elettrici	Consumi Termici	kWh/mq	kWh/Ton_eqv	kWh/mq	kWh/Ton_eqv
General Cargo_Mutipurpose	kWh/Ton_eqv	kWh/Ton_eqv	20,12	1,01	34,85	1,91
General Cargo_Container	kWh/Ton_eqv	kWh/Ton_eqv	71,99	3,27	55,75	2,53
Rinfuse solide	kWh/Ton_eqv	kWh/Ton_eqv	44,87	4,07	26,92	2,44
Rinfuse liquide	kWh/Ton_eqv	kWh/Ton_eqv	58,74	6,73	36,31	4,21
Cantieristica	kWh/mq (di spazi in concessione)	kWh/mq (di spazi in concessione)	180,65	-	93,67	-
Terminal passeggeri	kWh/mq (di spazi in concessione)	kWh/mq (di spazi in concessione)	38,65	-	6,94	-
Marine	kWh/mq di specchi acquei e moli	kWh/mq di specchi acquei e moli	8,97	-	-	-

Source: notre élaboration.



Interreg



UNION EUROPÉENNE
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



3.6.10. Analyse des besoins énergétiques du port de Gênes

Sur la base des indicateurs de performance clés calculés et de l'analyse des statistiques descriptives, la consommation d'énergie relative au port de Gênes a été estimée conjointement en tenant compte des données de consommation réelle et des estimations des concessionnaires pour les données non disponibles. L'analyse aboutit à une estimation de la consommation d'énergie du port de Gênes, en énergie primaire, égale à 480,05 GWh, donnée par la somme de la consommation thermique (énergie primaire 193,21 GWh) et de la consommation électrique primaire (286,83 GWh).

Il est possible d'identifier le potentiel maximum lié à la demande portuaire en GNL dans l'hypothèse que les besoins énergétiques liés à la consommation thermique du vecteur d'énergie diesel sont convertis totalement ou au moins en partie en GNL. Par contre, le produit T2.1.2 présente les chiffres prospectifs de la consommation thermique globale et de la consommation liée au carburant Diesel / GNL pour répondre à la demande thermique des systèmes de manutention des équipements d'exploitation. En particulier, aux fins de, un taux de croissance annuel de la consommation d'énergie thermique de 2,5% entre 2016 et 2030 et de 1,5% entre 2030 et 2035 a été imposé (les résultats sont disponibles dans la version complète du document en question).

3.6.11. Analyse des besoins énergétiques du port de Livourne

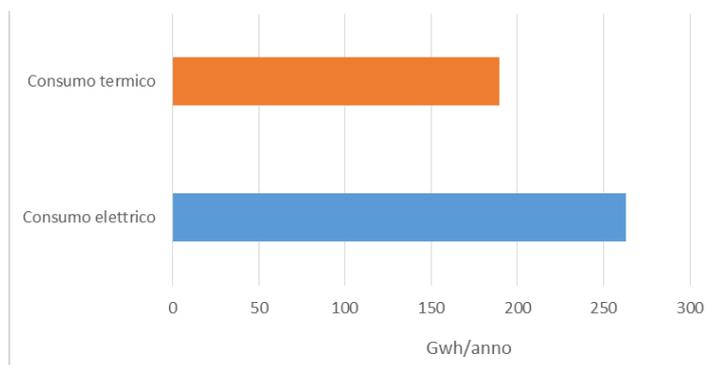
Concernant le port de Livourne, l'utilisation des KPI a conduit à une estimation de la consommation énergétique du port, en énergie primaire, égale à 221 GWh pour 2016, donnée par la somme des consommations thermiques (énergie primaire 107 GWh) et consommation électrique primaire (114 GWh). En additionnant les énergies primaires de Livourne et en les comparant aux résultats obtenus pour Gênes, la dimension énergétique de Livourne par rapport à Gênes est égale à 0,46; de plus, en analysant les catégories soumises aux flux de conteneurs et de fret, le ratio est de 0,66. Ces résultats, du fait de la proportionnalité entre les ratios de flux d'énergie et de fret, permettent de valider davantage les estimations à travers la méthodologie KPI utilisée, permettant d'appliquer les modèles de croissance pour le port de Gênes également dans le contexte de Livourne.

3.6.12. Analyse des besoins énergétiques du port de Toulon

Quant à Livourne, la consommation a été estimée pour le port de Toulon. Les résultats obtenus montrent une consommation d'énergie primaire de 26 GWh composée de la somme de l'énergie électrique primaire (20 GWh) et de l'énergie thermique (6 GWh). Il est nécessaire de préciser que l'absence de valeurs par rapport au vrac liquide et aux conteneurs, et la présence modeste de catégories de vrac solide et polyvalent, en plus de la moindre dimension spatiale du port de Toulon et de la présence d'une grande surface destinée à l'usage militaire, pourrait représenter un problème critique dans l'estimation de la consommation. Quant à Livourne, des modèles de croissance énergétique sont également présentés pour le port de Toulon.

À titre d'exemple, nous rapportons ci-dessous l'analyse de rentabilisation se référant au port de Gênes qui, comme indiqué dans la Figure 19, identifie les estimations de la demande potentielle de GNL dans le secteur maritime portuaire à partir d'une série d'hypothèses liées aux stratégies de soutien à l'introduction et à la diffusion du GNL dans la zone portuaire par les AdSP et les autorités portuaires compétentes, ainsi que par les différentes parties prenantes pertinentes (pour une analyse approfondie des profils en question, voir la version complète du produit T2.1.2). Voici une estimation de la consommation d'énergie du port de Gênes, en termes d'énergie primaire, donnée par la somme de la consommation thermique et de la consommation d'électricité primaire.

Figure 19. Estimations de la consommation du port de Gênes (énergie primaire): valeurs relatives à la consommation thermique et électrique et poids relatif de la consommation thermique et électrique.



Source: notre élaboration.

En aval, sur la base d'hypothèses d'analyse spécifiques, la part de la demande énergétique évoquée ci-dessus a été estimée, qui peut se traduire par une demande portuaire de GNL.

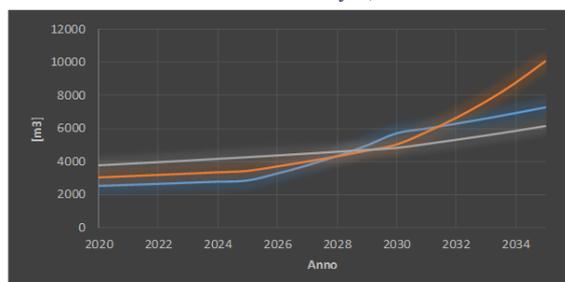
Une approche similaire a été adoptée en ce qui concerne les différents ports envisagés dans le formulaire (veuillez-vous reporter au produit T2.1.2 de TDI RETE-GNL dans sa formulation complète pour un examen détaillé des estimations ci-dessus).

Figure 20. Estimation des besoins énergétiques et de la demande portuaire en GNL potentiellement imputable au port de Gênes (estimations relatives au projet TDI RETE-GNL).

Energy consumption projections (electric primary energy & thermic energy) in the Port of Genoa (TDI RETE-GNL Project)



Alternative scenarios for LNG volumes in the port of Genoa (TDI RETE-GNL Project)



- > **Scenario 1:** linea azzurra, dal 2016 al 2025 viene convertito il 10%, dal 2025 al 2030 il 25% e dal 2030 al 2035 il 30% dell'energia prodotta dalle fonti diesel convertita in m³ di GNL.
- > **Scenario 2:** linea arancione, dal 2016 al 2025 viene convertito il 12%, dal 2025 al 2030 il 20% e dal 2030 al 2035 il 35% dell'energia prodotta dalle fonti diesel convertita in m³ di GNL.
- > **Scenario 3:** linea grigia, dal 2016 al 2025 viene convertito il 15%, dal 2025 al 2030 il 20% e dal 2030 al 2035 il 30% dell'energia prodotta dalle fonti diesel convertita in m³ di GNL.

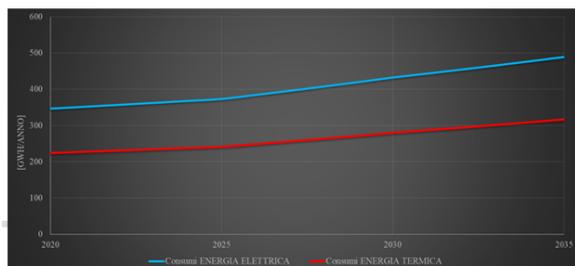
Source: Satta G., «The TDI RETE-GNL Project» nell'ambito dell'evento «La Méditerranée et l'économie bleue - Une coopération, des formations et des recherches», 05 febbraio 2020, Marsiglia (colloque Westmed Maritime Initiative).

Il est à nouveau précisé que les KPI développés dans le cadre du projet TDI RETE-GNL et les estimations concernant l'évolution de la demande de GNL potentiellement attribuable aux ports de la zone cible, ont par la suite fait l'objet d'une analyse approfondie et d'ajustements dans le contexte du projet SIGNAL. Cela a permis d'améliorer considérablement la capacité d'estimer les KPI susmentionnés et de formuler des estimations futures plus détaillées et plus fiables concernant la demande potentielle de GNL à attribuer à ce macro-segment du marché (Figure 21).

Figure 21. Estimation des besoins énergétiques et de la demande portuaire en GNL potentiellement imputable au port de Gênes (estimations relatives au projet SIGNAL).

- Le stime relative alla domanda portuale di GNL realizzate nell'ambito del Progetto TDI RETE-GNL sono state affinate nel Progetto SIGNAL, in ragione di una più ampia disponibilità di dati e di un diverso perimetro di consolidamento delle attività e delle aree portuali mappate
- Anche gli scenari sono stati ulteriormente affinati in ragione di una maggiore disponibilità di informazioni in merito alle strategie energetiche portuali delle singole AdSP/Port Authorities

Energy consumption projections (electric primary energy & thermic energy) in the Port of Genoa (SIGNAL Project)



Alternative scenarios for LNG volumes in the port of Genoa (SIGNAL Project)



- **Scenario 1:** linea azzurra, dal 2016 al 2025 viene convertito il 7,5%, dal 2025 al 2030 il 12,5% e dal 2030 al 2035 il 17,5% dell'energia prodotta dalle fonti diesel convertita in m³ di GNL.
- **Scenario 2:** linea arancione, dal 2016 al 2025 viene convertito il 20%, dal 2025 al 2030 il 25% e dal 2030 al 2035 il 30% dell'energia prodotta dalle fonti diesel convertita in m³ di GNL.
- **Scenario 3:** linea grigia, dal 2016 al 2025 viene convertito il 35%, dal 2025 al 2030 il 40% e dal 2030 al 2035 il 45% dell'energia prodotta dalle fonti diesel convertita in m³ di GNL.

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au cœur de la Méditerranée

Source: Satta G., «The TDI RETE-GNL Project » nell'ambito dell'evento «La Méditerranée et l'économie bleue - Une coopération, des formations et des recherches», 05 febbraio 2020, Marsiglia (colloque Westmed Maritime Initiative).

3.7. Cartographie de la demande de terrain de GNL: résultats de l'enquête empirique

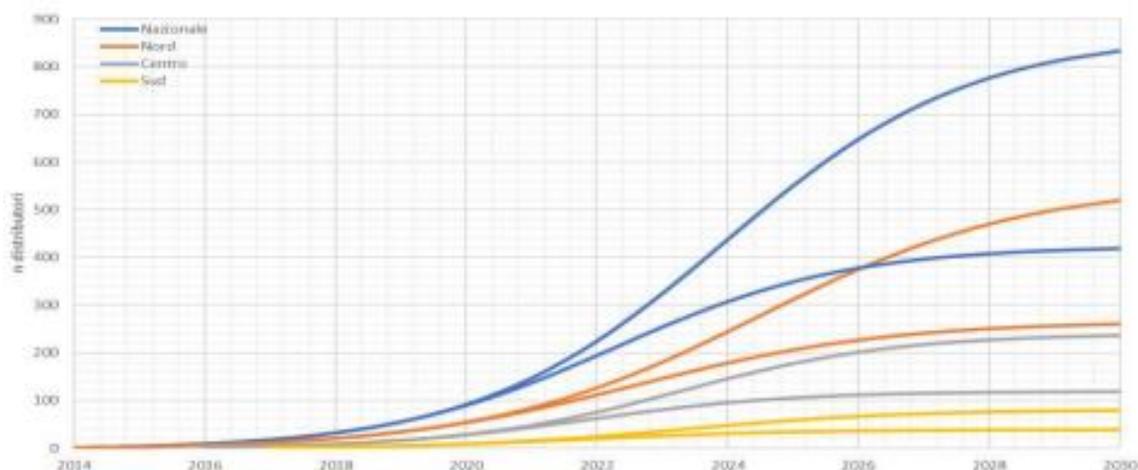
Dans cette section (préparée par le partenaire P2 avec le soutien du partenaire P3), l'état actuel et futur de la demande terrestre en GNL par rapport à la zone du programme et aux nœuds portuaires qui s'y trouvent a été analysé.

3.7.1. Demande de soutage de GNL connectée au parc de véhicules terrestres GNL

La prévision de la demande de GNL sur le marché italien pour l'ensemble du parc de véhicules terrestres est de 76 000 t (REF-E, 2019). Compte tenu du nombre total de distributeurs présents sur le territoire national en 2019, la demande de GNL pour chaque distributeur est d'environ 1434 t / an.

REF-E suppose deux scénarios: scénario de base avec une prévision de demande de transport routier de 600 000 t; scénario élevé avec une prévision de demande de transport routier de 1 200 000 t. En supposant une demande de carburant par distributeur en 2030 de 1500 t / an (légèrement supérieure à l'actuelle, qui est déjà rémunératrice pour les opérateurs distributeurs avec des marges actuelles), le nombre de distributeurs en 2030, au niveau national, a été estimé à 420, pour le scénario de base, et 840 pour le scénario haut. En interpolant les tendances d'évolution des distributeurs et les valeurs supposées à 2030 avec des courbes logistiques, les projections représentées en Figure 22 pour les deux scénarios au niveau national et pour les macro-régions.

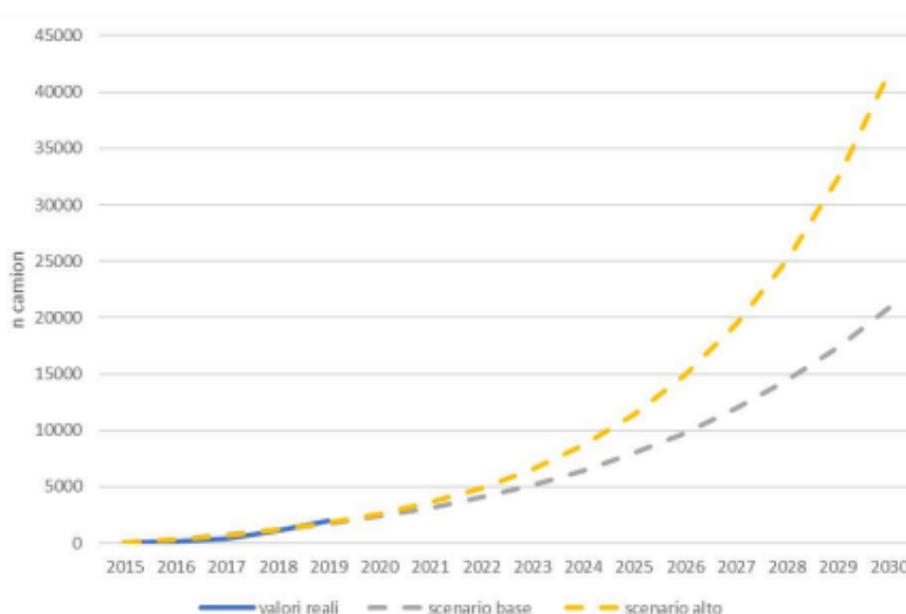
Figure 22. Projection de l'évolution du nombre de distributeurs de GNL pour le transport routier en Italie à l'horizon 2030



Source: notre élaboration.

Pour les trois macro-régions italiennes, la même tendance nationale a été supposée entre 2019 et 2030. Les données rapportées permettent d'estimer le nombre de camions GNL en circulation en Italie d'ici 2030, soit environ 20 800 camions en circulation, selon le scénario de base, et environ 41 600 selon le scénario haut. La Figure 23 représente l'évolution du nombre de camions en fonction des courbes logistiques (dans le scénario de base la courbe sature à environ 312 000 camions, dans le scénario haut à 1 818 000).

Figure 23. Projection de l'évolution du nombre de camions GNL en Italie à l'horizon 2030.



Source: notre élaboration.

Dans le cadre du produit T2.1.2, une estimation a été faite de la demande de l'offre de distributeurs de routes intérieures en 2030 par rapport aux gisements côtiers à Gênes et Livourne. Pour les besoins de

l'analyse, le rayon d'action des pétroliers médians de transport, à "baril cryogénique", du dépôt côtier aux distributeurs du parc de véhicules terrestres a été estimé et, par rapport à la densité de distributeurs dans la zone identifiée, il a été estimé la demande de GNL liée aux deux gisements.

Par rapport à la demande moyenne de GNL pour chaque distributeur routier, la demande probable de GNL se rapportant aux gisements côtiers examinés pour chaque scénario de développement hypothétique a été estimée. Les valeurs estimées sont indiquées dans le tableau suivant (Tableau 20).

Tableau 20. Estimation de la quantité de GNL pour approvisionner les distributeurs dans les zones d'influence des éventuels gisements côtiers de Gênes et Livourne à l'horizon 2030

	Genova			Livorno		
	N distributori	Massa [t]	Volume [m ³]	N distributori	Massa [t]	Volume [m ³]
Scenario Base	120	172.880	384.170	50	71.000	157.820
Scenario Alto	220	370.120	822.500	99	142.000	315.650

Source: notre élaboration.

Avec la même procédure, les zones de compétence de Toulon et Marseille ont été identifiées et une estimation de la demande de l'offre de distributeurs de routes intérieures à l'horizon 2030 (Tableau 21).

Tableau 21. Estimation de la quantité de GNL pour approvisionner les distributeurs dans les zones de compétence des éventuels gisements côtiers de Toulon et Marseille à l'horizon 2030.

	Tolone		Marsiglia	
	Massa [t]	Volume [m ³]	Massa [t]	Volume [m ³]
Scenario alto	50.830	112.000	85.110	189.130
Scenario base	24.130	53.620	40.400	89.800

Fonte: Ns. elaborazione.

3.7.2. Réflexions sur la consommation potentielle de GNL dans la zone industrielle

Selon les estimations du REF-E, à partir de 2019, la consommation de GNL par les utilisateurs industriels hors réseau est estimée à 16 760 t. Ces utilisateurs sont tous situés dans le nord de l'Italie, sauf deux qui sont respectivement situés à Florence et Oristano. Dans les scénarios à 2030, ce type de demande est estimé entre 150 000 t (scénario de base) et 200 000 t (scénario haut); ces utilisateurs n'affectent pas les estimations de la demande terrestre relative au gisement côtier de Gênes et très peu sur Livourne.

Dans le produit T2.1.2. l'utilisation du GNL pour alimenter les centrales électriques de Corse a également été émise afin de réduire les émissions de gaz à effet de serre. Le rapport a analysé la structure actuelle du système électrique actuel, en particulier des deux centrales à combustibles fossiles: la centrale de Vazzio dans la région d'Ajaccio et la centrale de Lucciana. En supposant que la production à partir de sources fossiles soit maintenue aux niveaux actuels, et en considérant une valeur calorifique du GNL égale à 45 MJ / kg, l'équivalent de l'énergie destinée aux centrales thermiques a été estimé à environ 193000t (431000m³) de GNL.

Enfin, le document fournit également des estimations détaillées de la demande terrestre de GNL dans la région de la Sardaigne. Ces estimations sont basées sur les scénarios de référence de demande d'électricité, de chaleur et de mobilité rapportés dans le PEARS de la région autonome de Sardaigne.

En référence à la demande d'électricité, la consommation annuelle estimée de méthane est d'environ 280 Mm³. PEARS prévoit également une hypothèse de projet d'infrastructure pour la méthanisation de la Sardaigne.

L'analyse de la demande d'énergie thermique montre, pour le secteur résidentiel une demande future limitée en méthane, et pour le secteur industriel une demande d'une valeur significative entre 260 et 390 kTel, ce dernier secteur potentiellement intéressé par utilisation de ce vecteur d'énergie.

L'analyse de la demande de GNL du secteur des transports montre une valeur significative, comprise entre 184 et 335 Mm³.



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



4. FICHE RÉCAPITULATIVE PRODUIT T2.1.3 " ETUDE POUR UN PLAN D'ACTION COMMUN POUR LE GNL DANS LA ZONE PORTUAIRE "

4.1. Objectif du produit T2.1.3

Dans le cadre de l'activité T2.1. «Etude pour un plan d'action commun pour le GNL dans la zone portuaire» du projet TDI RETE-GNL, la préparation du produit T2.1.3 «Rapport de cartographie de l'offre» est également envisagée, qui a un rôle fondamental tant en ce qui concerne activités globales du projet tant en ce qui concerne le cluster de projets GNL mentionné dans le II Appel. La réalisation du produit en question a été possible grâce à la contribution coordonnée et intégrée des différents partenaires du projet, conformément aux dispositions du formulaire et également grâce à la capacité de mise en réseau du partenariat dans son ensemble qui a permis d'impliquer toutes les parties prenantes concernées en termes fonctionnels pour l'identification correcte de toutes les installations et usines existantes ainsi que de toutes les hypothèses de projet pertinentes en référence à l'infrastructure pour le GNL dans le contexte portuaire maritime par rapport à la zone du programme

En détail notamment:

- P1 / CF (UNIGE-CIELI): définition de la structure et du contenu global de la base de données préparée pour la cartographie de l'offre; définition d'outils et de méthodologies pour la collecte de données; collecte de données pour la préparation du DB en question; création de la version finale du produit T2.1.3; préparation de la fiche récapitulative relative au produit T2.1.3.
- P2 (UNIPID): validation de la structure et du contenu de la base de données proposée par le FC; soutien à la collecte de données relatives à la base de données; la préparation également avec le soutien de consultants externes de documents et de rapports pour soutenir l'étude de l'état actuel et futur du système d'infrastructure pour le GNL dans la zone cible; validation des versions intermédiaires et de la version finale du produit T2.1.3; validation de la fiche récapitulative du produit T2.1.3.
- P3 (UNICA-CIREM): validation de la structure et du contenu de la base de données proposée par le FC; participation directe à la collecte des données contenues dans la base de données pour la cartographie de l'offre; validation des versions intermédiaires et de la version finale du produit T2.1.3; validation de la fiche récapitulative du produit T2.1.3.
- P4 (OTC): soutien à la collecte de données empiriques pertinentes par rapport à la zone géographique de compétence; validation de la structure et du contenu de la base de données proposée par les FC; soutien à la collecte de données relatives à la base de données; validation des versions intermédiaires et de la version finale du produit T2.1.3; validation de la fiche récapitulative du produit T2.1.3.
- P5 (CCIVAR): soutien à la collecte de données empiriques pertinentes par rapport à la zone géographique de compétence; validation de la structure et du contenu de la base de données proposée par les FC; validation des versions intermédiaires et de la version finale du produit T2.1.3; validation de la fiche récapitulative produit T2.1.3. Par ailleurs, le partenaire a confié au consultant externe Lloyd's registrar la réalisation du Projet TDI-RETE-GNL T2.1.3 et T2.1.2 «Cartographie de l'offre et de la demande en GNL en France avec Focus sur la Méditerranée, Corse incluse» pour la cartographie de l'offre et de la demande dans les ports de la zone France et Corse.

Les documents complets produits sont disponibles sur le portail Interreg Maritime Programme 1420

Le produit T2.1.3 "Rapport de cartographie de l'offre" inclus dans le projet TDI RETE-GNL du programme Interreg Italie-France Maritime 2014-2020 vise à créer un document de synthèse pour

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Étude pour un plan d'action conjoint pour le GNL en zone portuaire"



Interreg



UNION EUROPÉENNE
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



l'examen des connaissances de base plus pertinentes concernant l'état de l'art des infrastructures de soutage et de stockage de GNL dans les ports de la zone cible. Dans le cadre des activités de recherche menées et de manière fonctionnelle pour la préparation du rapport final (Produit T2.1.3), le partenariat a également créé un fichier Excel qui constitue une base de données détaillée sur l'état des infrastructures de soutage et de stockage de GNL dans la Zone d'Objectif du Programme et dans les zones de proximité géographique, en raison de l'importance que les installations situées dans cette dernière peuvent avoir par rapport à la planification stratégique de la chaîne d'approvisionnement globale en GNL dans les régions étudiées.

A ces fins, le rapport produit par le Chef de file et par les partenaires du projet TDI RETE-GNL traite des problématiques résumées ci-dessous telles que les principales solutions de soutage de GNL, les profils méthodologiques de l'analyse réalisée et le système infrastructurel du GNL dans le zone de programme.

4.2. Examen des systèmes d'approvisionnement pour l'avitaillement, le stockage et la distribution de GNL: principales solutions technologiques.

Les configurations de soutage de GNL les plus courantes, telles que connues, peuvent être retracées dans 4 catégories de base, répertoriées ci-dessous:

1. Configuration Truck to Ship (TTS);
2. Configuration Ship to Ship (STS);
3. Configuration Port to Ship, Terminal to Ship et pipelines (PTS);
4. Configuration Mobile Fuel Tanks

La configuration TTS prévoit que le ravitaillement du navire s'effectue au moyen d'un camion-citerne ou d'un camion-citerne dédié au stockage et au transport du GNL. Plus précisément, le camion citerne est positionné à l'endroit utilisé pour le ravitaillement, et au moyen de tuyaux flexibles d'un diamètre compris entre 2 "et 4" (respectivement environ 5 et 10 cm) supportés par des instruments spécifiques visant à garantir la stabilité de la connexion et la sécurité du opérations, le carburant est transféré à l'intérieur des réservoirs du navire. Cette procédure peut également être effectuée par une canalisation faisant partie de l'équipement du camion-citerne qui, au moyen d'une pompe installée / accrochée dessus ou accrochée à l'extérieur du bateau-citerne au moment du ravitaillement, effectue lui-même l'opération. Une fois ces opérations terminées, le camion ou le camion-citerne quitte le quai et se dirige vers les installations de stockage de GNL situées dans la zone la plus proche du port, afin d'approvisionner ses propres réservoirs afin de démarrer un nouveau cycle de soutage.

La deuxième méthode, Ship to Ship, prévoit à la place l'utilisation du soi-disant barges, petites unités navales qui, tant en haute mer que dans les zones protégées du port, utilisent des conduites flexibles et des systèmes de pompage dont elles sont équipées pour effectuer les opérations de ravitaillement.

La configuration PTS, qui fait partie des systèmes Terminal to Ship, effectue la procédure de ravitaillement des navires par des conduites (flexibles ou rigides selon les besoins) qui transfèrent le GNL provenant d'une station d'avitaillement à terre spécialement préparée.

Enfin, la configuration technologique des réservoirs mobiles de carburant prévoit l'utilisation de réservoirs mobiles, et en particulier de réservoirs cryogéniques ou conteneurs ISO ayant la caractéristique d'isolant polyuréthane à double paroi ou simple paroi, qui assurent temporairement la fonction de stockage de GNL. . Au moment de la manifestation de la demande, ceux-ci sont transférés sur les quais du port afin d'effectuer les opérations de ravitaillement des navires présents.

4.3. Profils méthodologiques

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Étude pour un plan d'action conjoint pour le GNL en zone portuaire"

Pour la réalisation du Produit T.2.1.3 d'un point de vue méthodologique, le partenariat a mené une vaste activité de collecte de données et d'informations détaillées sur les infrastructures existantes de soutage et de stockage de GNL dans la zone portuaire, en phase de réalisation ou pour lesquels des propositions de projets concrets existaient. Cela exigeait l'application de méthodes de recherche à la fois «en ligne» et «sur le terrain». Toujours d'un point de vue méthodologique, en faisant toujours la distinction entre les méthodologies "en ligne" (« desk research ») et "sur le terrain", les aspects suivants sont détaillés dans le produit T2.1.3:

- Définition du domaine d'études et définition de l'échantillon;
- Procédures de collecte et de retraitement des données;
- Données et informations examinées.

4.3.1. Activités de type « en ligne recherche »

En particulier, en ce qui concerne les activités de recherche de pont (recherche de données "en ligne", la délimitation du champ d'enquête (infrastructures de soutage et de stockage de GNL) a conduit à l'identification de trois agrégats géographiques différents:

- les ports de la Zone d'Objectif du Programme (Ligurie, Toscane, Sardaigne, Corse, Région PACA),
- ports italiens et français en dehors de la zone cible susmentionnée
- zone MED et zone MENA.

Les raisons du choix susmentionné se trouvent surtout dans les spécificités du secteur et des infrastructures examinées: l'existence d'«économies de réseau» fondamentales et l'indivisibilité à la fois minimale et mixte, signifiant la centralité du caractère «réseau» de ce type de les infrastructures en référence au secteur client constitué par l'armement, nécessitent en effet d'examiner la présence d'installations et d'usines de soutage et de stockage de GNL également en dehors des ports prévus sous la forme, dans des zones de proximité géographique raisonnable pour mieux comprendre les durabilité de la chaîne d'approvisionnement en GNL dans une logique globale.

La phase de collecte et de retraitement des données a été articulée dans une procédure initiale de validation de la méthodologie par le partenariat qui a été suivie par la conception détaillée de la base de données, mise en œuvre par la suite grâce à l'activité de collecte de données menée par chaque partenaire de projet pour les zones géographiques de sa compétence. Ces activités ont conduit à la préparation d'une base de données finale qui comprend 54 champs avec différents types et spécifications (rapportés dans le Tableau 22).

Tableau 22. Cartographie des systèmes d'offre - Recherche en ligne: données et informations collectées

Dato	Descrizione	Tipo di dato	Specifica dato
ID_CODE	Codice alfanumerico identificativo della stringa		
Nazione	Nome della nazione ove è ubicato il porto	Qualitativo	Testo
Città	Nome della città di riferimento del porto	Qualitativo	Testo
Porto	Nome del porto	Qualitativo	Testo
Facility_Name	Nome della facility	Qualitativo	Testo
Facility_Type	Tipologia di terminal/facility	Qualitativo	Label
Geo- referenziazione – Latitudine	Coordinate geospaziali relative alla latitudine	Geo-spaziale	GPS
Geo-	Coordinate geospaziali relative alla longitudine	Geo-spaziale	GPS



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

TDI RETE-GNL



referenziazione - Longitudine			
Area obiettivo	Appartenenza all'Area Obiettivo dell'INTERREG 1420. Dummy variable con valore 1 = in area obiettivo, 0 = fuori area obiettivo	Quantitativo	Dummy
Area Target TDI	Inclusione a formulario nell'ambito del Progetto TDI RETE-GNL. Dummy variable con valore 1 = previsto a formulario TDI RETE-GNL, 0 = non previsto a formulario TDI RETE-GNL	Quantitativo	Dummy
Stato infrastruttura	Stato di pianificazione/realizzazione dell'infrastruttura: variabile categorica con previsione di 6 campi possibili: Pianificato (preliminary); Pianificato (final); Autorizzato; Under construction; Completed; Operative	Qualitativo	Label
Stato avanzamento iter autorizzativo	Variabile qualitativa che prevede 4 categorie possibili: N = non presentata ancora la richiesta; O = in attesa di valutazione; S = Autorizzato; C = cancellato	Qualitativo	Label
Data di avvio cantieri	Data (prevista o effettiva) di avvio dei cantieri di costruzione	Qualitativo	Data
Data di chiusura dei cantieri	Data (prevista o effettiva) di chiusura dei cantieri per la costruzione della facility/struttura	Qualitativo	Data
Tempi di costruzione	Numero di mesi necessari per la realizzazione del sistema di bunkering o la struttura.	Quantitativo	Mesi
Soggetto autorizzante	Nominativo del soggetto che deve autorizzazione la realizzazione e la gestione dell'infrastruttura	Qualitativo	Testo
Soggetto gestore	Indicazione della ragione sociale del soggetto che ha richiesto l'autorizzazione	Qualitativo	Testo
Soggetto realizzatore	Indicazione della ragione sociale del soggetto che fornisce la tecnologia per la realizzazione della soluzione di bunkering	Qualitativo	Testo
Descrizione impianto	Descrizione delle principali caratteristiche dell'impianto	Qualitativo	Testo
Terminal size (m ²)	Dimensioni dell'impianto misurata in m ²	Quantitativo	Mq
Capacità di stoccaggio in m ³	Capacità di stoccaggio complessiva dell'impianto misurata in m ³	Quantitativo	m ³
Procurement (infrastructural endowment)	Eventuale collegamento infrastrutturale via pipeline o mediante altre soluzioni Small Scale LNG (per esempio "collegato/collegabile a Panigallia o OLT" o in generale a un'infrastruttura per la gassificazione o la rigassificazione", etc.)	Qualitativo	Testo
Alimentazione e distribuzione	Profili descrittivi connessi all'alimentazione/distribuzione dell'impianto	Qualitativo	Testo
Movimentazione volumi a regime annui in m ³	Movimentazione prevista dati in m ³	Quantitativo	m ³
Movimentazione volumi_ year of forecasting	Anno di riferimento relativo al forecasting (y. 2023)	Quantitativo	Anno
Tecnologie impiegate	Configurazione Truck to Ship (TTS); Ship to Ship (STS); Terminal to Ship (TPS), Mobile Fuel Tanks (MFT)	Qualitativo	Label
Capacità di rifornimento_Type	Specificare il tipo di nave per cui il dato successivo viene rilevato	Qualitativo	Label
Capacità di rifornimento_Timing	Specificare le tempistiche connesse al rifornimento di diverse tipologie di navi	Quantitativo	To Be Defined
Investimenti in CAPEX (€)	Ammontare complessivo degli investimenti in capital expenditures necessarie per la realizzazione dell'impianto	Quantitativo	Euro
Eventuali informazioni connesse agli OPEX	Profili connessi ai costi per la gestione dell'impianto/soluzione tecnologica	Quantitativo	Euro
Layout information	Descrizione testuale dei principali profili connessi al layout della facility/struttura	Qualitativo	Testo
Layout information_graphics	Link a cartina, o cartina o descrizione testuale	Qualitativo	Figura

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Étude pour un plan d'action conjoint pour le GNL en zone portuaire"



Procedure operative	Descrizione testuale dei principali profili connessi alle procedure operative	Qualitativo	Testo
Profili di safety & security	Descrizione testuale dei principali profili connessi alla safety & security	Qualitativo	Testo
Domanda futura GNL_	FOCUS su tipologie di flotta che transitano per il porto FOCUS su volumi relativi alle tipologie di traffici cargo FOCUS su traffici PAX e CRUISE		
Governance settings			
Tipologia degli attracchi per il Bunkering	Definire la tipologia degli attracchi dedicati al Bunkering dei natanti con previsione di 5 campi possibili: Banchina all'interno del Porto; Pontile e Dolphins; Isola Offshore; Monoboa galleggiante; Campo Boe Offshore	Qualitativo	Label
Numero attracchi per il Bunkering	Indicare il numero dei potenziali attracchi o quelli esistenti per il Bunkering	Quantitativo	n°
Lunghezza Banchine o numero boe di attracchi per il Bunkering	Indicare la lunghezza delle banchine potenziali/presenti oppure il numero di boe o pontili potenziali/presenti per il Bunkering	Quantitativo	metri/n °
Pescaggio riferito agli attracchi per il Bunkering	Profondità in metri	Quantitativo	metri/n °
Tipologia degli attracchi per lo scarico/carico del GNL	Definire la tipologia degli attracchi dedicati allo scarico/Carico del GNL verso depositi costieri con previsione di 5 campi possibili: Banchina all'interno del Porto; Pontile e Dolphins; Isola Offshore; Monoboa galleggiante; Campo Boe Offshore	Qualitativo	Label
Numero attracchi per carico/scarico GNL	Indicare il numero dei potenziali attracchi o quelli esistenti per il carico/scarico GNL	Quantitativo	n°
Lunghezza Banchine o numero boe di attracchi per carico/scarico GNL	Indicare la lunghezza delle banchine potenziali/presenti oppure il numero di boe o pontili per lo scarico/carico GNL	Quantitativo	metri/n °
Pescaggio riferito agli attracchi per carico/scarico GNL	Profondità in metri	Quantitativo	Metri
Caratteristiche aree stoccaggio del GNL	Descrivere le caratteristiche delle aree reali o potenziali per lo stoccaggio del GNL, con eventuali vincoli al contorno, criticità quali la vicinanza a zone abitate, o impianti o aree sensibili, giacitura, limiti alla espansione futura	Qualitativo	Testo
Distanza dai centri urbanizzati: dal centro città	Indicare la distanza del centro città più vicino	Quantitativo	Km
Distanza dai centri urbanizzati: dal punto di confine più vicino della città	Indicare la distanza dai punti di confine edificato più vicino della città	Quantitativo	Km
Distanza attracco dalle aree di Localizzazione depositi	Indicare la distanza del punto di attracco della nave con la zona di deposito	Quantitativo	Metri
Livello di accessibilità per il Bunkeraggio con veicoli stradali	Distanza del varco di accesso al porto al punto di attracco per il bunkeraggio (nel caso TTS)	Quantitativo	Km
Livello di accessibilità del terminal rifornimento GNL stradale	Distanza del varco Portuale al punto stazione di rifornimento per mezzi trasporto merci su gomma	Quantitativo	Km
Livello di accessibilità ferroviario	Distanza del punto di deposito dalla rete ferroviaria	Quantitativo	Km
Livello di accessibilità stradale	Distanza del varco portuale dalla rete fondamentale (statale o autostradale)	Quantitativo	Km
Percorsi urbani e sub urbani	Distanza percorsa dai mezzi su Gomma GNL in aree urbane per accedere al varco Portuale (porto dentro aree urbane)	Quantitativo	Km



Dimensione aree di sosta mezzi GNL	Dimensione delle aree di sosta e numero di stalli dei mezzi pesanti dedicati al rifornimento e Bunkering TTS	Quantitativo	m ²
Aree dedicate al rifornimento dei mezzi stradali a propulsione GNL	Definire ed indicare le caratteristiche dimensionali e tipologiche delle aree potenzialmente utilizzabili per il rifornimento dei mezzi pesanti stradali, con link a cartina e con descrizione testuale	Qualitativo	Testo+link

Source: notre élaboration.

Distinguant les trois agrégats géographiques ci-dessus, ils ont été inclus dans la base des données:

- 9 aménagements / hypothèses de conception dans la zone cible du projet (Ligurie, Toscane, Sardaigne, Corse, Région PACA);
- 7 installations / hypothèses de conception dans les ports italiens et français en dehors de la Zone d'Objectif du Programme;
- 20 installations / hypothèses de conception présentes dans la zone MED et la zone MENA.

4.3.2. Activités de type «sur le terrain»

En ce qui concerne les activités de type «sur le terrain», un questionnaire spécifique a été élaboré et administré tant aux opérateurs privés qu'aux autres acteurs intéressés par le développement ou la construction d'usines pour la réalisation d'opérations de soutage / stockage de GNL dans le secteur maritime. port et divisé en quatre sections principales, y compris les informations relatives à la personne interrogée, le projet / installation d'intérêt, les données quantitatives qui y sont liées (telles que la demande, les prix et les investissements) et enfin, les informations relatives aux profils technologiques et aux procédures d'exploitation de l'installation. Il est à noter que la collecte de données à travers ce questionnaire a été rendue possible grâce à la coordination avec les partenaires du projet et avec les AdSP responsables des ports internes de la zone cible du projet.

Au total, 11 questionnaires ont été reçus selon la répartition géographique suivante:

- Ligurie: 5
- Toscane: 2
- Sardaigne: 2
- Région PACA: 1
- La Corse: 1

Pour un examen détaillé, veuillez vous référer au paragraphe 3.1.2 du produit T2.1.3 "Rapport de cartographie de l'offre".

4.4. Résultats de la recherche empirique

4.4.1. Positionnement du système d'infrastructure pour le GNL de la zone du programme par rapport à l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement européenne et au bassin méditerranéen

Les considérations ultérieures liées aux zones géographiques individuelles incluses dans le bassin interne au programme ne peuvent partir que d'un réexamen de la localisation du système d'infrastructure GNL à l'étude par rapport à la chaîne d'approvisionnement globale du continent européen et plus particulièrement du bassin méditerranéen.

À cette fin, trois types d'infrastructures ont été examinés, dont les données ont été fournies par l'association Gas Infrastructure Europe (GIE) pour tous les ports de la zone de programme. Plus précisément, trois types d'infrastructures différents ont été examinés: les terminaux de regazéification, les installations de stockage de GNL / dépôts côtiers et le réseau de distribution de méthane liquide GNL pour les véhicules lourds..

4.4.1.1. Terminaux de regazéification

En ce qui concerne les terminaux de regazéification, une augmentation significative de la capacité des terminaux européens est à signaler sur un horizon temporel allant de 2017 à 2026 pour une capacité totale estimée à 300 milliards de m³ / an du réseau de regazéification au niveau européen. Un aspect particulièrement important est le fait que, comme indiqué dans la Figura 24, la contribution des infrastructures de la zone du programme à ces données est particulièrement significative puisqu'elles représentent actuellement environ 31% des usines en exploitation en Méditerranée.

Figura 24. Capacité de regazéification des terminaux européens.



Source : GLE LNG Investment Database, 2018.

La Figure 22 montre les usines de regazéification de GNL actuellement opérationnelles (bleu), en construction (rouge) et en phase de planification (jaune), cartographiées par le GIE en 2017.

Figura 25. Terminal de regazéification en Méditerranée

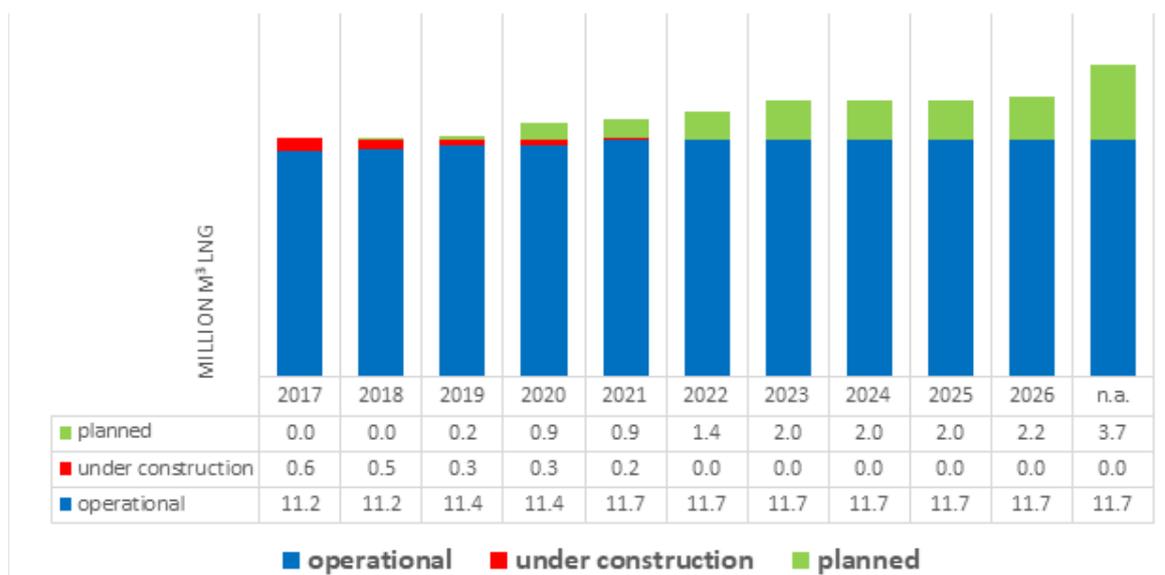


Source: Gas Infrastructure Europe (GIE), 2017.

4.4.1.2. Installations de stockage de GNL et gisements côtiers

Le secteur des installations de stockage et des dépôts côtiers a également montré des tendances évolutives significatives avec une croissance estimée en 2019 de la capacité future d'ici 2026, augmentant de 20% par rapport aux valeurs actuelles compte tenu à la fois des usines en fonctionnement et de celles en phase de planification (Figure 26). Le niveau prospectif des infrastructures par rapport aux usines de ce type semble encore plus pertinent en termes quantitatifs si l'on considère les récentes initiatives de projet qui affectent plusieurs ports nationaux et étrangers à la fois à l'intérieur et à l'extérieur de la Zone d'Objectif du Programme.

Figure 26. Capacité de stockage de GNL des terminaux européens.



Source: GLE LNG Investment Database, 2018.

4.4.1.3. Réseau de distribution de méthane liquide GNL pour véhicules lourds

L'analyse menée sur l'ensemble du réseau de distribution SSLNG dans le contexte européen, a mis en évidence une certaine pertinence de l'Italie du Nord dans le paysage européen, alors que le réseau espagnol est le plus développé.

4.4.2. Infrastructure pour le GNL en Italie: l'état de l'art

Le chef de file du projet CIELI-UNIGE, conjointement avec les partenaires du projet UNIPI, UNICA-CIREM, OTC et CCIV, en relation avec le produit T2.1.3 ou a procédé à la collecte et à la systématisation des données relatives aux infrastructures déjà en Excel existant, en construction, en phase de conception et les principales études de faisabilité réalisées en relation avec les ports prévus dans le formulaire (Gênes, Savone, La Spezia, Livourne, Cagliari, Toulon et Bastia).

Pour l'Italie, les installations / hypothèses de projet suivants ont été cartographiés:

1. Terminal de regazéification de Panigaglia (La Spezia, Ligurie)
2. Hypothèse de conception par Fratelli Cosulich (Ligurie)
3. Hypothèse de conception par Ottonello Novella (Ligurie)
4. Hypothèse de conception de A.O.C. Srl (Gênes, Ligurie)
5. Terminal de regazéification «FSRU Toscana» (Livourne, Toscane)
6. Dépôt côtier dans le port de Livourne (Signal) (Livourne, Toscane)

TDI RETE-GNL

7. Dépôt côtier Higas "Terminal Higas di Oristano" (Oristano, Sardaigne)
8. Dépôt côtier Edison "Marine Terminal Oristano" (Oristano, Sardaigne)
9. Gisement côtier de IVI Petrolifera (Oristano, Sardaigne)
10. Stockage côtier des installations multiples ISGAS ENERGIT (Cagliari, Sardaigne)
11. Entrepôt côtier du consortium industriel de la province de Sassari (Porto Torres, Sardaigne).

Pour la France, les installations / hypothèses de projet suivants ont été cartographiés:

1. Usine de gazéification de Fos-Tonkin
2. Usine de gazéification de Fos-Cavaou
3. Hypothèse de conception dans le port de Toulon.

4.4.2.1. Terminaux de gazéification

L'étude réalisée sur le produit T2.3.1 a mis en évidence une capacité globale des terminaux de gazéification égale à environ 47,75 milliards de m³/an, dont 32 milliards sont liés aux infrastructures qui sont toujours en cours d'autorisation. Le suivant Tableau 23 montre les terminaux de gazéification fonctionnant en Italie à la date de mise en œuvre de la dernière version du Produit T.2.1.3 tandis que le Tableau 23 met en évidence l'état des terminaux de gazéification autorisés au niveau national.

Tableau 23. Terminaux de gazéification opérant en Italie.

Tipo di infrastruttura	Nome	Gestore	Localizzazione	Regione	AdsP competente	Capacità max di rigassificazione (mld m ³)	Stato infrastruttura	Soluzione di bunkering
Terminale di rigassificazione	Panigaglia	GNL Italia (Gruppo Snam)	La Spezia (Panigaglia)	Liguria	AdSP del Mar Ligure Orientale	4	Operativa	Studio di fattibilità per bettolina (2017)
Terminale di rigassificazione	FSRU Toscana	OLT Offshore LNG Toscana	Livorno	Toscana	AdSP del Mar Tirreno Settentrionale	3.75	Operativa	Studio di fattibilità per bettolina (2015); progettazione di dettaglio (2019)
Terminale di rigassificazione	Adriatic LNG	Terminale GNL Adriatico	Rovigo (Porto Levante)	Veneto	AdSP del Mar Adriatico Settentrionale	8	Operativa	Studio di fattibilità per bettolina (2015)

Source: notre élaboration sur les données de Assocostieri (2018).

Tableau 24. Terminaux de gazéification sous autorisation en Italie.

Tipo di infrastruttura	Nome	Gestore	Localizzazione	Regione	AdsP competente	Capacità di rigassificazione (m ³)	Stato	Soluzione di bunkering
Rigassificatore	Falconara marittima LNG Terminal	API-Nova Energia	Falconara marittima	Marche	Autorità di Sistema portuale del Mar Adriatico Centrale	4 miliardi	Autorizzato	Prevista
Rigassificatore	ND	Edison	Rosignano	Toscana	Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Settentrionale	8 miliardi (con 2 serbatoi di stoccaggio pari a 320.000 m ³)	Procedura autorizzativa in corso (VIA rilasciata)	Prevista
Rigassificatore	Trieste Monfalcone LNG Terminal	Smart Gas	Monfalcone	Friuli-Venezia-Giulia	Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico orientale	ND	Rilasciato parere negativo di VIA a marzo 2017	Prevista
Rigassificatore	Porto Empedocle LNG Terminal	Nuove Energie	Porto Empedocle	Sicilia	Autorità di Sistema Portuale della Sicilia Occidentale	8 miliardi	Autorizzato (Rinuncia all'investimento da parte di Enel nel 2016)	Prevista
Rigassificatore	LNG Medgas Terminal	LNG Medgas Terminal Srl (Iren Group - Sorgania)	Gioia Tauro	Calabria	Autorità di Sistema Portuale dello Stretto	12 miliardi (con 4 serbatoi di stoccaggio pari a 160.000 m ³ ciascuno)	VIA rilasciata nel 2008; Sospensione dell'autorizzazione alla costruzione e all'esercizio del rigassificatore da parte del MISE nel 2013	Previsto rifornimento di LNG attraverso bettoline

Source: notre élaboration sur les données de Assocostieri (2018).

Le partenariat, avec le soutien des différentes parties prenantes concernées, a constamment mis à jour la cartographie en question.

4.4.2.2. Installations de stockage et dépôts côtiers de GNL

En ce qui concerne les gisements côtiers pour la distribution de GNL, selon les données d'Assocostieri, au 31 mars 2018, les infrastructures autorisées ou avec procédures d'autorisation activées étaient de 8, pour une capacité totale de stockage de 121000 m³. Dans ce cas également, les régions appartenant à la zone d'objectifs voient un poids très important si l'on considère que 6 des 8 infrastructures mentionnées ci-dessus sont situées en Sardaigne et en Toscane, pour une capacité totale de stockage de 69000 m³, soit environ 57% de la capacité globale nationale prévue.

La mise à jour des données au 28 février 2019 permet d'identifier 4 gisements côtiers supplémentaires relatifs aux stockages prévus pour Gioia Tauro (640.000 m³ de stockage potentiel, utilisant 4 réservoirs de 160.000 m³ chacun); Crotona (20.000 m³ de stockage potentiel); Naples; Augusta. Les données relatives aux différentes infrastructures stockées sont présentées ci-dessous dans le Tableau 25.

Tableau 25. Gisements côtiers de GNL en Italie (opérationnels ou sous autorisation)

Tipo di infrastruttura	Nome	Gestore	Localizzazione	Regione	AdSP competente	Capacità di stoccaggio (m ³)	Stato	Soluzione di bunkering
Deposito costiero	Terminal Higas di Oristano	Higas	Oristano	Sardegna	AdSP del Mar di Sardegna	9,000	In corso di realizzazione	Prevista
Deposito costiero	Marine Terminal Oristano	Edison	Oristano	Sardegna	AdSP del Mar di Sardegna	10,000	In attesa di valutazione	Prevista
Deposito costiero	ND	IVI Petroliera	Oristano	Sardegna	AdSP del Mar di Sardegna	9,000	In attesa di valutazione	Prevista
Deposito costiero + mini terminale di rigassificazione	ND	ISGAS ENERGIT Mutuutilities	Cagliari	Sardegna	AdSP del Mar di Sardegna	22,000	In attesa di valutazione	Prevista
Deposito costiero	ND	Consorzio industriale provincia di Sassari	Porto Torres	Sardegna	AdSP del Mar di Sardegna	10,000	Non ancora presentata la richiesta	Prevista
Deposito costiero	ND	Costiero Gas Livorno, Neri e SIGL-Vulcanigas	Livorno	Toscana	AdSP del Mar Tirreno Settentrionale	9,000	Non ancora presentata la richiesta	Prevista
Deposito costiero	Depositi Italiani GNL	Edison e PIR	Ravenna	Emilia Romagna	AdSP del Mare Adriatico Centro-settentrionale	20,000	Autorizzato	Prevista
Deposito costiero	ND	Venice LNG	Venezia (Porto Marghera)	Veneto	AdSP del Mare Adriatico Settentrionale	32,000	In attesa di valutazione	Prevista
Deposito costiero (+ terminale indicato in precedenza)	LNG Medgas terminal	LNG Medgas terminal	Gioia Tauro	Calabria	Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno meridionale	640,000	In attesa di valutazione	Prevista
Deposito costiero	Progetto deposito di GNL nel porto di Crotona	Ionio Fuel	Crotona	Calabria	Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno meridionale	20,000	Non è ancora stata presentata la richiesta (piano)	Prevista
Deposito costiero	ND	ND	Napoli	Campania	Autorità di Sistema Portuale del mar Tirreno centrale	ND	Non è ancora stata presentata la richiesta (pre-studio di fattibilità)	Prevista
Deposito costiero	ND	ND	Augusta	Sicilia	Autorità di Sistema Portuale della Sicilia orientale	ND	Non è ancora stata presentata la richiesta (manifestazione d'interesse)	Prevista

Source: notre élaboration.

Dans ce cas également, le partenariat a suivi l'évolution de l'état du système d'approvisionnement (Figure 27).



Figure 27. Suivi et mise à jour de la cartographie des infrastructures GNL dans le secteur portuaire maritime: l'état de l'art des gisements côtiers en Italie (septembre 2020).

➤ **Depositi costieri**

Autorità di Sistema Portuale	Società	Localizzazione	Stato	Capacità di stoccaggio (mc)
AdSP del Mar Di Sardegna	Higas	Oristano	In costruzione	9.000
AdSP del Mar Di Sardegna	Edison	Oristano	Autorizzato	10.000
AdSP del Mare Adriatico Centro-Settentrionale	Depositi Italiani GNL	Ravenna	In costruzione	20.000
AdSP del Mare Adriatico Settentrionale	Venice LNG	Porto Marghera	Procedura autorizzativa in corso; procedimento di VIA concluso con esito positivo	32.000
AdSP del Mar Di Sardegna	TVI Petrolifera	Oristano	Procedura di VIA in corso	9.000
AdSP del Mar Di Sardegna	Consorzio Industriale Provincia Sassari	Porto Torres	Procedura autorizzativa in corso	10.000
AdSP del Mar Di Sardegna	Livorno LNG Terminal	Livorno	Procedura autorizzativa in corso	9.000
AdSP del Mar Tirreno Centrale	In corso di assegnazione	Napoli	Manifestazione di interesse	10.000-20.000
AdSP del Mar di Sicilia Orientale	In corso di assegnazione	Augusta	Manifestazione di interesse	-
AdSP di Gioia Tauro e della Calabria	IONIO Fuels	Crotone	Studio di fattibilità	20.000
AdSP del Mar Ligure Occidentale	GNLMed	Genova	Studio di fattibilità	10.000

✓ **11 depositi con iter autorizzativo avviato**

✓ **Capacity minima: 9.000 mc.**

✓ **Capacity massima: 32.000 mc.**

✓ **Capacity media: 15.000 mc.**

News rilevanti:

- **Oristano:** a Santa Giusta sono in corso i primi collaudi. Inizio operazioni a gennaio 2021.
- **Ravenna:** con avvio delle operazioni a ottobre 2021.
- **Porto Torres:** inizio lavori nella seconda metà del 2020.
- **Napoli:** collaborazione Edison – Q8.
- **Crotone:** acquisto terreni su cui sorgerà il terminal e inizio lavori previsto entro fine 2022.

Fonte: *Assocostieri, 2020 (Progetto TDI RETE-GNL, evento Bastia)*

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au cœur de la Méditerranée

Source: Satta G. (2020), “GNL per la propulsione in ambito marittimo portuale: verso la definizione di una rete di distribuzione GNL nei porti tra Italia e Francia”, Naples Shipping Week, 1-2 ottobre 2020, Napoli.

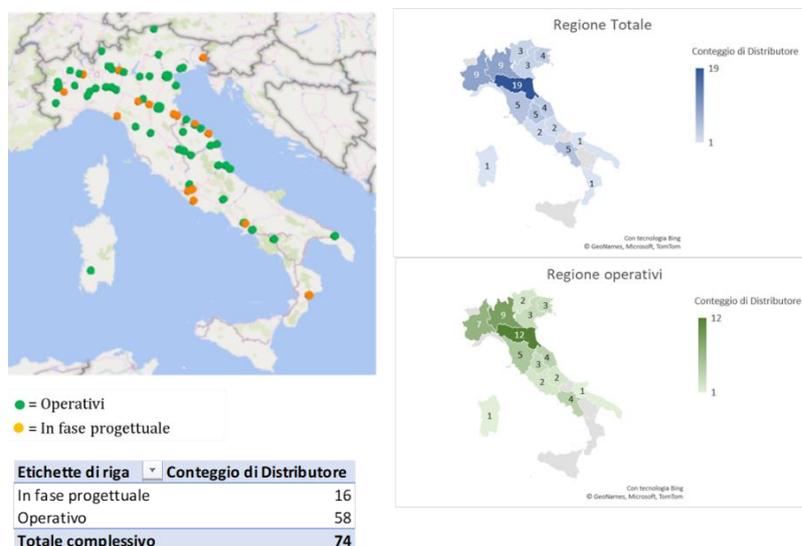
4.4.2.3. Réseau de distribution de méthane liquide GNL pour véhicules lourds

En ce qui concerne l'examen des distributeurs de méthane liquide qui fournissent du carburant aux véhicules lourds, trois niveaux de distribution différents doivent être pris en compte (comme indiqué par Federmetano, 2018):

1. Distributeurs de méthane liquide dans les activités ouvertes au public;
2. Distributeurs de méthane liquide dans des activités ouvertes aux particuliers, avec des conditions d'utilisation particulières;
3. Distributeurs de méthane liquide encore au stade de la planification.

Ce qui ressort en premier lieu, c'est que pour les trois niveaux considérés, la localisation géographique semble fortement biaisée en faveur des régions du nord de l'Italie, tant en ce qui concerne les distributeurs déjà opérationnels que par rapport à ceux qui ouvriront dans les années à venir (Figure 28).

Figure 28. Distributeurs terrestres de GNL et demande de GNL terrestre pour les ports italiens



Source: Satta G. (2020), “GNL per la propulsione in ambito marittimo portuale: verso la definizione di una rete di distribuzione GNL nei porti tra Italia e Francia”, Naples Shipping Week, 1-2 ottobre 2020, Napoli.

4.4.3. Infrastructure de soutage et de stockage de GNL dans les ports de Ligurie

Face à l'incroyable croissance du GNL dans le secteur maritime portuaire en tant que source d'énergie alternative pour la propulsion navale, l'accent mis sur l'infrastructure GNL de la région de la Ligurie a fait prendre conscience d'un fort besoin en équipements infrastructurels pour l'approvisionnement. futurs navires propulsés par le combustible précité, c'est pourquoi certaines entités publiques et privées ont lancé des études de faisabilité en référence aux ports de Gênes, Savone et La Spezia. Cependant, comme aucune des typologies infrastructurelles décrites ci-dessus n'est opérationnelle, la recherche du groupe de travail UNIGE CIELI s'est basée sur les informations fournies par des articles, des sites Web et des actualités en ligne qui ont abouti à l'examen détaillé des hypothèses de projet rapportées dans le Tableau 26 et examinée en détail dans les sous-paragraphe ci-dessous.

Tableau 26. Résumé des hypothèses du projet - Ligurie

Hypothèse de projet	Emplacement	Brève description
Terminal de regazéification de Panigaglia	La Spezia	Géré par GNL Italia (SNAM Group); capacité de regazéification: 4 milliards de m3; structure déjà opérationnelle. Solution de soutage de GNL dans le secteur portuaire maritime: étude de faisabilité. Concernant ce terminal, les hypothèses de conception de réadaptation réalisées respectivement par RINA Consulting et Assocostieri ont également été prises en compte.
Hypothèse de projet par Fratelli Cosulich	La Spezia	Hypothèse développée par Fratelli Cosulich SPA pour la construction d'une usine de stockage et de soutage de GNL (usine SSLNG) en relation avec le port de La Spezia.
Hypothèse de projet d'Ottavio Novella Spa	Porti della Liguria	Hypothèse de conception développée par Ottavio Novella Spa pour la construction d'une usine de stockage et de soutage de GNL (usine SSLNG) dans les ports de Ligurie.
Hypothèse de projet de A.O.C Srl	Genova	Hypothèse de conception développée par l'A.O.C. Srl pour la construction d'une usine de stockage et de regazéification de GNL (usine SSLNG) pour le port de Gênes.

Hypothèse de projet ENI	Genova	Hypothèse de projet développée par la société ENI S.p.a pour la construction d'un terminal de soutage de GNL pour le port de Gênes (zone de Multedo, zone de Porto Petroli).
Hypothèse de projet PIR	Genova	Hypothèse de projet développée par la société italo-roumaine Petrolifera pour la construction d'un terminal de soutage pour le port de Gênes (zone entre le terminal portuaire de Gênes et le terminal Bulk Genoa).
Hypothèse de projet de la station de ravitaillement mobile - Projet LNG FACILE	-	Dans le cadre du projet INTERREG Marittimo ITA-FRA 1420 intitulé GNL FACILE, la construction d'une station de ravitaillement mobile (avec réservoir cryogénique) est prévue, ce qui affecterait plusieurs ports de la Zone d'Objectif du Programme.

Source: notre élaboration.

4.4.3.1. Terminal de regazéification de Panigaglia (La Spezia)

Le terminal de regazéification de Panigaglia voit le démarrage des travaux de construction en 1967 par la société Snam S.p.A suite à l'autorisation obtenue du ministère de l'Environnement. Cette installation, première onshore de réception et de regazéification de GNL en Italie, couvre une superficie d'environ 45 000 m² et dispose d'une capacité de stockage de GNL de 88 000 m³. Situé dans la zone portuaire de La Spezia, il se compose de:

- Un système d'accueil (zone d'accostage du navire);
- Une zone de stockage comprenant deux réservoirs de 50 000 m³ chacun constitué de deux conteneurs cylindriques coaxiaux à axe vertical et d'une capacité utile de 44 000 m³;
- Un regazéificateur dans lequel le gaz est extrait des réservoirs de stockage et envoyé aux échangeurs de chaleur par un système de pompes centrifuges;
- Systèmes d'injection de réseau;
- Systèmes et équipements de récupération des vapeurs;
- L'ensemble des systèmes de sécurité auxiliaires..

La capacité de regazéification est égale à 3,5 milliards de m³ / an et le fonctionnement opérationnel du mécanisme de gestion de l'usine nécessite que seule une petite partie du GNL présent soit utilisée pour l'usine elle-même, puisque le gaz atteint la structure par Des méthaniers déchargeant du GNL dans des réservoirs de stockage. En ce qui concerne le type de postes d'amarrage dédiés aux opérations de chargement / déchargement de GNL, le terminal examiné ici comprend également une jetée située à l'intérieur du port qui permet la réception de navires d'une capacité maximale d'environ 70000 m³ de GNL et d'un tirant d'eau de 10 m. Les principales critiques du terminal de Panigaglia semblent être l'accessibilité routière et ferroviaire, notamment en ce qui concerne la difficulté de traverser des véhicules venant de directions opposées ainsi que la proximité du centre-ville à environ 2,7 km du terminal.

Suite à la préparation du produit T2.1.3, des avancées importantes ont été réalisées en ce qui concerne les opérations de soutage / stockage de GNL. En effet, le dimanche 25 octobre, le premier soutage de GNL pour le navire de croisière Costa Smeralda aura lieu directement dans le port de La Spezia.

4.4.3.2. Hypothèse de projet par Fratelli Cosulich

La société F.lli Cosulich S.p.A, en la personne du Président Andrea Cosulich, a donné au groupe de travail UNIGE CIELI l'opportunité de collecter des données importantes relatives à la région de la Ligurie. Le projet en cours d'évaluation par la société susmentionnée prévoit le développement des infrastructures nécessaires au SSLNG (barge de soutage de GNL et gisement côtier) avec un intérêt



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



dans la région de la mer Tyrrhénienne du Nord et en particulier, les ports liguriens de La Spezia, Gênes et Savone et le port toscan de Livourne. En pratique, l'idée derrière ce projet est basée sur le transfert de GNL des grands terminaux de stockage (comme FSRU Toscana) vers les dépôts côtiers (comme celui de Panigaglia), puis de procéder à la réalisation d'opérations de ravitaillement vers les navires avec barges ; de plus, une petite usine de stockage terrestre (d'une capacité inférieure à 200 tonnes) donnerait alors la possibilité de charger des camions-citernes.

L'investissement global requis pour la construction du système décrit ci-dessus est de 55 millions d'euros tandis que les coûts d'exploitation annuels de gestion s'élèveraient à environ 4 millions d'euros, y compris également les interventions de maintenance possibles / nécessaires. Enfin, la particularité de ce projet réside dans les estimations faites sur le prix des services de soutage de GNL ainsi que sur les coûts moyens de gestion de l'approvisionnement et du stockage du carburant qui ont conduit à une fourchette de prix dépendante du marché. et égal à 3/4 € / MWh avec des coûts relatifs uniquement au stockage du GNL 2/3 € / MWh.

4.4.3.3. Hypothèse de projet par Ottavio Novella Spa

L'étude de faisabilité réalisée par la société Ottavio Novella SpA a porté sur la possibilité de créer des infrastructures dédiées au soutage et au stockage de GNL dans le contexte territorial de l'Autorité du système portuaire de la mer Ligure occidentale sans exclure pour autant tout développement au sein de la AdSP de la mer Ligure orientale. Les zones de construction de l'infrastructure en question ont été identifiées dans la jetée du brise-lames de Vado Ligure (qui va bientôt subir des interventions d'agrandissement), Gênes Sestri et / ou Sampierdarena et La Spezia, avec utilisation d'une partie des gisements côtiers actuellement présents à Panigaglia. Dans ce cas, l'approvisionnement en GNL se ferait par voie maritime et son approvisionnement serait dédié à la fois à la demande future de navires alimentés au GNL et à la demande déjà présente de pétroliers. Le processus d'autorisation prévoyait la soumission du projet aux AdSP de la mer Ligure occidentale et orientale et à l'Agence des douanes (en ce qui concerne le type de documentation nécessaire pour remplir les obligations documentaires) et est toujours en attente d'évaluation. Le processus de construction doit avoir une durée comprise entre 24 et 30 mois, divisée en plusieurs phases modulaires listées ci-dessous:

- La première phase consisterait à préparer uniquement le transporteur de gaz à petite échelle, qui remplirait les fonctions de ravitailleur et de barge;
- La deuxième phase consisterait à placer à côté une ou plusieurs barges flottantes non automotrices;
- La troisième phase conduirait à la construction de dépôts fixes au sol (avec axe horizontal ou vertical).

Au terme de ce processus, caractérisé par des CAPEX d'environ 65 à 75 millions d'euros et des coûts d'exploitation annuels compris entre 5,9 et 6,5 millions d'euros, l'infrastructure pourrait avoir une capacité totale d'environ 20 000 m³. D'un point de vue opérationnel, l'utilisation de la technologie Ship to Ship (STS) est envisagée qui permettrait l'acquisition par voie maritime et terrestre à partir de grands terminaux (tels que Snam di Panigaglia ou ceux présents à Marseille et Barcelone) via un Small Les échelles méthaniers qui, ayant atteint le mouillage qui leur est assigné, serviront dans un premier temps de gisement flottant. Le quai qui devrait être dédié à ces opérations a une longueur d'environ 140 mètres et un tirant d'eau de 5,90 mètres, contre lesquels il sera possible de ravitailler environ 50/100 paquebots par an en 4/5 heures chacun (ravitaillements de 2,200 m³), 500 navires rouliers avec approvisionnement de 3 heures chacun (à partir de 500 m³) et 100 porte-conteneurs en 4/5 heures (1500 m³).



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



4.4.3.4. Hypothèse de projet par A.O.C Srl

A.O.C. Srl est un concessionnaire de services de collecte et de traitement des déchets qui a construit une usine de GNL dans la zone de Calata Oli Minerali destinée à un usage interne et équipée d'une zone de stockage relative, c'est pourquoi elle a également émis l'hypothèse de son utilisation pour ravitaillement de bateaux de plaisance à l'intérieur du port de Gênes. Cette usine, actuellement opérationnelle, occupe une superficie de 100 m² au sein du port et a une capacité de stockage de 60 m³; cependant, aucun investissement n'a été prévu pour permettre l'offre d'un service de soutage. En ce qui concerne la zone opérationnelle, l'usine est alimentée en GNL par voie maritime, et le contrôle des procédures de remplissage et de vidange du réservoir se fait par télédétection qui organise l'envoi de camions-citernes pour remplir le gisement. Dans ce cas particulier, des restrictions ont été imposées aux opérations de remplissage du réservoir cryogénique pour assurer un niveau optimal de sûreté et de sécurité, ainsi que la rédaction de projets de prévention incendie relatifs aux usines de distribution de type L-LNG, L-CNG E L-CNG / LNG pour le transport. La principale criticité connue se réfère à l'extrême proximité de la ville (moins de 1.100 mètres); tandis que l'un des points forts réside dans l'accessibilité autoroutière et ferroviaire puisque l'usine se trouve respectivement à des distances de 1000 mètres et 500 mètres des principales liaisons.

4.4.3.5. Hypothèse de projet par ENI

En utilisant la méthodologie de recherche en ligne décrite ci-dessus, une étude de faisabilité a ensuite été identifiée relative à la construction d'un terminal de soutage de GNL dans la zone portuaire génoise (plus précisément dans la zone de Porto Petroli) réalisée par le groupe Eni avec des coûts investissement de 15 millions d'euros pour assurer l'adaptation des usines. Cependant, cette solution particulière est difficile à mettre en œuvre en raison de la proximité de l'usine Fincantieri et du plan associé qui prévoit son extension, en raison de la forte proximité avec la zone habitée et des difficultés d'adaptabilité de la zone touchée par l'intervention.

4.4.3.6. Hypothèse de projet par PIR

Le groupe PIR (Petrolifera Italo Rumena) a manifesté son intérêt pour la construction d'un terminal de soutage de GNL dans la zone située entre le terminal portuaire de Gênes et le terminal vrac de Gênes. Concrètement, le projet prévoit la relocalisation des gisements actuellement situés dans la zone de Multedo (suite au déblocage d'une concession spécifique à l'AdSP) contre un investissement de 40 M € pour la construction de nouveaux gisements.

4.4.3.7. Hypothèse de projet d'une station de ravitaillement mobile – Projet GNL FACILE

Suite à la construction d'une station de ravitaillement en GNL, l'un des principaux objectifs du projet Interreg Marittimo ITA-FRA 1420 «GNL FACILE», l'Autorité du système de la mer de Ligurie occidentale a émis l'hypothèse d'un développement possible des équipements de manutention (comme les sellettes d'attelage, les grues, les piqueurs à mât rétractable, les locomotives) alimentés au GNL. En particulier, le projet précité prévoit la construction d'une station de ravitaillement et d'un réservoir de distribution cryogénique qui permettront de ravitailler les véhicules pour le transport routier lourd et pour tout véhicule opérationnel à l'intérieur de la zone portuaire, ainsi que de petits bateaux de plaisance. au GNL.

4.4.3.8. Hypothèse de projet à Savona-Vado Ligure

Bien qu'il existe de nombreuses hypothèses liées à la zone portuaire de Gênes, il est nécessaire de discuter brièvement de certains profils liés au GNL au sein du port de Savone - Vado Ligure, en particulier compte tenu de l'importance de la même chose dans le secteur des croisières. En particulier,

le 3 novembre 2019, la cérémonie de baptême du nouveau navire Costa Smeralda, premier navire de croisière propulsé à la fois au port et au large au GNL, a été célébrée directement dans le port de Savone. C'est précisément pour cette raison, et compte tenu de la concession prolongée jusqu'en 2044 en faveur de Costa Croisières pour l'utilisation des espaces et des services du port de Savone, celle-ci doit s'adapter autant que possible à la nouvelle réalité et prévoir la construction d'infrastructures qui permettent le soutage de gaz naturel liquéfié pour ravitailler les navires arrivant dans le port.

4.4.4. *Infrastructure de soutage et de stockage de GNL dans les ports de la Toscane*

En ce qui concerne les infrastructures de la Toscane relatives à la chaîne logistique GNL, la cartographie impliquait trois hypothèses différentes, déjà opérationnelles, autorisées ou en cours d'autorisation. En particulier, le Tableau 27 rapporte les hypothèses prises en considération, pour lesquelles une brève description est faite dans les paragraphes suivants.

Tableau 27. *Résumé des hypothèses de projet - Toscana*

Hypothèse de projet	Emplacement	Brève description
FSRU Toscana	Livorno	Géré par OLT Offshore LNG Toscana; capacité de regazéification: 3,75 milliards de m ³ ; structure déjà opérationnelle. Solution de soutage de GNL dans le secteur portuaire maritime: étude de faisabilité.
Dépôt côtier (Signal)	Livorno	Capacité de stockage: 20 000 m ³ ; autorisation non encore soumise.
Hypothèse du projet Coastal GAS Livorno and Neri Vulcanigas Investimenti	Livorno	Géré par Costiero GAS Livorno et Neri Vulcanigas Investimenti; capacité de stockage: 9 000 m ³ ; autorisation non encore soumise.

Source: notre élaboration.

4.4.4.1. *FSRU Toscana (OLT Offshore LNG Toscana)*

L'usine de regazéification en mer FSRU Toscana gérée par OLT Offshore LNG Toscana est déjà opérationnelle en Toscane, avec une capacité de regazéification de 3,75 milliards de m³ et amarrée à environ 22 km de la côte. Le projet a abouti à la conversion du méthanier «Golar Frost» en terminal flottant de regazéification, suite à un processus d'autorisation long et complexe qui n'a permis de commencer les travaux de construction qu'en décembre 2009. D'un point de vue technique - opérationnel, le FSRU toscan est ancré au fond de la mer à une profondeur d'environ 120 mètres grâce à 6 lignes d'ancrage installées sur place et reliées au pipeline sous-marin pour le transport terrestre de GNL regazéifié. Actuellement, suite à une demande adressée au ministère de l'Environnement, l'OLT a obtenu l'autorisation nécessaire pour augmenter la limite de capacité des navires pouvant s'approcher du terminal en question jusqu'à 180.000 m³, en maintenant la capacité annuelle maximale de regazéification autorisée à 3,75 milliards de m³ de gaz et organisé un projet d'adaptation des infrastructures pour l'approvisionnement primaire de la chaîne SSLNG pour le chargement de petits méthaniers (jusqu'à 90-120 m de longueur).

Pour mettre en œuvre le service de soutage, certaines interventions infrastructurelles importantes sont nécessaires, telles que:

- Système d'amarrage pour une approche sûre du SSLNGC sur le côté gauche (bâbord) du terminal FSRU;



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



- Modification du système de transfert de GNL existant (côté gauche) du terminal FSRU au SSLNGC.

Le CAPEX de ces interventions est estimé à environ 5 millions d'euros, tandis que les frais de fonctionnement ne s'élèvent qu'à 1 million d'euros. D'un point de vue opérationnel, la technologie la plus adaptée à ce type d'intervention est Ship-to-Ship, c'est pourquoi l'approvisionnement en GNL se fera uniquement par voie maritime avec la réception du carburant des méthaniers et le chargement ultérieur sur le SSLNGC, qui ils pourront à leur tour approvisionner directement les navires alimentés au GNL ou les acheminer vers les dépôts côtiers. Enfin, le GNL stocké dans les dépôts côtiers peut être utilisé pour ravitailler à la fois les pétroliers pour la distribution terrestre et les bateaux alimentés au GNL.

Enfin, en ce qui concerne la sécurité, OLT a décidé de prendre comme référence les normes internationales des méthaniers de grande taille, donc les SSLNGC doivent également se conformer aux normes OCIMF (Oil Companies International Marine Forum), et en particulier pour le couplage "manifold" il sera nécessaire d'équiper des systèmes électroniques de sécurité (SES) conformes aux normes internationales SIGTTO.

4.4.4.2. Dépôt côtier de Livourne (Signal)

En réponse à l'administration du questionnaire décrit dans le chapitre précédent, l'AdSP de la mer Tyrrhénienne septentrionale a communiqué la réalisation d'une analyse des alternatives possibles pour la construction d'un gisement côtier dans le port de Livourne dans le cadre du projet Interreg Italia Francia Marittimo Signal. (Stratégies transfrontalières de valorisation du gaz naturel liquéfié). Bien que l'emplacement précis de l'infrastructure n'ait pas encore été choisi, l'hypothèse du projet la concernant a été configurée, qui aura une taille de terminal de 30000 m², une capacité totale de l'usine de 20000 m³ et un volume annuel potentiel de traitement une fois pleinement opérationnel. de 730 000 m³. En ce qui concerne la solution technologique la plus adaptée à cette situation, deux types particuliers sont en cours d'analyse:

- Truck to Ship: caractérisé par l'utilisation de réservoirs mobiles équipés de pompes cryogéniques immergées pour ravitailler les navires amarrés sur le quai;
- Ship to Ship: caractérisé par l'utilisation de barges équipées de deux bras mécaniques: un pour la livraison de GNL et un pour le retour du *boil-off*.

Le ravitaillement se fera donc aussi bien par voie maritime que terrestre, sous réserve des problèmes liés à la courte distance de la ville (environ 2.000 m) et au manque de proximité d'un point de ravitaillement en fret routier (qui est à 25 km du port).

4.4.4.3. Hypothèse de projet de Costiero GAS Livorno et Neri Vulcanigas Investimenti

Début 2018, le terminal newco Livorno Lng a été créé, propriété de la société Costiero Gas Livorno et de Neri Vulcanigas Investimenti, dans le but de créer un dépôt côtier à l'intérieur du port de Livourne afin de permettre la réception et Stockage de GNL. L'approvisionnement s'effectuera notamment par camions-citernes et sera ensuite distribué dans le réseau interne par camions-citernes et barges pour alimenter les stations-service routier et les futurs navires au GNL en transit dans le port de Livourne. Son emplacement est prévu dans une position stratégique au sein du port et plus précisément entre les postes 12 et 13, désormais utilisés pour le stockage de latex de caoutchouc pour la société Neri.

Les caractéristiques techniques du gisement montrent une capacité de stockage initiale estimée à environ 4 500 m³ qui pourrait atteindre 9 000 m³ dans une seconde phase; tandis que les CAPEX

s'élèvent à environ 50 millions d'euros qui peuvent être cofinancés dans le cadre du programme Gainn4Sea par la Commission européenne.

4.4.5. Infrastructure de soutage et de stockage de GNL dans les ports de Sardaigne

En référence à l'île de Sardaigne, le processus de cartographie des infrastructures liées à la chaîne logistique GNL a conduit à la définition de 5 interventions différentes à considérer (Tableau 28). À cet égard, le grand engagement de la région dans la préparation des systèmes d'offre de soutage dans le contexte maritime portuaire a été noté avec des accords extrêmement importants comme celui stipulé entre Assocostieri et l'AdSP de Sardaigne visant à approfondir les enjeux stratégiques, politiques, juridiques et administratifs liés à l'utilisation du GNL comme carburant marin.

A cet effet, dans le cadre des activités liées à la préparation du produit T2.1.3, le partenaire UNICA-CIREM a également mené des activités de recherche en ligne sur les futurs systèmes d'approvisionnement pour le stockage et le soutage de GNL dans les ports de leur zone. référence, c'est-à-dire la Sardaigne, présente dans la zone cible du projet. En particulier, les futures infrastructures et les études de faisabilité prévues dans les ports de Cagliari, Oristano et Porto Torres ont été analysées en détail.

Tableau 28. Résumé des hypothèses de projet - Sardaigne

Hypothèses de projet	Emplacement	Brève description
Dépôt côtier "Terminal Higas di Oristano"	Oristano	L'usine vise à recevoir le GNL de méthaniers de taille moyenne appropriés, le décharger dans l'objet de stockage de l'initiative pour être ensuite utilisé, principalement sous forme liquide, comme carburant à usage industriel, terrestre et partiellement comme gaz (GN) à distribuer dans les réseaux de canalisations déjà partiellement existants dans la zone concernée. Du point de vue du dimensionnement, l'usine a une taille de terminal de 16 000 m ² et offre une capacité totale de stockage de 9 079 m ³ . La capacité de manutention annuelle maximale attendue est de 350000 m ³ en 2020.
Dépôt côtier "Marine Terminal Oristano"	Oristano	À l'initiative d'Edison, le projet porte sur la construction d'un dépôt de GNL côtier caractérisé par une partie terrestre de 76 000 m ² et 4 500 m ² en mer. L'usine offre une capacité de stockage totale de 10000 m ³ et une capacité de stockage nominale annuelle attendue de 520 000 m ³ en 2020.
Gisement côtier de IVI Petrolifera	Oristano	Le projet implique la mise en place d'une chaîne d'approvisionnement qui comprend l'approvisionnement en GNL par pétroliers, le stockage dans l'usine et la distribution ultérieure par voie terrestre par pétroliers et par mer par bateau (barges). Du point de vue de la taille de l'infrastructure, la taille prévue du terminal est de 30 000 m ² , permettra un stockage volumétrique d'environ 9 000 m ³ et la quantité annuelle manutentionnée sera égale à un maximum de 60 000 m ³ de GNL.
Stockage côtier des Multiutilités ISGAS ENERGIT	Cagliari	Le projet envisagé vise à créer un terminal pour le gaz naturel liquéfié dans le port de Cagliari, qui peut garantir aux utilisateurs civils et industriels en Sardaigne la possibilité d'utiliser le gaz comme source d'énergie alternative et qui peut représenter un pôle important dans la zone méditerranéenne pour le soutage de navires au GNL. Le projet a été autorisé par le Ministère de l'Environnement et le responsable et réalisateur est représenté par la société ISGAS ENERGIT MULTIUTILITIES S.P.A. les travaux n'ont pas encore commencé, mais le terminal devrait être terminé en 2020.
Entrepôt côtier du consortium industriel de la province de Sassari	Porto Torres	Parallèlement au feu vert pour la construction d'une usine de réception et de destruction de GNL dans la zone portuaire d'Oristano, en juillet 2018, le processus de création d'une autre infrastructure GNL à Porto Torres a été lancé grâce à l'avis favorable du Comité de gestion de l'Autorité du système portuaire maritime de Sardaigne. Le CIP (Provincial Industrial Consortium) de Sassari a renouvelé son avis favorable sur le projet et a déjà acquis le projet de faisabilité technico-économique, le rapport préliminaire de sûreté, l'évaluation environnementale stratégique et le financement du ministère du Développement économique pour la fourniture et l'installation de trois bras de chargement et de déchargement.

Source: notre élaboration.



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



4.4.5.1. Dépôt côtier “Terminal Higas di Oristano” de Higas

Le terminal Oristano Higas est une installation de stockage de GNL sous la construction de la société Higas Srl depuis 2018. Il vise à recevoir du GNL de méthaniers de taille moyenne afin de le décharger dans l'objet de stockage de l'initiative d'être utilisé par la suite comme combustible à usage industriel, terrestre et partiellement comme gaz (GN) à distribuer dans les réseaux de gazoducs déjà partiellement présents dans la zone étudiée. Du point de vue des spécifications techniques, l'usine se caractérise par une taille de 16 000 m² et une capacité totale de stockage de 9 079 m³.

Son fonctionnement opérationnel consiste à charger l'usine à travers un réservoir de GNL de petite taille (d'une capacité comprise entre 5 000 et 7 000 m³) afin de produire des sorties pour les utilités de liquides et de gaz. En particulier:

- Des liquides tels que le chargement de GNL dans des pétroliers pour un transport capillaire ultérieur par route et le chargement de GNL sur un navire de soutage pour finaliser son utilisation comme carburant naval;
- Gaz: GN aux utilisateurs finaux de la zone industrielle et aux utilisateurs civils potentiels d'Oristano avec des barges de 1 000 m³ et une solution technologique Ship to Ship (STS).

En ce qui concerne le profil Sûreté & Sécurité, la centrale est équipée d'un système de sécurité de type ESD «fail safe» qui identifie, signale, prévient et gère les conditions dangereuses et / ou d'urgence de manière totalement autonome et par défaut afin de restaurer les conditions de sécurité du système. De plus, les postes d'amarrage pour l'avitaillement seront au large, tandis que le déchargement / chargement du GNL se fera à l'intérieur du port sur un quai d'une longueur de 200 mètres et d'un tirant d'eau de 10 mètres. L'examen des criticités liées à la distance du centre habité a révélé une proximité avec la ville d'Oristano, située à une distance minimale d'environ 3,1 km au nord-est et de Santa Giusta, située à environ 3,5 km à l'est; tandis qu'en termes d'accessibilité, la distance du tissu routier est d'environ 5 km et celle de la ligne de chemin de fer Cagliari-Golfo Aranci Marittima est de 6 km.

4.4.5.2. Dépôt côtier “Marine Terminal Oristano” de Edison

Le dépôt côtier conçu par Edison SpA est destiné à des usages multiples (civil, industriel, soutage) et prévoit l'achèvement des travaux en 2020. Le dimensionnement de celui-ci verra une partie sur un terrain d'environ 76000 m² et une partie mer de 4500 m² capacité totale de 10 000 m³. Il sera divisé en domaines fonctionnels de:

- Amarrage et transfert de GNL (longueur totale de 185 mètres);
- Stockage de gaz naturel liquéfié;
- Contrôle pour la surveillance et la gestion du gisement côtier;
- Chargement des pétroliers.

La phase d'approvisionnement sera réalisée au moyen de petits camions-citernes à gaz ou de pétroliers aux caractéristiques similaires à celles actuellement utilisées et d'une capacité comprise entre 7500 et 15 600 m³, tandis que la distribution du GNL se fera par voie maritime par barges. Compte tenu des conditions d'exploitation de l'usine, la solution technologique la plus efficace dans le cadre des opérations de ravitaillement des navires est Ship to Ship (STS); tandis qu'en ce qui concerne le profil de sûreté et de sécurité, un système ESD a été identifié comme le plus fonctionnel qui aidera le système de contrôle distribué (SCD) à intervenir en cas de dysfonctionnement ou d'erreur de fonctionnement, garantissant la sécurité de l'usine. Par ailleurs, également dans cette hypothèse, l'usine sera équipée d'un système de détection de gaz, d'incendie, de fuite, d'un système d'alarme visant à minimiser les risques



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



et dommages liés aux fuites de gaz et aux incendies et d'un système de décompression. d'urgence, qui remplira les fonctions de garantir l'intégrité du confinement du réservoir impliqué dans l'événement et des deux réservoirs adjacents.

Compte tenu uniquement des fonctions de soutage, il convient de préciser que les postes d'amarrage seront au large; tandis qu'en ce qui concerne les opérations de chargement / déchargement de gaz à l'usine, elles seront localisées sur le quai à l'intérieur du port (d'une longueur de 185 mètres et d'un tirant d'eau de 11 mètres). Le centre habité le plus proche de la zone identifiée est la ville d'Oristano située à environ 3,1 km au nord-est. Enfin, un bon niveau d'accessibilité est garanti pour la fourniture du terminal aux véhicules de transport routier (dont la superficie n'est qu'à 1 km de la porte du port); tandis que la ligne de chemin de fer la plus proche, Cagliari-Golfo Aranci Marittima, est à 6 km.

4.4.5.3. Dépôt côtier de IVI Petrolifera

Le projet esquissé par IVI Petrolifera prend la forme de la mise en place d'une chaîne d'approvisionnement qui comprend l'approvisionnement en GNL par pétroliers, le stockage en usine et la distribution ultérieure par voie terrestre par pétroliers et par mer par bateau (barges). La taille attendue est de 30 000 m², ce qui entraînera une quantité annuelle manutentionnée allant jusqu'à 60 000 m³ de GNL. La phase d'approvisionnement verra l'utilisation de petits transporteurs de gaz, tandis que la distribution se fera par des pétroliers d'une capacité d'environ 50 m³ et par des barges d'une capacité de 500 m³, tandis que la technologie de soutage utilisée sera Ship to Ship. (STS), qui prévoit le ravitaillement du navire alimenté au GNL par l'utilisation d'une barge ou d'un autre type de navire qui flanquera le navire à ravitailler. Le transfert de GNL se fera ensuite à travers un bras de chargement de la phase liquide caractérisé par un diamètre de 8 ", tandis que le chargement des barges impliquera 3 pompes de surpression. Le chargement de GNL sur des pétroliers a également impliqué la mise à disposition de 2 quais de chargement alimentés par l'une des trois pompes de transfert.

Dans ce cas également, il y a une division en zones fonctionnelles comme suit:

- Une zone d'amarrage et de transfert de GNL;
- Une zone de stockage de GNL;
- Une zone de chargement pour les pétroliers.

Les exigences essentielles relatives au profil Sûreté & Sécurité seront réalisées au moyen de dispositifs de libération rapide pour les bras de déchargement, de systèmes de contrôle pour le chargement de GNL dans le réservoir, ainsi que par l'adoption de matériaux adaptés au service cryogénique. L'usine sera équipée d'un système d'arrêt d'urgence ESD et de différents types de détecteurs de flamme, de gaz et de température (haute et basse).

De plus, le type de postes d'amarrage destiné au soutage du GNL sera offshore, tandis que le déchargement et le chargement du GNL des méthaniers vers l'infrastructure utiliseront un espace de quai à l'intérieur du port (d'une longueur de 190 mètres et d'un tirant d'eau autorisé de 11, 5 mètres). Enfin, les principales critiques à noter concernent la proximité de la ville d'Oristano à environ 3,1 km au nord-est, l'impossibilité d'utiliser la technologie Truck to Ship (TTS) en raison du contexte d'accessibilité routière et de l'éloignement réseau ferroviaire d'environ 6 km. En revanche, la courte distance entre les zones d'accostage et l'emplacement des gisements, égale à environ 800 mètres, était positive.

4.4.5.4. Cagliari

La construction d'un terminal GNL à usages multiples est prévue dans la zone du port de Canale de Cagliari dans le but de garantir aux utilisateurs civils et industriels en Sardaigne la possibilité d'utiliser

le gaz comme source d'énergie alternative. Ce projet a été autorisé par le Ministère de l'Environnement et sera développé par la société ISGAS ENERGIT MULTIUTILITIES S.P.A. avec l'achèvement des travaux prévu en 2020.

En ce qui concerne la taille de l'usine, les prévisions prévoient une extension d'environ 69 500 m² pour une capacité totale de stockage de 22 068 m³.

La fourniture de ceux-ci sera réalisée avec de petits transporteurs de gaz et l'ensemble de l'usine de regazéification alimentera non seulement les navires alimentés au GNL, mais également les réseaux de distribution déjà existants à Cagliari. Dans ce cas précis, les solutions technologiques qui peuvent être adoptées sont le TTS, le STS et le Port to Ship (PTS) également appelé Terminal to Ship dans lequel le gaz naturel liquéfié est transféré directement depuis une petite unité de stockage, une petite station ou un terminal. d'importation ou d'exportation vers le navire alimenté au GNL. D'un point de vue opérationnel, le projet a esquissé des procédures qui prévoient l'arrivée de petits transporteurs de gaz qui amarreront au quai dédié, et qui transféreront le GNL vers les réservoirs via des bras de chargement avec la possibilité d'effectuer les opérations de chargement simultanément les pétroliers et ceux pour le déchargement des méthaniers ou le soutage.

La configuration du terminal est ensuite divisée en sept macro-zones correspondant à :

- Une zone de chargement et de déchargement de gaz naturel liquéfié;
- Une zone de stockage et de pompage de GNL;
- Un espace accueillant les vaporisateurs;
- Une zone servant de quais de chargement pour les pétroliers;
- Une zone où s'effectue la gestion de l'ébullition des gaz (BOG);
- Une zone de torche;
- Un espace dédié à la filtration, la mesure et l'odorisation du méthane.

Dans ce cas également, un système d'arrêt d'urgence ESD et un système de contrôle distribué DCS sont préférés avec un système de décompression d'urgence automatique. Il convient également de préciser que le type de couchettes est représenté par le quai dans le port, ou, pour assurer l'avitaillement des navires à tirant d'eau plus élevé, la possibilité d'un ravitaillement en mer.

La distance de la ville de Cagliari est d'environ 2 km, tandis qu'une accessibilité adéquate est garantie à une distance avec la porte du port d'environ 1,4 km du point d'amarrage pour l'avitaillement naval. L'accessibilité bénéficie des avantages liés à la courte distance du réseau routier principal (SS 195) et de la gare de Cagliari.

4.4.5.5. Porto Torres

En 2018, le processus de conception et de construction ultérieure d'une infrastructure pour le GNL à Porto Torres a été lancé grâce à l'avis favorable du comité de gestion de l'autorité du système portuaire de la mer de Sardaigne. Les opérations nécessaires sont à la charge du Consortium Industriel Provincial (CIP) de Sassari qui a renouvelé son avis favorable sur le projet et a déjà acquis la documentation disponible. Grâce également aux informations rapportées dans le questionnaire rempli par l'Autorité du système portuaire de la mer de Sardaigne, d'autres données importantes ont été collectées pour compléter l'analyse dédiée au projet, telles que la disponibilité de l'Autorité portuaire d'Olbia et de Golfo Aranci dans le cadre de celui-ci. qui a reçu un avis favorable pour la concession de propriété de l'Etat maritime des autorités compétentes.

4.4.6. Les infrastructures GNL en France: l'état de l'art



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Suite à l'examen de l'état de l'art des infrastructures GNL présentes ou prévues en Italie, il est apparu nécessaire de réaliser les mêmes opérations pour les autres zones du projet dont la France. En particulier, la Chambre de Commerce et d'Industrie du Var, partenaire du projet, a activé des activités de recherche dans sa zone de référence, la Région PACA (Provence-Alpes-Côte d'Azur), afin d'identifier les infrastructures existantes et les hypothèses de conception pour le soutage et le stockage de GNL dans le contexte maritime portuaire. A cet effet, le partenaire du projet a procédé à la réalisation de la cartographie des projets en France, identifiant à la fois les terminaux existants et ceux en construction / en phase de conception. Cette étude a mis en évidence la présence de 4 terminaux dédiés au GNL déjà opérationnels (dans la région PACA, à Dunkerque et Montoir). Les activités de recherche en ligne ont été soutenues par des enquêtes directes via des contacts téléphoniques avec le principal port et les chefs de projet.

4.4.7. Infrastructure de soutage et de stockage de GNL dans les ports de la région PACA

4.4.7.1. Terminal méthanier de Fos-Tonkin

Le démarrage des opérations de construction du Terminal méthanier de Fos-Tonkin remonte à 1972 grâce à une collaboration avec l'Algérie, dans le but de recevoir en grande quantité le gaz algérien qui alimente les régions du centre de la France et la région de Paris. L'usine est désormais opérationnelle, elle est gérée par la société Elengy, et, sur la base de l'accord signé par les deux nations, les navires algériens déchargent le GNL dans le port de Fos-sur-Mer par les amarres du quai à l'intérieur du port. Le dimensionnement de l'infrastructure est tel qu'il présente une capacité totale de stockage de 150000 m³ à travers les 3 réservoirs existants, et afin de répondre à la demande croissante, il s'est doté d'un deuxième quai de chargement en fonctionnement depuis avril 2019 qui lui permet d'offrir 34 emplacements de chargement par jour et une capacité de près de 9 000 chargements par an. En ce qui concerne les éventuelles critiques opérationnelles, il est à noter que cette infrastructure ne présente pas de problèmes particuliers d'accessibilité routière, ni de risques élevés liés à la proximité de la ville (à 6 km). Enfin, il convient de préciser que le terminal est idéalement positionné comme base d'une plateforme multimodale de transport de GNL (rail, route, fleuve, mer) sans difficultés particulières et s'intègre pleinement dans le contexte local.

4.4.7.2. Terminal méthanier de Fos-Cavaou

Le Terminal méthanier de Fos-Cavaou est devenu opérationnel en 2010, appartient à la société Fosmax LNG et est géré par la société Elengy. Les caractéristiques techniques du terminal mettent en évidence la possibilité d'accoster des navires de 15 000 m³ à 267 000 m³ (dit Q-Max), contrairement au terminal précédent qui arrête ses capacités à 75 000 m³. La capacité de regazéification est de 8,25 milliards de m³ de gaz par an, garantissant près de 20% des besoins en gaz naturel liquéfié en France. Compte tenu du besoin croissant, les sociétés qui gèrent le terminal précité ont décidé de procéder à son adaptation à la performance des services d'avitaillement à petite échelle réalisés grâce à la technologie Ship to Ship (STS) pour un investissement d'environ 3 millions d'euros. euro, qui adaptera les bras de chargement pour permettre la connexion de navires plus petits et prévoira les adaptations infrastructurelles qui en découleront. Grâce à l'adaptation susmentionnée, une innovation significative peut être introduite liée à la possibilité de développer une logistique GNL particulière afin de desservir les ferries dans un premier temps, et, par la suite, les navires de croisière, les ferries eux-mêmes et conteneur en construisant une ou plusieurs barges.

L'une des principales critiques du terminal en question réside dans sa proximité avec la ville de Fos-sur-Mer qui n'est qu'à 5 km; tandis que l'accessibilité routière est garantie par la route nationale proche N568 qui relie la route nationale N113 à l'autoroute A55, garantissant un haut niveau d'accessibilité au terminal pour le ravitaillement en gaz naturel liquéfié par route.

4.4.7.3. Toulon

Dans la zone ouest du port de Toulon, se situe le site de La Seyne Brégaillon, principalement dédié au trafic Ro-Ro et composé de deux terminaux et d'une zone industrielle et technologique. Cette infrastructure bénéficie d'une excellente accessibilité routière et ferroviaire car elle offre un accès ferroviaire direct au port; aspects extrêmement positifs compte tenu de l'existence d'un projet de construction d'une infrastructure dédiée au soutage et au stockage du GNL au Terminal Commerce de Brégaillon dont les travaux devraient se développer sur l'horizon temporel entre 2021 et 2026.

4.4.8. Infrastructure de soutage et de stockage de GNL dans les ports corses

Comme dans le cas français, également pour l'examen des principales infrastructures GNL en Corse, le partenaire du projet correspondant, l'Office des Transports de la Corse, a collecté des informations relatives au développement du GNL comme carburant alternatif en zone maritime-portuaire. Cette région, afin de maintenir son attractivité et sa position concurrentielle dans la zone méditerranéenne, devra s'adapter au besoin croissant d'infrastructures pour les opérations de soutage et de stockage de GNL. De nombreux armateurs opérant en Corse, en effet, mettent en service des navires qui seront propulsés au GNL et, en particulier, deux des principales entreprises corses, Corsica Ferries et La Méridionale ont lancé des projets liés respectivement à l'augmentation de la flotte (avec deux nouveaux navires à GNL) et pour répondre aux besoins énergétiques des navires ancrés dans les ports de Corse utilisant du GNL. Dans ce dernier cas, un essai a été lancé dans la région d'Ajaccio pour assurer le transport et le stockage du GNL dans le port, qui est ensuite utilisé pour alimenter les groupes électrogènes. Enfin, une étude a également été menée en Corse sur une usine flottante de regazéification au large de Lucciana et une étude sur un gazoduc.

4.4.9. Considérations générales sur l'état actuel et futur des infrastructures de soutage et de stockage de GNL dans les ports de la Zone d'Objectif du Programme

Sur la base des données reçues à travers les deux types de recherche utilisés ("recherche en ligne" et "recherche sur le terrain"), les partenaires du projet ont créé une base de données en analysant pour chaque infrastructure existante ou prévue au sein du `` domaine objectif, différents aspects relatifs aux profils de planification, de gestion, technico-opérationnels, de gouvernance et de financement de l'infrastructure, afin de favoriser le développement d'un plan intégré et coordonné de diffusion du GNL dans la zone d'objectifs .

En particulier, les données susmentionnées ont été examinées sous différents profils précisément décrits ci-dessous et attribuables à:

- Profils spatiaux et temporels;
- Processus d'autorisation et état des infrastructures;
- Investissements et parties impliquées;
- Technologies de soutage et de stockage;
- Alimentation du système et connexions possibles;
- Accessibilité de l'infrastructure.

4.4.9.1. Profils spatiaux et temporels connectés aux systèmes d'offre de services de soutage

En ce qui concerne le profil spatio-temporel, les données collectées et saisies correspondent à: Pays, Ville, Port; Date de début du chantier de construction; Date de clôture du chantier de construction; Temps de construction (mois). A partir de là, il a été possible d'observer une répartition géographique visible sur la Figure 29 qui a donc mis en évidence une prévalence des infrastructures notamment dans les zones de Ligurie, de Sardaigne et de la Région PACA.



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Figure 29. Répartition spatiale des infrastructures existantes ou prévues dans la zone d'objectif du programme



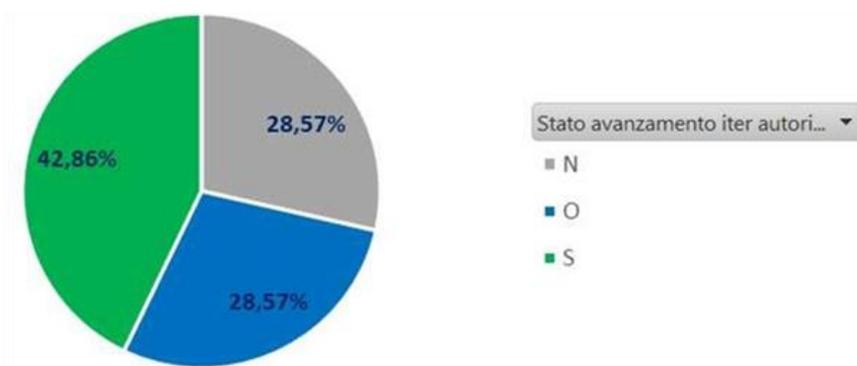
Source: notre élaboration.

Par contre, en ce qui concerne le fonctionnement proprement dit des interventions infrastructurelles ou les délais de réalisation des projets démarrés, il a été noté que les seuls terminaux à avoir achevé les travaux et à être effectivement opérationnels sont: Panigaglia, Fos-Tonkin et Fos-Cavaou (en fonctionnement depuis de nombreuses années), et le terminal de regazéification à usage interne de la société AOC Srl achevée en 2018. Le reste est encore en construction / en cours d'autorisation ou il n'a pas été possible de faire des prévisions de temps adéquates étayées par les données fournies.

4.4.9.2. Processus d'autorisation et état infrastructurel conséquent

Compte tenu du nombre élevé d'interventions qui se situent encore dans les activités de mise en œuvre des procédures d'autorisation, un profil important à analyser est celui inhérent au statut d'autorisation et au statut infrastructurel des projets examinés. En particulier, une analyse comparative a été réalisée afin de mieux comprendre l'avancement de l'ensemble du processus, qui a montré que près de la moitié des interventions examinées (42,86%) ont obtenu l'autorisation finale nécessaire pour procéder à la construction de l'infrastructure (Figure 30).

Figure 30. État du processus d'autorisation



Source: notre élaboration.

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Étude pour un plan d'action conjoint pour le GNL en zone portuaire"



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



La partie restante est divisée en ceux encore en attente d'évaluation (partie en bleu de la figure) qui comprennent le dépôt côtier de ISGAS ENERGIT Multiutilities (Cagliari), le terminal maritime d'Oristano (Edison), le dépôt côtier de IVI Petrolifera et l'hypothèse Projet Ottavio Novella SpA qui présente un état infrastructurel «planifié (préliminaire)»; et ceux pour lesquels aucune demande n'a encore été déposée, y compris l'hypothèse de conception de Fratelli Cosulich Spa, le dépôt côtier de Livourne (Signal), le consortium industriel de la province de Sassari (Porto Torres) et l'hypothèse de conception dans le port de Toulon, le tout dans un état d'infrastructure «planifié (*preliminary*)».

4.4.9.3. Investissements et parties impliquées

Suite à l'examen de profils plus descriptifs liés avant tout à la localisation des infrastructures et à l'avancement du processus correspondant, il est apparu nécessaire de procéder à une analyse des CAPEX que les sujets concernés ont investis ou n'ont pas encore investi. Dans de nombreux cas, une coïncidence est apparue entre le gestionnaire et la personne effectuant l'intervention et le montant des investissements constituant une donnée sensible, il n'a pas été possible de réaliser une analyse incluant toutes les interventions étudiées. Malgré cela, sur la base des données dont disposent les partenaires du projet, il est possible d'affirmer que le montant total des investissements se situe entre 2,5 et 75 millions d'euros.

4.4.9.4. Technologies de soutage et de stockage

Comme indiqué dans les paragraphes précédents, les informations relatives à la technologie adoptée ou envisagée pour faire le plein de GNL ont ensuite été incluses (colonnes «Technologies utilisées», «Capacité de ravitaillement - Type / Calendrier» de la base de données). En particulier, la recherche menée s'est concentrée sur quatre configurations principales et en ligne avec l'approche EMSA:

- Port to Ship (PTS) et Terminal to Ship (TPS);
- Truck to Ship (TTS);
- Ship to Ship (STS);
- Mobile Fuel Tanks.

Dans le cadre des différentes infrastructures analysées, les résultats ont montré que 10 (sur 14 au total) prévoient l'utilisation de la technologie STS alors que pour le moment, les technologies à adopter pour les hypothèses de conception du gisement côtier de Sassari n'ont pas encore été identifiées, de la société AOC Srl et pour le Port de Toulon ainsi que le type d'adaptation pour le terminal Fos-Tonkin. En ce qui concerne le type de navires à approvisionner et le temps nécessaire pour effectuer les opérations, il a été possible d'étudier les variables en question dans le cas du dépôt côtier du chenal portuaire de Cagliari dans lequel les pompes de ravitaillement des navires sont dimensionnées au maximum capacité de ravitaillement des bateaux pour 250 m³ / h; du terminal maritime d'Oristano et du terminal Higas d'Oristano où un ravitaillement de barges de 1000 m³ est prévu et, enfin, le dépôt côtier de IVI Petrolifera caractérisé par la réalisation d'opérations de soutage en référence à des barges d'une capacité inférieure à 500 m³. En ce sens, la situation du projet des Frères Cosulich SpA et Ottavio Novella SpA est plus articulée, ce qui prévoit plutôt la fourniture de trois types de navires correspondant à des navires de croisière, des navires rouliers et des porte-conteneurs avec des délais estimés en 3 / 5 heures pour les trois.

4.4.9.5. Alimentation, connexions et alimentations du système

Le profil examiné par la suite fait référence à l'alimentation électrique de l'installation, à ses branchements et à ses alimentations, c'est pourquoi, au sein de la base de données rappelée à plusieurs reprises, les informations mises à disposition ont été examinées en référence aux modalités de chargement et de stockage, injection de GNL et livraison de soutage.

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Étude pour un plan d'action conjoint pour le GNL en zone portuaire"

De l'examen des données précitées, il ressort que les terminaux de regazéification actuellement opérationnels ont une capacité de stockage bien supérieure aux dépôts de soutage prévus avec des chiffres allant de 330000 m³ du terminal de Fos Cavaou à 20000 m³ de l'hypothèse du projet du dépôt de Livourne jusqu'à seulement 60 m³ du projet AOC Srl.

4.4.9.6. Accessibilité à l'infrastructure

Le dernier profil extrêmement important notamment aux fins des opérations de chargement, de déchargement et d'avitaillement est le niveau d'accessibilité tant en ce qui concerne les liaisons routières que ferroviaires, c'est pourquoi, comme le soulignent les cas individuels brièvement examinés par les parties précédents de la fiche susmentionnée (et détaillés dans les différents paragraphes du produit T2.1.3), chaque infrastructure a également été évaluée de ce point de vue. En particulier, les informations relatives:

- Distance des centres urbains (du centre-ville);
- Distance des centres urbains (du point frontalier le plus proche de la ville);
- Niveau d'accessibilité pour l'avitaillement avec des véhicules routiers;
- Niveau d'accessibilité du terminal de ravitaillement routier GNL;
- Niveau d'accessibilité ferroviaire;
- Niveau d'accessibilité routière.

Pour certaines des hypothèses de conception, l'emplacement futur n'a pas été indiqué, il n'a donc pas été possible d'évaluer leur potentiel et / ou leur criticité dans ce sens. Plus précisément, ce sont les hypothèses de la phase préliminaire de F.lli Cosulich S.p.A, Ottavio Novella S.p.A, gisement côtier du port de Porto Torres et gisement côtier du port de Toulon. La distance du centre habité dans le cadre des infrastructures déjà en place ou du moins dont la localisation future a été définie, varie dans une fourchette comprise entre 1,1 km dans le cas du terminal privé de A.O.C. et 25 km du terminal flottant de regazéification FSRU Toscana.

En ce qui concerne les niveaux d'accessibilité routière, il est apparu que l'infrastructure la plus critique en ce sens est celle de Panigaglia, pour laquelle le seul lien avec la ville est la route provinciale; tandis qu'au contraire, les hypothèses de Cagliari, Fos-sur-Mer, Fos-Tonkin et Fos-Cavaou ont des liaisons bien définies et extrêmement bonnes avec le réseau routier.

Enfin, en ce qui concerne l'accessibilité ferroviaire, on note la persistance de la criticité rapportée ci-dessus pour Panigaglia également au niveau ferroviaire (elle est à 7,2 km de la gare de La Spezia), ainsi que la situation très positive du terminal privé d'A.O.C. Srl qui est située à seulement 500 mètres du réseau.

4.5. Business cases et bonnes pratiques dans les ports méditerranéens

La BD développée par le partenariat a une couverture géographique des infrastructures examinées dans le cadre de la cartographie qui est bien plus importante que prévu initialement dans le formulaire (sans augmentation des coûts du projet). Ce choix était fonctionnel afin de développer un outil analytique détaillé de suivi du système infrastructurel de soutage et de stockage de GNL dans la zone portuaire maritime en Méditerranée, en tenant également compte des réalités portuaires de la rive sud.

Cela a également permis le développement d'importantes initiatives de réseautage et de collaboration au sein du projet TDI RETE-GNL avec le groupe technique WestMED sur les questions de «transport durable / transport maritime vert» à partir desquelles des opportunités de capitalisation et de diffusion plus poussée de résultats du projet.

En particulier, le dernier chapitre de la version finale du produit T2.1.3 (auquel il convient de se référer pour une vue détaillée) présente et examine une série d'analyses de rentabilité pertinentes concernant :

- Italie (hors zone du programme): les cas des ports de Venise, Ravenne, Gioia Tauro, Rovigo, Naples, Crotona et Augusta sont examinés
- France (Hors Zone Programme): les études de cas relatives aux infrastructures GNL de Dunkerque et Montoir-de-Bretagne sont examinées
- Espagne: des études de cas relatives aux installations de GNL dans les ports de Bilbao sont envisagées; Barcelone Sagunto, Carthagène, Huelva, Mugaros.
- Zone MENA (Moyen-Orient-Afrique du Nord): dans le produit T.2.1.3 pour les raisons indiquées dans le document lui-même et mentionnées dans la fiche récapitulative du produit, les études de cas sont également envisagées au niveau de pays spécifiques ou des ports de référence individuels (Bahreïn, Ain Sokhna, Haïfa, Aqaba, Mina Al Ahmadi, Al-Zour, Liban, El Jadida - port de Jorf Lasfar, Ruwais, Jebel Ali, Fujairah, Al Hamriyah.

Veillez vous référer à la version complète du produit T2.1.3 pour un examen détaillé de toutes les données et informations incluses dans le DB. L'ensemble de données et les activités de recherche menées pourraient valablement être capitalisés à l'avenir pour créer un Observatoire permanent des infrastructures GNL dans la zone portuaire maritime en relation avec la zone du programme mais aussi avec une portée et une portée géographiques plus larges. qui considère l'Italie et la France dans leur ensemble ou l'ensemble de la zone géographique attribuable à la Méditerranée. Ces hypothèses d'exploitation des résultats de la recherche ont en effet trouvé un outil de mise en œuvre possible pour le futur dans le cadre de la Table des Carburants Alternatifs promue par la Région Ligurie et la Chambre de Commerce de Gênes et Côte d'Azur à laquelle le CF (UNIGE-CIELI) participe suite signature officielle du protocole d'application connexe.



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



5. FICHE RÉCAPITULATIVE PRODUIT T2.2.1 "LIGNES DIRECTRICES POUR LA LOCALISATION ET LE DIMENSIONNEMENT DES INSTALLATIONS PORTUAIRES / DÉPÔTS DE GNL "

5.1. Finalités du produit T2.2.1

Le produit T2.2.1 "Lignes directrices pour la localisation et le dimensionnement des installations portuaires / dépôts de GNL", inclus dans le projet TDI RETE-GNL dans le cadre du programme Interreg Italie-France Maritime 2014-2020, vise à définir des lignes directrices fondamentales pour répondre aux problématiques liées à la localisation et au dimensionnement des installations portuaires et des dépôts de GNL, dans les ports de la Zone Cible, à savoir la Ligurie, la Toscane, la Sardaigne, la Corse et la Région PACA, également en tenant compte des spécificités potentiellement liées aux différentes options technologiques disponibles .

Le but du produit, en particulier, est d'identifier un cadre conceptuel fonctionnel pour prendre des décisions de conception d'infrastructure qui sont correctes en ce qui concerne l'emplacement et le dimensionnement des installations d'avitaillement et de stockage de GNL dans l'environnement maritime portuaire.

Le produit T2.2.1 a prévu la participation des partenaires de projet suivants (et des consultants externes associés), conformément au formulaire de projet :

- P1/CF (UNIGE-SKY) : définition du cadre du projet ; attribution des activités pour la réalisation du projet au consultant externe Université de Udine (UNIUD), consultant du chef de file, dans le cadre du contrat pour la réalisation des activités de recherche d'ingénierie technique liées à l'utilisation du GNL dans le secteur maritime et portuaire dans le cadre du projet européen INTERREG ITA-FRA Marittimo 1420 "Technologies et dimensionnement des installations pour le RÉSEAU de distribution primaire de GNL dans les ports de la zone transfrontalière" ; examen et intégration du rapport préparé par le consultant externe ; réalisation de la fiche de synthèse du produit.
- P2 (UNIP1) ; P3 (UNICA) ; P4 (OTC) ; P5 (CCIVAR) : soutien à la FC dans la définition du cadre des travaux ; validation de l'index des produits ; examen et mise au point de la version finale des travaux.

Ceci étant dit, il convient de noter que toutes les sections incluses dans le produit T2.2.1 sont à attribuer au consultant externe du CF de l'Université d'Udine (UNIUD).

5.2. Aspects introductifs

5.2.1. Le cadre réglementaire

Les objectifs fixés par la Communauté européenne, préparés à partir de la directive 2014/94/UE et repropoés dans la stratégie nationale de l'énergie (SEN) qui visent à développer le réseau de distribution et d'utilisation du GNL, visent à garantir que, d'ici la fin de 2025 et 2030 respectivement, un réseau central de points d'approvisionnement en GNL soit disponible pour les navires opérant dans les ports maritimes et les ports intérieurs. La construction de l'ensemble du réseau implique la préparation et le développement de terminaux, de réservoirs et de conteneurs GNL mobiles ainsi que de navires et de barges-citernes, sans oublier la sélection de l'emplacement des points de ravitaillement en GNL dans les ports, sur la base d'une analyse coûts-avantages, y compris une évaluation des avantages environnementaux. Selon la même directive, le GNL pourrait répondre aux obligations de rendre ce carburant de substitution de plus en plus disponible le long des principaux axes européens d'importance internationale, et en particulier le long des réseaux TEN-T, ce qui permettrait de réduire considérablement les émissions de la flotte et d'obtenir des avantages environnementaux substantiels.



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



5.2.2. Considérations techniques sur l'utilisation comme combustible marin

L'utilisation du GNL comme carburant alternatif pour la propulsion marine peut aider à surmonter les produits énergétiques caractérisés par un impact environnemental global plus important, ce qui entraîne des effets positifs non seulement en termes de facilitation de la réalisation des objectifs de réduction de l'impact de la présence de soufre dans les carburants (conformément aux objectifs fixés par la directive européenne 2012/33/UE, mise en œuvre en Italie par le décret législatif n° 112 /2014) mais aussi en termes de diffusion de l'utilisation de carburants alternatifs dans le secteur des transports (conformément à la directive 2014/94/UE, créée dans le cadre du paquet "Énergie propre pour les transports" développé par la CE).

Transporté par mer sous forme liquide (liquéfié à température cryogénique pour le rendre plus léger et moins encombrant) par des méthaniers, le GNL, une fois arrivé à destination, est déchargé dans des installations de stockage qui le remettent sous forme gazeuse afin de le rendre disponible pour la consommation traditionnelle. Cela implique un coût d'installation élevé visant non seulement à assurer la fiabilité des matériaux et des composants, mais aussi à prévenir les problèmes de sécurité (exposition directe, évaporation rapide, inflammabilité). De plus, le stockage cryogénique étant un système actif, l'infiltration thermique générant inévitablement des vapeurs de méthane qu'il faut gérer, il nécessite également une conception minutieuse de l'infrastructure elle-même. En raison des coûts économiques et énergétiques environnementaux des différents systèmes, il est nécessaire de limiter le temps de séjour du GNL dans le stockage et, par conséquent, au moyen d'une analyse précise de la demande réelle, de maximiser l'utilisation du GNL en tenant compte également des utilisateurs accessoires à l'utilisation pure du soutage (par exemple pour l'approvisionnement du transport interne dans le port, la production éventuelle d'électricité également au service des navires amarrés, etc.) En fonction de la taille des utilisateurs à desservir, il est également nécessaire d'identifier le système de soutage le plus approprié, en commençant par le mode Truck To Ship pour les capacités modestes, puis en progressant vers les modes " Ship To Ship " et " Terminal To Ship ".

5.2.3. Criticités liées à l'utilisation du GNL pour la propulsion marine

Parmi les questions critiques éventuelles ou du moins les questions pertinentes liées à l'utilisation du GNL dans l'environnement portuaire maritime et à la définition d'un système d'infrastructure pour le soutage du GNL, beaucoup ont été mises en évidence par les universitaires et les praticiens. Un premier point fondamental de ce point de vue est la question de la vision stratégique globale, qui renvoie à la nécessité de développer une vision aussi complète que possible de la stratégie nationale qui tienne compte de tous les aspects nécessaires au développement harmonisé du secteur. Un deuxième aspect important est la nécessité d'une coordination constante entre tous les acteurs et partenaires du secteur, également afin de mieux utiliser les possibilités de financement des programmes communautaires et des institutions financières. Une autre question liée au déploiement efficace à grande échelle du GNL dans le secteur maritime-portuaire concerne la dynamique de l'offre et de la demande du combustible en question. Un système d'infrastructure adéquat pour le soutage du GNL au niveau des ports et des hinterports doit être mis en place : la possibilité réelle de soutenir la diffusion de cette solution technologique par les armateurs ne peut être séparée de la fourniture d'un système d'infrastructure généralisé et fiable avec des prix d'approvisionnement compatibles avec les conditions du marché.

D'où la nécessité d'évaluer les nouvelles liaisons et routes commerciales qui seront desservies par des navires à propulsion GNL et d'analyser l'ensemble des nœuds portuaires qui s'équipent ou ont l'intention de s'équiper de systèmes de soutage et de stockage de GNL pour répondre à la demande des armateurs.

L'emplacement des installations et donc le choix des ports où construire les infrastructures de soutage du GNL doivent tenir compte de certains éléments, à savoir l'existence de routes commerciales



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



appropriées où les systèmes de propulsion du GNL peuvent être utilisés ; la présence d'autres opérateurs économiques importants dans la chaîne de production technologique de ce combustible de substitution (opérateurs de terminaux et autres consommateurs finaux de GNL) ; la morphologie actuelle et future des zones de la ECA et de la SECA.

Un autre élément important de l'analyse consiste à évaluer la spécificité et les caractéristiques techniques des ports potentiellement intéressés par la construction d'un terminal ou d'une autre solution de soutage et de stockage de GNL, ainsi que l'évaluation des profils liés à son aménagement. Parmi les différents profils, à titre d'exemple uniquement, il est essentiel de considérer les variables portuaires telles que : le nombre de navires à navires, le type et la taille des navires utilisant les services portuaires, la présence d'un trafic mixte, l'existence de limites physiques à l'accessibilité technico-nautique, etc.

Une autre question qui ne peut être clairement omise est celle du prix du combustible en question car, outre la nature capitalistique de l'infrastructure en question et les périodes de remboursement économique et financier extrêmement longues, il est extrêmement volatile, ce qui nécessite une connaissance adéquate des conditions actuelles et futures des prix du GNL et de la marginalité de l'entreprise : ces éléments déterminent la possibilité d'une participation directe du secteur privé ou la nécessité de fournir des formes et des mécanismes de soutien public pour la construction et la gestion de ce type d'infrastructure dans le secteur portuaire.

Les questions liées aux profils technologiques, à la normalisation et à la sécurité des terminaux de stockage et de réapprovisionnement de GNL nécessitent également une évaluation des exigences techniques et technologiques des différents systèmes et composants qui les composent, notamment en ce qui concerne les profils de sécurité tant dans la phase de conception des installations que dans la phase de gestion des opérations (en tenant compte de la configuration technologique de soutage adoptée). Ces derniers profils ont été dûment examinés et également pris en compte dans le cadre du projet TDI RETE-GNL, en particulier dans le cadre de la composante T1 (voir la sortie T1.1.1. pour une analyse détaillée des thématiques en question).

Certains problèmes critiques potentiels peuvent également se poser lors de l'acquisition des autorisations et des permis nécessaires à la construction et/ou à la gestion des usines et des terminaux, par exemple les procédures d'obtention des permis, le respect des exigences en matière d'évaluation et d'appréciation des risques, la gestion de la sécurité, etc. Afin d'impliquer les opérateurs privés dans la construction et la gestion de ce type d'infrastructure, il est nécessaire de garantir la certitude des règles de référence et la présence d'un système régi par les décideurs politiques et le secteur public qui assure, dans le respect total de la loi, la rapidité des procédures bureaucratiques et administratives nécessaires.

5.2.4. Systèmes de soutage et chaînes d'approvisionnement

Parmi les éléments qui peuvent interagir et influencer les choix optimaux liés à l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement en GNL, on trouve :

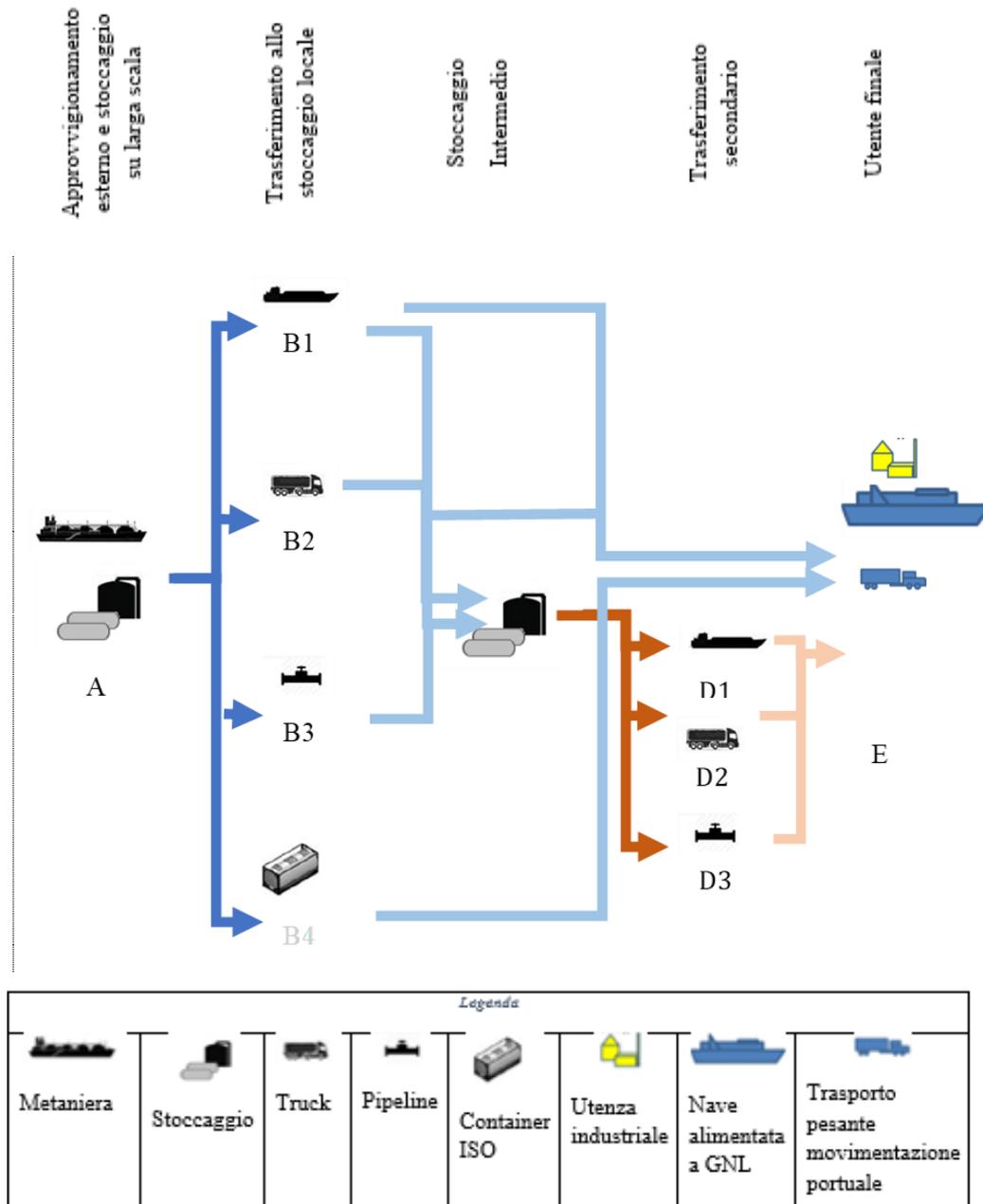
- l'approvisionnement externe, généralement un terminal de regazéification qui reçoit des méthaniers et qui dispose à la fois d'une connexion au réseau de GNC et de la possibilité de transférer le GNL à d'autres transporteurs ;
- le système de transport/transfert à proximité des utilisateurs finaux, généralement des pipelines cryogéniques uniquement pour des transferts locaux (dans un rayon de 250 mètres), ou des camions-citernes (éventuellement des conteneurs ISO), des petits pétroliers, des briquets ou même des barges ;

- tout stockage intermédiaire à proximité de l'utilisateur final, généralement des réservoirs cylindriques sous pression de type C, hébergés en surface, ou, pour les grandes quantités, des réservoirs basse pression de type B ;
- tout transfert secondaire à courte distance vers la station d'avitaillement ;
- le système de soutage proprement dit qui permet de fournir le GNL au navire (utilisateur final) et peut être accompagné de fournitures à d'autres types de services (transport terrestre lourd, utilisateurs industriels, etc.).

Les différentes combinaisons de ces éléments génèrent de multiples configurations au niveau des systèmes et des infrastructures (Figure 31) : en partant de la combinaison minimale d'approvisionnement externe - conteneurs ISO - chargement sur le navire (A-B4-E), qui ne nécessite potentiellement qu'un parc de stockage de conteneurs et une manutention par grue, jusqu'aux STT (A-B2-E), STS (A-B1-E) et STP (A-B1-C-E ou A-B2-C-E) plus typiques, qui sont considérés comme extrêmement flexibles car capables d'approvisionner en toute sécurité de gros utilisateurs.



Figure 31. Chaînes d'approvisionnement de soutage



Source : élaboration UNIUD.

5.3. Composants des installations de GNL et des dépôts portuaires

Compte tenu des différents éléments de la chaîne d'avitaillement, le produit T2.2.1 concentre l'attention sur le dimensionnement de l'infrastructure portuaire en termes d'impact du point de vue de l'espace, du temps, de la gestion et par référence à d'éventuelles questions critiques liée à la coexistence d'autres activités portuaires à proximité du système de soutage / stockage de GNL.

5.3.1. Utilisateurs navals

Étant donné que l'utilisation du GNL comme carburant peut concerner des navires de toutes tailles (Tableau 29), il convient d'accorder une plus grande attention aux navires voyageant sur des routes à horaires fixes et répétitifs, tels que les ferries et les navires réguliers de transport de passagers, les navires Ro-Ro et Ro-Pax et les porte-conteneurs. Par conséquent, l'évaluation concernant le dimensionnement de l'installation portuaire de GNL est également basée sur la taille du réservoir à bord et donc sur l'autonomie du navire utilisateur (propulsé par le GNL), ou plutôt sur le type de navires qui nécessiteront des services de soutage de GNL dans le port qui évalue l'emplacement et le dimensionnement du système de soutage/stockage en question.

Tableau 29. Temps de réapprovisionnement pur (hors phases de démarrage, inertage, etc.)

	Réservoir [m ³]	Portée [m ³ /h]	Durée [h]	Système le plus approprié
Bateaux de service	50	60	¾	TTS
Ro-Ro de petite taille	400	400	1	TTS/STS
Grand Ro-Ro et Ro-Pax	800	400	2	STS
Petit navire de charge	2.000-3.000	1.000	2-3	STS
Grand navire de charge	4.000	1.000	4	STS
Porte-conteneurs	10.000	2.500	4	STS/PTS
Grands pétroliers et porte-conteneurs	20.000	3.000	7	STS/PTS

Source: élaboration UNIUD.

5.3.2. Transfert de GNL : camions-citernes et conteneurs ISO

Du point de vue de l'ingénierie des installations, la configuration technologique du type TTS est notoirement caractérisée par une plus grande simplicité de gestion et une plus grande souplesse opérationnelle, car elle peut être raisonnablement modulée (en termes de capacité et de méthodes d'utilisation). Cette solution a cependant un impact important en termes de problèmes liés à la mise en œuvre éventuelle de SIMOPS (simultaneous operations). Cette option de soutage est toutefois adaptée aux besoins modestes tant en termes de volumes pouvant être traités, de l'ordre de 50-60 m³, qu'en termes de vitesse de chargement, avec des débits de 40-60m³/h. Comme alternative à la configuration TTS, il est possible de mettre en œuvre celle liée à l'utilisation de pétroliers ISO qui, malgré leurs dimensions limitées, et donc leurs volumes restreints (20-45 m³), ont des dimensions standard (20 ou 40 pieds) et sont donc polyvalents et flexibles. Comme pour tous les systèmes de stockage de GNL, il est nécessaire d'évaluer le temps de rétention, c'est-à-dire le temps pendant lequel la surpression générée par l'évaporation du GNL reste dans des limites acceptables pour la structure du conteneur : pour les conteneurs ISO, le temps de rétention est compris entre 50 et 80 jours.

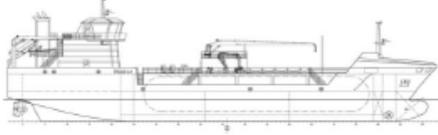
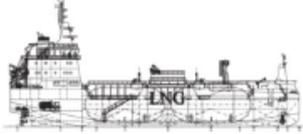
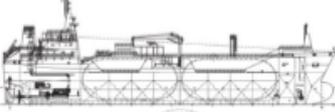
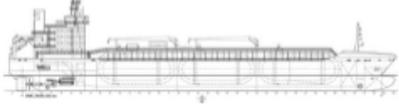
5.3.3. Transfert par navire

Le produit T2.2.1 décrit également les profils pertinents liés aux choix de taille et d'emplacement des installations qui impliquent un soutage en mode STS. Cette dernière configuration, qui prévoit la connexion directe entre le navire fournisseur (navire ou barge) et le navire à propulsion GNL à approvisionner, permet non seulement de traiter de manière efficace et efficiente des volumes plus importants avec des capacités plus élevées, mais aussi de limiter les dimensions d'encombrement à quai, pouvant être concrétisées également en pleine mer, et, par conséquent, de faciliter les SIMOP. La nature capitalistique de la configuration de la technologie de soutage du GNL de type STS découle avant tout des investissements considérables nécessaires à l'achat de véhicules d'approvisionnement en GNL, c'est-à-dire des soutets/sous-sols/barges. En outre, plus la capacité des équipements de soutage du GNL



augmente, plus la taille des équipements et leur coût augmentent. La taille maximale de l'offre est imposée par la taille du navire ou de la barge fournisseur, et cette dernière découle à la fois de l'optimisation économique et des contraintes de manœuvrabilité et de tirant d'eau dans l'espace portuaire. À titre d'exemple, dans la figure ci-dessous (Figure 32), nous présentons les données significatives de certains navires conçus pour des tailles différentes.

Figure 32. Exemples de méthaniers pour les transferts intermédiaires

<p>FKAB L1</p> <p>Lunghezza fuori tutto 67m</p> <p>Capacità GNL 800m³</p> <p>Portata scarica 2x400 m³/h</p> <p>Velocità di servizio 12.5 nodi</p> <p>Potenza installata 1350 kW</p> <p>Pescaggio 3.5m</p>	
<p>WARTSILA WSD59 3K</p> <p>Lunghezza fuori tutto 85m</p> <p>Capacità GNL 3000m³</p> <p>Velocità di servizio 12.0 nodi</p> <p>Potenza installata 3500 kW</p> <p>Pescaggio 4.25m</p>	
<p>WARTSILA WSD59 10K</p> <p>Lunghezza fuori tutto 125m</p> <p>Capacità GNL 10000m³</p> <p>Velocità di servizio 14.0 nodi</p> <p>Potenza installata 4500 kW</p> <p>Pescaggio 6.6m</p>	
<p>FKAB L2</p> <p>Lunghezza fuori tutto 158m</p> <p>Capacità GNL 16500m³</p> <p>Portata scarica 2x400 m³/h</p> <p>Velocità di servizio 15.2 nodi</p> <p>Potenza installata 5200 kW</p> <p>Pescaggio 6.2m</p>	

5.3.4. Stockage au sol

En ce qui concerne la phase de stockage au sol, la capacité des installations individuelles varie selon les différents types de configurations de soutage. Avec l'option Port To Ship, adaptée aux grands projets, caractérisée par une base d'utilisateurs importante et stable dans le temps, une capacité de 20 000 m³ est atteinte avec un débit de 2 000 m³/h. En raison de sa taille, il est plus raisonnable d'envisager l'implantation de cette usine le plus près possible d'un terminal de regazéification, afin de garantir un approvisionnement sûr et économique. Les terminaux de stockage plus petits sont ceux qui utilisent des configurations de type TTS, bien que les capacités correspondantes puissent être mises en œuvre non seulement en découplant la phase d'approvisionnement et de soutage dans le temps, mais aussi en connectant plusieurs réservoirs en série.

5.4. Macro-localisation des installations portuaires et des dépôts de GNL

Le produit T2.2.1. définit également en temps utile les activités de conception technique fonctionnelles à la détermination de la macro-localisation optimale d'une infrastructure de soutage de GNL, qui dépend

également du développement de l'ensemble du réseau logistique concerné. Les profils les plus pertinents à cet égard peuvent être résumés comme suit :

- Vérifier la disponibilité du GNL et la source d'approvisionnement la plus appropriée, et donc la distance jusqu'à la source d'approvisionnement, afin de définir les options de transport les plus appropriées.
- Évaluer les utilisateurs potentiels¹ en termes de caractéristiques prévisibles de la demande et de l'offre (débit, pression, température, contraintes opérationnelles, fréquence d'accostage et de réapprovisionnement, prévisibilité du service, etc.)
- Choisir l'option de soutage et vérifier, avec l'autorité portuaire, les limites imposées par les autres activités présentes².
- Définir la configuration du stockage³ sur la base des interactions avec l'autorité portuaire afin de définir l'espace disponible et les contraintes d'utilisation des zones.

Les contrôles ci-dessus permettent d'évaluer les paramètres suivants (Tableau 30), afin de définir un emplacement possible d'une soule/installation de stockage de GNL dans un environnement portuaire.

Tableau 30. Paramètres liés au marché et paramètres technico-logistiques et de sécurité

Paramètres liés au marché	Paramètres techniques, logistiques et de sécurité
<p>Équilibre entre les approvisionnements et les consommations potentielles, étroitement lié au dimensionnement du système de stockage en fonction des temps de séjour autorisés des réservoirs.</p> <p>La taille du terminal, en tenant compte de la possibilité de créer des installations modulaires ou évolutives, et en identifiant les limites maximales imposées.</p> <p>Fiabilité de l'approvisionnement.</p> <p>Présence de services publics à terre.</p> <p>Évaluation des besoins de soutage non seulement en termes de volumes, mais aussi en termes de fréquence et de délais d'approvisionnement.</p> <p>Caractérisation des exigences par type : le trafic de passagers, en raison de sa régularité, est considéré comme de grande valeur.</p> <p>Disponibilité des réseaux de GNC.</p>	<p>Caractérisation du trafic utilisable en termes de taille, de manœuvrabilité et donc de contraintes pour les quais concernés.</p> <p>Caractérisation des systèmes de stockage (taille, temps de séjour, espaces de sécurité).</p> <p>Évaluation des zones disponibles en fonction des besoins de sécurité (zones de sécurité).</p> <p>Aménagement du port et facilité d'accès aux quais concernés. Les installations de GNL se trouvent généralement en dehors des principales zones portuaires, mais ce n'est pas toujours possible.</p>

5.4.1. Exemples de réseaux de soutage et de réseaux SSLNG

Actuellement, les exemples les plus matures de réseau territorial de GNL sont situés en Europe du Nord, en particulier dans la zone scandinave, le long de la côte norvégienne et de la Baltique. Alors que dans la zone norvégienne, caractérisée par un trafic intense entre les ports et les villes, qui sont petits et

¹ Pour les petits projets, on peut faire référence à des lignes répétitives spécifiques, telles que les ferries et les Ro-Ro à fréquence quotidienne, qui fournissent un utilisateur répétable et fiable. Les structures plus grandes peuvent accueillir des utilisateurs plus importants et exigent donc une plus grande flexibilité.

² La configuration PTS, par sa nature même rigidement liée à un quai spécifique, avec les contraintes associées en termes d'espace, de tirant d'eau et de risque d'interférence avec le reste du trafic portuaire, peut être soutenue par un service STS qui augmente sa flexibilité.

³ Activités d'importance essentielle dans le système PTS, bien qu'elles soient facultatives dans le cas de TTS et STS

relativement isolés, un réseau d'approvisionnement étendu a été mis en place, qui comprend un certain nombre de très petites installations SSLNG (dont certaines sont directement alimentées par des installations offshore à proximité), dans la mer Baltique, contrairement à une zone plus limitée caractérisée par un certain nombre d'utilisateurs plus énergivores, on constate une présence plus importante d'installations plus grandes et une présence plus importante de terminaux d'importation offrant des services auxiliaires.

5.4.2. Possibilités de ravitaillement

Si l'on analyse en détail la zone cible du projet TDI RETE-GNL dans le cadre du programme Interreg Italie-France Maritime 2014-2020, il existe quatre grands terminaux de regazéification : le OLT à Livourne et Panigaglia en Italie, et les deux terminaux de Toulon Fos Tonkin et Fos Cavaou, dont les caractéristiques sont soulignées dans le Tableau 31 Tableau 74.

Tableau 31. Grandes échelles de GNL dans la zone cible et les zones environnantes

Terminal	FOS Tonkin	FOS Cavaou	Livorno OLT	Panigaglia
Storage [m ³]	80.000	330.000	137.000	100.000
Capacité annuelle [Nm ³ /anno]	3*10 ⁹	8,25*10 ⁶	3,75*10 ⁹	3,4*10 ⁶
Capacité max [Nm ³ /h]	620*10 ³	1.160*10 ³	592*10 ³	427*10 ³
Transfer STS [m ³]		15.000		
Transfer STS [m ³ /h]		4.500		
Reloading small [m ³] (previsto)	7.500 (5.000)	15.000 (5.000)	Previsto	In discussione
Reloading small [m ³ /h]	1.000	4.000		

5.4.3. Exemples d'évaluation dans la zone cible

À titre d'exemple, le produit T2.2.1 examiné se réfère à certaines évaluations effectuées dans la zone cible, en particulier dans le port de Gênes, en raison d'utilisateurs potentiels tels que les lignes Ro-Pax vers les îles principales, en raison de leurs caractéristiques de service prévisible, répétitif et fréquent. Dans ce cas, les besoins potentiels en GNL liés aux différents itinéraires dépendraient des caractéristiques des navires concernés et du type de service (qui sont fortement influencés par la vitesse et donc par les choix techniques et économiques des différents armateurs).

En supposant la consommation d'une unité propulsée au GNL assurant un service équivalent à celui d'un navire actuellement utilisé, le calcul suivant³ $\dot{Q} = 0,85 \cdot \frac{P_n}{\eta} \cdot \frac{3,6}{v} \cdot \frac{1}{\rho_{GNL} H_i}$, le réservoir nécessaire pour garantir l'autonomie, c'est-à-dire au moins le produit entre la consommation, à peine déterminée, et la longueur de la section concernée, doit être défini. Avec un besoin, par exemple, de 300 m³ par jour, la technologie de type STS permettrait un ravitaillement complet en une heure, permettant des opérations simultanées de déchargement et d'embarquement. La configuration du STP, dans ce cas,

³ où:

- \dot{Q} est la consommation en [m³/nm]
- 0,85 correspond au % de la puissance moyenne utilisée par rapport à la puissance installée
- P_n est la puissance installée en kW
- η est le rendement de conversion global (en supposant 0,4 pour les propulseurs de plus de 5 MW et 0,35 pour les petits propulseurs)
- v est la vitesse en noeuds
- ρ_{GNL} correspond à la densité de GNL (450kg/m³).
- H_i est la valeur calorifique du GNL (50 MJ/kg)



serait plus rapide mais moins flexible car elle limiterait le service aux utilisateurs à un seul quai et imposerait des compromis inacceptables en termes de SIMOP.

5.4.4. Références réglementaires

En ce qui concerne les références réglementaires régissant les infrastructures portuaires de GNL, le produit T2.2.1 résume les plus couramment utilisées dans le tableau ci-dessous (Tableau 32).

Tableau 32. Liste des normes et standards

Norme - Standard	Port	Interface de soutage	Navire ravitaillée	Formation	Risk assessment
IGF code: International code of safety for ships using Gases or other low-flashpoint fuels constructions & bunkering of LNG Fuelled vessels			X		
IGC code: International code for the construction and equipment of ships carrying liquefied Gases in bulk construction of LNG Carrier vessels.	Bunker ship				
SEVESO III Directive 2012/18/EU: On the control of major-accident hazards involving dangerous substances.	Terminal Tank	X			X
ADR 2017: European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road.	Truck-Vehicle			X	
ADN 2017: European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Inland Waterways.	Bunker ship			X	
ISO 18683: Guidelines for systems and installations for supply of LNG as fuel to ships.		X		X	X
ISO 16901: Guidance on performing risk assessment in the design of onshore LNG installations including the ship/shore interface.		X			X
ISO 20519: Ships and marine technology - Specification for bunkering of liquefied natural gas fuelled vessels.	Terminal Bunker ship	X		X	X
ISO 28460: Petroleum and natural gas industries - Installation and equipment for LNG -- Ship-to-shore interface and port operations.	Bunker ship	X		X	
EN 1473: Installations and equipment for liquefied natural gas (LNG) – Design of ground installations.	Tank				X
EN 13645: Installations and equipment for liquefied natural gas - Design of onshore installations with a storage capacity between 5T and 200T.	Tank				
EN 1474-2: Installations and equipment for liquefied natural gas - Design and testing of marine transfer equipment - Part 2: Design and testing of transfer hoses.		X			
EN 1474-3: Installations and equipment for liquefied natural gas - Design and testing of maritime transfer equipment - Part 3: Offshore transfer systems.		X			
NFPA 59^o: Standard for the production, storage, and handling of liquefied natural gas (LNG).	Terminal Tank Truck-Vehicle			X	



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



5.4.5. *Processus d'autorisation*

Dans le cadre du processus d'autorisation pour la définition d'un projet de soutage de GNL, les phases essentielles qui nécessitent une autorisation concernent l'évaluation des incidences sur l'environnement, les permis de stockage et de traitement des matières dangereuses et les permis de construire. En fait, le processus global comprend une série de phases, à commencer par la phase préliminaire d'identification du contenu nécessaire pour satisfaire les demandes du processus d'autorisation, la phase de préparation des documents à soumettre à l'autorité compétente, la vérification du caractère complet de la demande à soumettre, le processus formel de consultation publique impliquant le proposant, les autorités concernées et les principales parties prenantes, jusqu'à la phase de décision et, si nécessaire, la phase d'appel éventuel et de recours des parties prenantes (après l'octroi de l'autorisation).

5.5. **Micro-localisation des installations de GNL**

Suite à une proposition spécifique concernant la micro-localisation d'une installation de soutage et de stockage de GNL dans un port, l'approbation correspondante implique diverses parties ayant des responsabilités diverses. Parmi celles-ci, un rôle fondamental est joué par l'autorité portuaire locale (AdSP ou Autorité portuaire selon les pays) et les capitaineries. La délivrance des autorisations pertinentes par les parties responsables de la micro-localisation devra avoir lieu après l'examen et l'évaluation de multiples facteurs et contraintes, y compris, par exemple, mais pas exclusivement:

- le type de navire qui sera vraisemblablement desservi par l'installation,
- le choix du système de soutage (TTS, STS, TPS, Mobile Fuel Tanks),
- la possibilité d'opérations simultanées avec du soutage et d'autres activités potentiellement risquées à proximité,
- la profondeur disponible au quai,
- la possibilité d'un double ancrage,
- la sécurité nautique,
- la fréquence et le type de trafic des navires,
- l'espace requis pour le passage des navires, en tenant compte des zones de sécurité et des zones d'exclusion des navires nécessaires à la sécurité des opérations,
- les impacts possibles des changements de niveau des marées,
- dans le cas du ravitaillement en carburant de TTS, la charge maximale acceptable pour le quai,
- la distance minimale par rapport aux zones résidentielles,
- l'impact sur les autres activités portuaires, tant en mer qu'à terre,
- les synergies possibles avec d'autres utilisateurs, en plus du soutage,
- les contraintes des distances de sécurité par rapport aux autres types d'activités dans la zone portuaire,
- les questions de sécurité et les restrictions d'accès au public.

5.6. **Le dimensionnement des installations de GNL et des installations de stockage dans l'environnement maritime et portuaire**

Le dimensionnement et le choix des composants réels de l'infrastructure portuaire sont liés à la taille de l'installation et aux volumes de GNL attendus. L'architecture typique, étant donné la présence de nombreux grands ports, est celle d'une installation de taille importante, avec un approvisionnement par de petits méthaniers (moins de 10 000 m³), un dépôt local, généralement (mais pas nécessairement) avec des réservoirs sous pression en surface, un service interne dans le port STS avec de petites barges ou chalands. En outre, un service TTS peut être envisagé pour un trafic plus limité ou pour fournir des utilisateurs secondaires (systèmes de transport et de manutention portuaire).



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

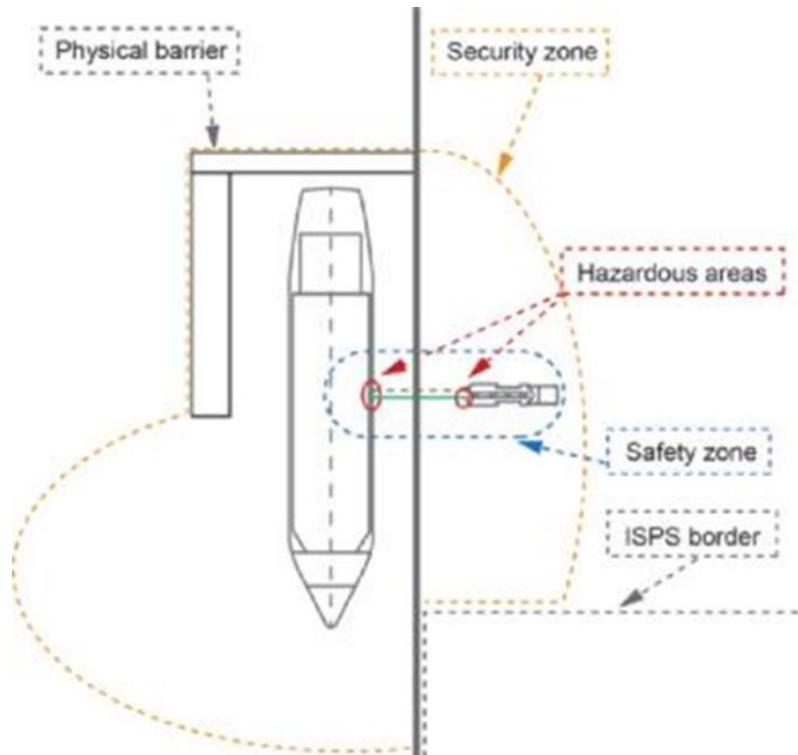


Pour déterminer une estimation des ordres de grandeur des volumes de GNL concernés, il est fait référence aux caractéristiques, en termes de taille et de réservoir et d'autonomie, de certains navires sur le marché. Afin de déterminer les volumes de GNL consommés par les utilisateurs secondaires, la consommation de gazole dans le port de Gênes a été prise comme référence. En considérant, pour l'année 2016, un besoin énergétique lié à l'utilisation du gazole de 137,97 GWh, il est possible d'estimer le besoin équivalent en GNL en termes énergétiques. En supposant un pouvoir calorifique inférieur pour le gazole de 11,86 kWh/kg et une densité de 0,85 kg/l et en utilisant un pouvoir calorifique inférieur pour le GNL de 14,45 kWh/kg et une densité de parité de 0,45 kg/l, il est possible d'estimer une consommation équivalente de GNL d'environ 21 000 m³ par an).

Dans le cadre des procédures et systèmes de sécurité des zones d'approvisionnement en GNL et des zones environnantes, le produit T2.2.1 prend également en compte le problème des distances de sécurité et des zones qui doivent être créées à proximité des opérations de soutage. En effet, des zones de sécurité (zones de sûreté) et des zones de précaution (zones de sécurité) doivent être mises en place afin de prévenir la survenance d'événements accidentels ou de contenir leurs effets néfastes sur les personnes et les installations, notamment pour éviter la propagation de fuites de gaz dues à des dommages aux équipements et pour éviter leur déclenchement. Afin d'identifier les limites, les méthodes de protection et de renforcement, les procédures, le personnel autorisé à y pénétrer, les dispositifs de protection personnelle et d'autres informations relatives aux deux zones, il est nécessaire d'utiliser les méthodes indiquées dans les manuels appropriés, qui sont ponctuellement indiqués dans la version complète du produit T.2.2.1.

Le dimensionnement des zones de sécurité doit être évalué au cas par cas, en fonction des conditions climatiques locales, et notamment des conditions de vent. La Figure 33 montre un exemple de zones de sécurité liées aux opérations de soutage de la centrale au sol.

Figure 33. Safety e security zone: exemple d'une solution de soutage de TPS



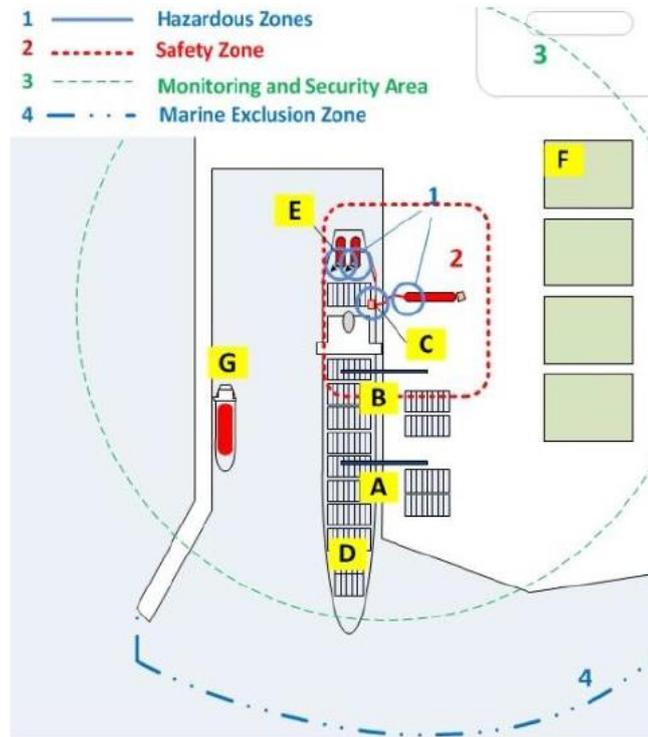
Source: Stavros, 2016

L'élément de force dans la gestion d'une ligne maritime consiste également en une courte période d'escale dans le port ; c'est donc une variable qui doit être observée en permanence afin d'améliorer le service offert. En fait, la période d'escale dans le port peut être réduite, par exemple, par des opérations de soutage en même temps que d'autres activités telles que l'embarquement/débarquement, etc. (SIMOPs). Pour cette raison, l'approvisionnement en carburant par bateau serait préférable, car il utilise presque exclusivement le côté opposé du quai et combine donc la localisation des zones à risque ou à protéger dans cette zone. En ce qui concerne le ravitaillement en GNL par la technologie "ship-to-ship", le port de La Spezia sera bientôt lui aussi touché par ce mode de soutage. En effet, comme le rapporte un article du Corriere Marittimo du 19/10/2020, le navire de croisière Costa Smeralda sera le protagoniste de la première opération de soutage en Italie dans le port de La Spezia. Il sera notamment effectué dans la semaine du 26 octobre au 1er novembre et impliquera l'utilisation d'une barge de soutage pour effectuer les opérations de soutage.

La Figure 34 montre un schéma des différentes opérations simultanées potentiellement intéressantes : A indique la manutention de la charge par grue en même temps que le soutage ; (activité normalement possible dans la zone de sécurité) ; le cas B identifie la même situation mais en dehors de la zone de sécurité (il est conseillé de procéder à une analyse des risques et d'utiliser des mesures de protection) ; les activités C et D sont à éviter (sauf pour l'analyse minutieuse pour C) car elles se réfèrent à des opérations de maintenance corrective dans la zone d'interface de soutage (C) et à l'intérieur du navire (D) ; Le cas E indique les opérations à bord dans la zone de risque d'accident (activités à éviter, à moins d'être soigneusement analysées) ; le cas F indique les activités dans la zone de surveillance la plus éloignée (activités à surveiller) ; le cas G indique les activités dans la zone de contrôle mais en dehors du processus de ravitaillement en carburant impliquant des marchandises dangereuses (activités à surveiller).



Figure 34. Les SIMOP et les restrictions d'accès dans le cas des transporteurs de conteneurs



Le produit T2.2.1 "Lignes directrices pour la localisation et le dimensionnement des installations portuaires/points de déchargement de GNL", inclus dans le projet TDIRETE-GNL dans le cadre du programme maritime Interreg Italie-France 2014-2020, vise à définir quelques lignes directrices de base relatives aux questions concernant la localisation et le dimensionnement des installations portuaires/points de déchargement de GNL. Cet objet est fondamental, notamment parce que chaque zone ou domaine potentiel dans lequel réaliser les différentes options technologiques présente des spécificités bien définies. De cette manière, il a été possible d'identifier un cadre conceptuel permettant de prendre des décisions correctes en matière de conception des infrastructures concernant l'emplacement et le dimensionnement des installations de soutage et de stockage de GNL dans l'environnement portuaire maritime. Sans les lignes directrices contenues dans ce produit T2.2.1, des situations parfois dangereuses se produiraient en rapport avec les activités de soutage dans les ports selon les différentes configurations de la technologie de soutage.

6. FICHE RÉCAPITULATIVE PRODUIT T2.2.2 "BONNES PRATIQUES POUR LA PLANIFICATION DE LA DISPOSITION ET L'ORGANISATION DES PROCESSUS"

6.1. Finalités du produit T2.2.2

Le produit T2.2.2 "Bonnes pratiques pour la planification de l'agencement et de l'organisation des processus" prévoit la création d'un rapport de synthèse relatif aux meilleures pratiques liées à la planification de la disposition et à l'organisation des processus liés à la gestion des installations de stockage et le soutage de GNL dans le contexte maritime-portuaire, compte tenu des spécificités qui caractérisent les ports de la Zone Cible (Ligurie, Toscane, Sardaigne, Corse et Région PACA). De ce point de vue, une attention particulière a été portée aux profils liés aux aspects de projet, d'autorisation et de construction, à la définition de l'agencement et à l'organisation et la gestion des processus.

Pour la réalisation du produit, le chef du projet (UNIGE-CIELI) a préparé un cadre conceptuel visant à la création de fiches techniques homogènes visant à cartographier des études de cas et des expériences réussies en rapport avec les objectifs du projet TDI RETE-GNL. Le format de la fiche technique susmentionnée, qui a été partagée et affinée par l'ensemble du partenariat (III Comité de pilotage et adresse du projet TDI RETE-GNL; Cagliari, 31.08.2019) fournit en détail diverses sections et sous-sections, telles que mieux décrit ci-dessous. Ce format a ensuite été élaboré par les différents partenaires en fonction de la zone géographique de référence des études de cas étudiées.

Le format et la structure de la fiche technique en question permettent d'examiner de manière homogène les modalités d'approvisionnement en GNL, le réseau de distribution, les choix de dimensionnement et de micro-implantation des usines concernées, compte tenu également des contraintes environnementales associées, examen de la documentation officielle disponible.

La fiche technique utilisée pour examiner les bonnes pratiques susmentionnées prévoit différentes sections fonctionnelles à la collecte de données et d'informations de diverses natures. En plus des informations concernant la zone géographique d'intérêt, l'auteur de la carte et le cas portuaire / commercial analysé, le format choisi comprend une série de questions visant à enquêter:

- ✓ la description du système;
- ✓ les aspects de planification, d'autorisation et de construction;
- ✓ localisation;
- ✓ les méthodes d'approvisionnement en GNL;
- ✓ services publics et distribution;
- ✓ le dimensionnement du système et l'existence de tout indicateur clé de performance;
- ✓ mises en page et processus;
- ✓ les procédures relatives à la sûreté et à la sécurité;
- ✓ contraintes environnementales.

Dans le détail, les contributions préparées par les partenaires sont les suivantes:

- Business cases relatifs au port de Gênes (Bassin du Port de Sampierdarena - Quai Minéral de Calata Oli) et au port de Vado Ligure (Stockage en haut de la plateforme) créés par CF UNIGE-CIELI; ces contributions ont analysé certaines des principales hypothèses de localisation pour la préparation des installations de stockage et de soutage de GNL par rapport aux ports de l'AdSP de la mer Ligure occidentale;

- Business case pour le port de Livourne créé par le partenaire P2 DESTEC-UNUPI; cette contribution a permis d'étudier avec un intérêt particulier les aspects de type autorisation concernant les conditions de l'installation;

- Business cases relatifs au port de Cagliari (Projet de Terminal GNL ISGAS dans le Port de Cagliari) et au port d'Oristano (Usine de Stockage, Regazéification et Distribution de GNL proposé par IVI Petrolifera dans le Port d'Oristano - Santa Giusta) construit par le Partenaire P3 UNICA -CIREM; ces contributions ont mis en évidence de manière très détaillée la configuration, l'exploitation et la procédure d'autorisation des deux systèmes décrits.

- Business case relatif au port de Toulon réalisé par le consultant externe Voir UP Partner P5 CCI du VAR; le consultant externe a produit le rapport relatif au terminal GNL des OP du Tonkin géré par Elengy. Le rapport dans sa version intégrale est joint au rapport en tant qu '«ANNEXE I».

Afin de donner un aperçu du produit, ou des principales bonnes pratiques liées à la planification de la disposition et de l'organisation des processus dans les ports de la zone d'objectif du projet, les fiches techniques susmentionnées sont intégralement rapportées ci-dessous.

6.2. Business cases - port de Gênes.

Zone d'intérêt: Ligurie.

Auteur: UNIGE-CIELI.

Port/Business case: Gênes - Bassin du port de Sampierdarena – quai Calata Oli Minerali.

Photo ou rendering des zones de soutage et de stockage de GNL
(bassin portuaire de Gênes-Sampierdarena-quai Calata Oli Minaral)



Layout Genova - Bassin du port de Sampierdarena - quai Calata Oli Minerali



TDI RETE-GNL



6.2.1. Introduction.

L'étude d'ingénierie analyse l'éventuelle construction d'un dépôt de GNL permettant d'offrir des services de soutage de GNL aux navires et aux poids lourds (camions). L'installation en question prévoit donc, outre la construction de la station de ravitaillement des méthaniers, également la construction d'une station pour les opérations de chargement «camions», comprenant un parking pour les pétroliers qui seront alimentés en soutes depuis le dépôt même. Ce projet aurait lieu à Calata Oli Minerali. La fourniture de GNL pour ce qui concerne le bord de mer, selon l'hypothèse de projet, ne serait autorisée qu'aux navires de certaines dimensions pour assurer les manœuvres nécessaires pour effectuer les opérations d'accostage et de soutage dans des conditions sûres. L'étude proposée utilise un navire présentant les caractéristiques suivantes comme unité de référence:

Capacità	6.600 m ³
Serbatoi	2 pcs di tipo "C" di uguale capacità
Temperatura di trasporto	minimo -163 °C
Lunghezza f.t.	106,0 m circa
Larghezza f.t	18,6 m circa
Altezza costruzione	11,7 m circa
Pescaggio max estivo	5,6 m circa
Velocità (85% MCR – 15% sea margin)	13,5 nodi
Rata di discarica – bunkeraggio	500 m ³ /h
Rata di discarica - deposito costiero	1000 m ³ /h
Rata di caricaione con vapori di ritorno	2000 m ³ /h
Numero di approdi mensili previsti a regime (ipotizzando circa 120.00 tons. annue)	3,5
Permanenza in banchina	min. 10 ore – max. 16 ore

6.2.2. Description du système.

L'hypothèse de projet, dans le scénario final de mise en œuvre de l'usine, la construction de 4 réservoirs de stockage de GNL, afin d'assurer une capacité totale de stockage de 20 000 m³. De plus, la construction d'une aire de ravitaillement et de stationnement est prévue pour les pétroliers qui seront ravitaillés en GNL. En plus de ces systèmes, il y a aussi la construction d'une salle de contrôle pour les opérations de soutage de GNL, qui permet de surveiller les services qui sont offerts tant côté mer que côté terre.

6.2.3. Aspects du projet, d'autorisation et de construction.

L'hypothèse de projet est actuellement en phase préliminaire. Du point de vue de la construction, des problèmes critiques se posent: le quai technique a actuellement des limites d'utilisation. Ces limitations sont dues aux manœuvres navales de croisières et de porte-conteneurs qui ont lieu dans cette zone, qui impliquent la nécessité de libérer les amarres des quais face à l'Avamporto, y compris celui de Calata Oli Minerali. Le même problème de construction se pose pour l'approche vers le Nord, utilisée par les navires qui grimpent au terminal.

S.A.A.R. Le navire amarré dans cette approche réduirait la largeur de passage utile entre le quai et la jetée. O.A.R.N. La construction de cette usine permettrait aux unités navales de GNL d'accoster à l'extérieur. L'intérieur ne serait utilisé que pour le ravitaillement des petits navires. Côté terre, la construction du dépôt de GNL augmenterait le flux de camions à l'intérieur du port, entraînant une congestion aux portes du port. En effet, la présence de méthaniers interférerait avec la présence de



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



pétroliers alimentés par des carburants traditionnels. En outre, le trafic terrestre serait concentré sur le péage de Genova Ouest et sur le carrefour de San Benigno. Pour la réalisation du projet en question, il est nécessaire d'évaluer l'éventuelle restauration de la piste située dans la zone où se trouve le Rugna Park, une zone actuellement utilisée comme point de chargement pour le vrac liquide.

6.2.4. Emplacement.

D'un point de vue géographique, le gisement de GNL serait situé dans la zone de Calata Oli Minerali, aux coordonnées suivantes: Latitude 44 ° 24'02.5 "N et Longitude 8 ° 54'58.9" E. Selon l'hypothèse planification, un espace dédié au stationnement des camions-citernes en attente est prévu, qui serait situé à l'ouest de l'usine, c'est-à-dire derrière. La présence du gisement de GNL serait replacée dans un contexte délicat au regard de l'aspect du mélange des différents types de carburants qui nécessiterait quelques précautions quant à la refonte du plan de l'usine en général. En outre, la présence future probable d'un terminal à conteneurs dans la zone de Calata Bettolo nécessite l'évaluation de toute interférence en ce qui concerne la manutention et le stockage des conteneurs de marchandises dangereuses.

6.2.5. Procédures de fourniture pour le bunker.

Il n'y a pas d'informations sur le projet concernant la façon de fournir le bunker au dépôt de GNL.

6.2.6. Utilitaires et distribution.

Le document de référence rend compte des estimations et considérations faites par Assocostieri et Confitarma selon lesquelles les principaux utilisateurs de GNL, utilisé comme source alternative de propulsion, seraient, au moins dans un premier temps, les compagnies maritimes qui assurent des services passagers réguliers. Le port de Gênes est l'un des principaux ports au niveau national en ce qui concerne le secteur du Ro-Pax et des croisières, il est donc raisonnable de penser que l'introduction d'une usine capable de fournir des navires GNL au sein du port pourrait bénéficier d'une zone de chalandise importante.

On estime qu'après une phase initiale de conversion et d'ajustement de la consommation de GNL d'une décennie, la demande maximale dans le port de Gênes devrait se stabiliser autour de 1 600 000 m³. Confitarma identifie le rôle du port génois en tant que hub GNL dans un hypothétique réseau de distribution entre les ports liguriens de Savone, Gênes et La Spezia. Les auteurs du document de référence soulignent également l'importance de l'utilisation du GNL, non seulement au service du secteur maritime, mais aussi en ce qui concerne les installations portuaires et les poids lourds terrestres.

6.2.7. Dimensionnement et indicateurs de performance clés (KPI).

La construction des 4 réservoirs de GNL à Calata Oli Minerali prévoit l'occupation d'une superficie d'environ 30 000 m² dans les zones déjà utilisées pour les opérations de soutage. La capacité globale des réservoirs atteint 20 000 m³. Le service d'avitaillement des navires supposé dans le document varie en fonction de l'unité de réception. Les méthaniers d'une capacité de réservoir comprise entre 5 000 et 7 000 m³ ne pourront s'approcher qu'en dehors du quai en raison de contraintes dimensionnelles et d'accessibilité nautique. D'autres navires, par contre, ont tendance à être utilisés pour l'avitaillement (barges) et avec une capacité réduite de 250 m³, pourront s'approcher de l'installation plus près de l'installation, accédant au bassin d'eau négligé par l'installation elle-même. La fourniture de services d'avitaillement en GNL sera réalisée dans le respect des contraintes dimensionnelles suivantes:

- Dimensions des réservoirs méthaniers de 5 000 à 7 000 m³.
- Capacité des navires de soutage de GNL 250 m³.

**Interreg****MARITTIMO-IT FR-MARITIME**Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Pour Calata Olii Minerali, il a été jugé approprié pour l'hypothèse du soutage vers un navire de référence ayant les caractéristiques suivantes:

Capacità	6.600 m ³
Serbatoi	2 pcs di tipo "C" di uguale capacità
Temperatura di trasporto	minimo -163 °C
Lunghezza f.t.	106,0 m circa
Larghezza f.t	18,6 m circa
Altezza costruzione	11,7 m circa
Pescaggio max estivo	5,6 m circa
Velocità (85% MCR – 15% sea margin)	13,5 nodi
Rata di scarica – bunkeraggio	500 m ³ /h
Rata di scarica - deposito costiero	1000 m ³ /h
Rata di caricazione con vapori di ritorno	2000 m ³ /h
Numero di approdi mensili previsti a regime (ipotizzando circa 120.00 tons. annue)	3,5
Permanenza in banchina	min. 10 ore – max. 16 ore

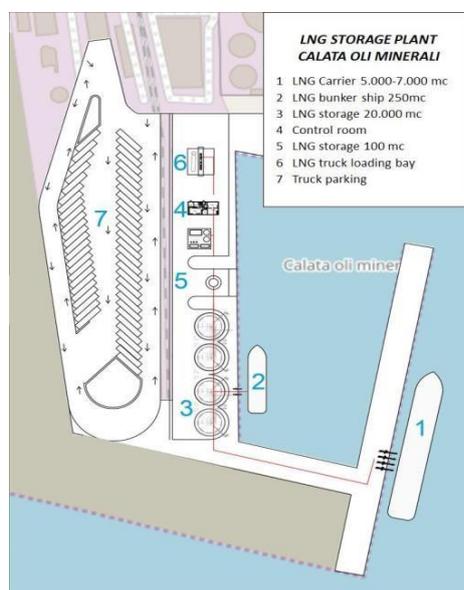
6.2.8. *Layout et processus.*

La disposition de projet supposée dans le scénario final du processus de mise en œuvre du système fournit:

- côté mer, deux postes d'amarrage dont un à l'intérieur du bassin de Calata Oli Minerali et un à l'extérieur pour les navires qui ne peuvent accéder au premier en raison de contraintes dimensionnelles,
- côté terre, quatre réservoirs d'une capacité totale de 20 000 m³ et un réservoir supplémentaire d'une capacité de 100 m³; Il y a aussi une salle de contrôle pour surveiller les opérations, une zone de chargement / déchargement de GNL pour les pétroliers et une aire de stationnement pour les véhicules terrestres derrière le dépôt.

Cependant, afin de garantir que les opérations d'avitaillement se déroulent dans des conditions sûres, le schéma de projet devra être révisé au cours de l'évaluation des risques, car la conformation actuelle pourrait comporter des risques dus à la manipulation des différents carburants fusionnés en un seul pôle, ce qui rend plus difficile l'obtention de l'autorisation pour l'exploitation efficace de l'installation.

LNG storage plant-Calata Oli Minerali



6.2.9. Procédures de sûreté et de sécurité.

Il n'y a aucune information sur le projet concernant les procédures de sûreté et de sécurité.

6.2.10. Contraintes environnementales.

La mise en œuvre de l'hypothèse de projet de référence pourrait entraîner des problèmes d'un point de vue environnemental, car cette zone serait utilisée pour la manipulation de différents types de carburant. Malgré l'inquiétude susmentionnée, il convient de noter que ce danger a été discuté dans l'évaluation des risques, aboutissant à la conclusion qu'une refonte du plan de projet est nécessaire, afin d'atteindre les distances minimales pour la réalisation des opérations de soutage de GNL conditions de sécurité maximale.

6.3. Business cases port de Savona-Vado Ligure.

Zone d'intérêt: Ligurie.

Auteur: UNIGE-CIELI.

Port/Business case: Savona-Vado Ligure - Dépôt en tête de plateforme.

Photo ou Rendering des zones de soutage et de stockage de GNL (Vado Ligure – Dépôt en tête de plateforme)



TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Étude pour un plan d'action conjoint pour le GNL en zone portuaire"



Vado Gateway - utilisation prévue actuelle



6.3.1. Introduction.

L'hypothèse préliminaire, présentée dans le rapport «Small Scale LNG Deposit - Preliminary Hypotheses» (2018), édité par A. Vienna et proposée par Eni Spa, Autogas Group, Fratelli Cosulich Spa et Ottavio Novella Spa, prévoit la construction d'un gisement de GNL à la tête de la plate-forme du Port de Vado Ligure (SV) spécialisée dans le secteur fruitier dont elle représente le plus important port de débarquement de la Méditerranée. Le projet consiste en la construction d'un dépôt composé de 2 réservoirs de 200 m³ et 10 de 1.000 m³ auxquels s'ajoutent 2 pontons d'une capacité de 5 000 m³ chacun. La superficie totale utilisée pour la construction du gisement au sol est d'environ 1,65 hectare compte tenu de l'utilisation d'une bande aussi longue que toute la tête du quai de 30 mètres de large joint à la bande adjacente de 25 mètres.

6.3.2. Description du système.

L'hypothèse de conception du stockage en haut de la plate-forme prend la forme d'un stockage au sol constitué de 2 cuves flanquées de 2 pontons. Le méthanier et le demi-bunker sont amarrés dans la même plateforme et les pontons sont situés dans une structure représentée sous la forme d'une jetée ou d'un brise-lames ayant une fonction de protection. Les espaces aquatiques sont alors en outre occupés sur une longueur dictée par la tête de plateforme en question et une largeur donnée par la distance du quai. Pour la réalisation du gisement, un développement en 3 phases est prévu comme suit:

1. Phase initiale (400 m³): 2 réservoirs de 200 m³;
2. Phases intermédiaires (environ 10 000 m³): + 1 / + 2 pontons de 5 000 m³ chacun;
3. Phase à pleine capacité (environ 20 000 m³): + 10 réservoirs au sol de 1 000 m³

6.3.3. Aspects de projet, d'autorisation et de construction.

L'hypothèse préliminaire a été proposée dans le rapport "Small Scale LNG Deposit" (2018) édité par A. Vienna d'Eni Spa, Autogas Group, Fratelli Cosulich Spa et Ottavio Novella Spa.

6.3.4. Emplacement.

L'hypothèse actuelle de localisation de l'installation GNL est envisagée en tête de plateforme dans le port de Vado Ligure, une zone actuellement dédiée à l'activité conteneurs via le nouveau terminal hauturier Vado Gateway, géré par la société AMP Terminals Vado Ligure Spa, qui représente aujourd'hui l'un des terminaux les plus avancés technologiquement de la Méditerranée. Les coordonnées GPS de la zone, fournies par Google Earth sont: Latitude 44 ° 16'12 "N et Longitude 8 ° 27'02" E.

6.3.5. Procédures de fourniture pour le bunker.

La méthode d'acquisition du bunker pour l'hypothèse préliminaire considérée est représentée par l'utilisation d'un méthanier ou d'un navire de soutage spécifique mandaté par la société norvégienne Stolt-Nielsen Gas. La conception des deux navires en cours de construction a été réalisée par la société Marine Engineering Services (MES) basée en Italie, à Trieste et la construction des citernes de gaz par la société Gas & Heat, à Pise. Le chantier naval Keppel à Nantong en Chine a été choisi pour la construction de deux navires avec les caractéristiques dimensionnelles suivantes:

- Length O.A.: abt.118.40 m
- Length B.P.: abt. 111.70 m
- Breadth MLD: abt. 18.60 m
- Depth: abt. 9.20 m
- Design draft: abt. 5.50 m
- Volume Cargo Tanks: abt. 7500 cbm
- Cargo tanks: 2
- Service Speed: abt. 13.5 knots
- Power: abt. 3000 kW
- Crew: 18

Le méthanier sera amarré à la même plate-forme qui s'étend sur environ 35 à 40 m de la tête du quai.

6.3.6. Utilitaires et distribution.

Les utilisateurs potentiels de l'installation GNL du port de Vado Ligure concernent notamment le secteur des ferries qui est l'une des principales activités du bassin à travers l'offre de liaisons régulières vers la Corse.

6.3.7. Dimensionnement et indicateurs de performance clés (KPI).

Le stockage au sol se compose de 2 cuves de 200 m³ et de 10 cuves de 1 000 m³, auxquelles s'ajoutent 2 pontons d'une capacité de 5 000 m³ chacun. En ce qui concerne la longueur, on parle respectivement d'environ 23 m et 48,5 m, tandis que le diamètre attendu est de 3,8 m et 5,8 m. Une alternative possible a également été envisagée consistant en 8 cuves de 1 225 m³ divisées chacune en deux rangées, pour favoriser l'occupation d'une surface similaire mais avec une plus grande extension, de manière à ne pas permettre l'optimisation de la zone. Les cuves sont toutes de type C à double paroi en acier inoxydable, et chaque bloc de 5 occupe une surface nette d'environ 45 mx 50 m à laquelle il faut ajouter l'espace pour les collecteurs et les différents équipements qui gèrent le boil-off. Les pontons mesurent environ 25-30 mx 60 m, avec un tirant d'eau de 5-6 m. Le gisement projeté, d'une taille de 10,00 m³, repose sur toute la tête de quai d'une largeur de 30 m et sur une bande adjacente de 25 m, occupant une superficie totale de 120 x 50 m.

6.3.8. Layout et processus.

L'hypothèse de projet prévoit un gisement de 10 000 m³. Ce dépôt se compose de 12 réservoirs plus deux pontons et est situé sur toute la tête de quai d'une largeur de 30 m et sur une bande adjacente de 25 m, occupant une superficie totale de 120 x 50 m.

6.3.9. Procédures de sûreté et de sécurité.

En ce qui concerne les procédures de sûreté et de sécurité, toutes les mesures relatives à la criticité du système doivent être prises en compte. En particulier, il est nécessaire d'évaluer la capacité des lignes de GNL entre l'amarrage et les réservoirs pour rendre acceptables les distances entre les points critiques, avec une plus grande sécurité donnée par d'éventuels murs de protection en béton.

6.3.10. Contraintes environnementales.

Il faut prendre en compte les rejets accidentels de nuages gazeux qui pourraient engendrer des critiques environnementales tant pour la plateforme logistique que pour le bassin d'accès au port, étant entendu que les zones habitées sont particulièrement éloignées.

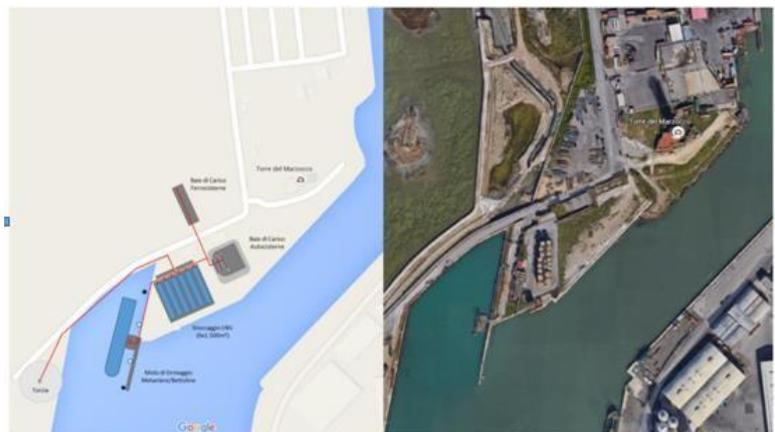
6.4. Business cases - port de Livourne.

Zone d'intérêt: Toscane.

Autore: Università di Pisa – DESTEC.

Port/Business case: Port de Livourne.

Photo ou Rendering des zones de soutage et de stockage de GNL (port de Livourne)



6.4.1. Introduction.

Le projet, dont le coût est estimé à environ 45 M €, est cofinancé pour environ 7,8 M € par la Commission européenne, dans le cadre du programme européen "GAINN4SEA - GAINN far South Europe Maritime LNG roll-out (TEN tec number: 2017_IT_TM_0066_W)" visant le développement du GNL en Europe ainsi que le financement des investissements dans les infrastructures et les véhicules liés au GNL. Pour cette contribution, la société LLT a signé une convention de subvention avec l'INEA (Agence exécutive pour l'innovation et le réseau - Agence gouvernementale de la Commission européenne) sur la base de laquelle, en utilisant les garanties émises par les membres fondateurs de LLT, un opérateur bancaire / assurance de premier plan en 2019 un emprunt d'un montant égal à la contribution européenne (7,8 M €) a été reconnu avec tirage différé.

6.4.2. Description du système.

L'activité principale de Livorno LNG Terminal S.p.A. (ci-après LLT) sera donc le stockage de gaz naturel cryogénique (code ATECO 43.22.02) avec une quantité maximale de 2000 tonnes égale à 4500 m³ de GNL. L'ingénierie a été développée par la société Chart Ferox (CZ) qui conçoit et fabrique plus de 1000 réservoirs cryogéniques par an depuis 1970 et est active dans le secteur spécifique du stockage de GNL depuis 1999 avec de nombreux projets similaires.

Le type SSLNG (Small Scale LNG) est d'un type particulièrement simple car il ne prévoit pas de circuits de liquéfaction ou d'évaporation à grande échelle puisque le gaz naturel entre et sort du gisement à l'état liquide à basse température (ex. exception d'une quantité minimale de gaz naturel en raison de l'évaporation naturelle du GNL pour lequel un utilisateur local a déjà été identifié.

6.4.3. Aspects de projet, d'autorisation et de construction.

L'usine, qui sera construite sur une superficie totale d'environ 16300 m², aura les caractéristiques suivantes:

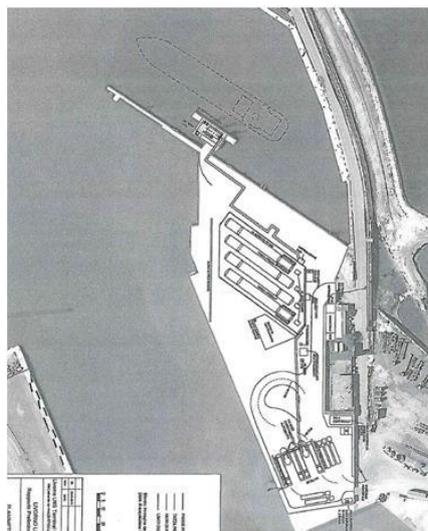
- a. sera construit en partie sur la zone appartenant à l'Autorité du système portuaire de la mer Tyrrhénienne du Nord, située dans le port de Livourne sur la Calata del Marzocco, destinée à l'exercice de l'activité de stockage de latex de caoutchouc et donnée en concession à Neri Depositi Costieri en vertu de l'acte inscrit au registre des concessions de l'Autorité du système portuaire de la mer Tyrrhénienne du Nord (anciennement l'Autorité portuaire de Livourne)
- b. 64 de l'année 2015 (Répertoire n ° 65) et renouvelé, à l'expiration (31/12/2018) chez Neri Depositi Costieri.
- c. utilisera le n ° de quai pour la réalisation des services portuaires liés aux activités susmentionnées. 13, au Darsena Petroli du port de Livourne ainsi que dans la zone située en face dudit quai, concédé à Eni avec un acte inscrit au registre des concessions de l'Autorité du système portuaire de la mer Tyrrhénienne du Nord (anciennement l'Autorité portuaire de Livourne) au no. 97 de l'année 2016 (Répertoire n. 115), valable jusqu'au 31 décembre 2022.

À ce jour, la procédure d'EIE n'a pas encore été lancée au ministère de l'Environnement.

6.4.4. Emplacement.

Il sera en partie construit sur la zone appartenant à l'autorité du système portuaire de la mer Tyrrhénienne du Nord, située dans le port de Livourne sur la Calata del Marzocco et utilisera le quai n. 13, au Darsena Petroli du port de Livourne ainsi que la zone en face du quai.

Planimetria deposito Porto di Livorno

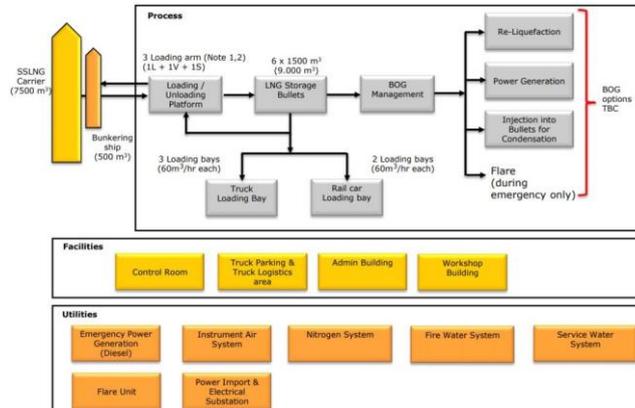


6.4.5. Procédures de fourniture pour le bunker.

L'usine sera approvisionnée par des navires de dimensions comprises entre 3000 et 7500 mètres cubes.

6.4.6. Utilitaires et distribution.

L'utilisateur et le système de distribution sont expliqués dans la figure suivante.



6.4.7. Dimensionnement et indicateurs de performance clés (KPI).

L'usine aura une capacité de 5 000 mètres cubes (initialement prévue pour 9 000 mètres cubes) de stockage de GNL et sera composée de 4 réservoirs horizontaux de 1250 mètres cubes pour un throughput annuel de 150.000 tonnes; l'usine sera équipée de 4 abris de chargement capables d'alimenter de 20 à 25 camions citernes par jour.

6.4.8. Procédures de sûreté et de sécurité.

- 2018/12/20 LLT attribuée à Eidos le contrat d'étude des aspects de sécurité pour les obligations visées dans la législation Seveso III.
- 2019/04/16 Rapport préliminaire de sécurité remis pour la demande de dépôt d'habilitation de faisabilité aux fins de Seveso III à CTR Toscana.
- 2019/04/16 Livré au projet de protection contre les incendies, inclus dans le rapport préliminaire de sécurité, pour évaluation du projet aux fins du décret présidentiel 151/2011 au commandement régional des pompiers de Toscane (et ensuite aux pompiers de Livourne).

6.4.9. Contraintes environnementales.

Notez au moins un problème critique en raison de la proximité de Torre Marzocco, Surintendance du patrimoine culturel.

6.5. Business cases - port de Cagliari.

Zone d'intérêt: Sardaigne.

Auteur: Unica- CIIREM

Port/Business case: Port de Cagliari, Projet ISGAS Terminal GNL dans le port du canal de Cagliari.



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Photo ou Rendering des zones de soutage et de stockage de GNL (port du canale de Cagliari)



Rendering zones de soutage et de stockage de GNL Porto Canale di Cagliari



6.5.1. Introduction.

Le projet proposé par ISGAS consiste en la construction d'un terminal GNL dans le port de Cagliari. L'usine était située dans une zone qui intercepte le tracé des réseaux de transport de gaz GPL existants de la vaste zone de Cagliari. L'objectif principal est de garantir aux utilisateurs civils et industriels en Sardaigne la possibilité d'utiliser le gaz méthane comme source d'énergie alternative à celles déjà présentes sur l'île. Le projet proposé s'inscrit dans les lignes directrices du plan énergétique environnemental de la région de Sardaigne et celles de l'accord-cadre de programme pour la méthanisation de la Sardaigne.

Le choix de conception adopté est également en pleine synergie avec les directives européennes et nationales, sur la construction d'infrastructures pour carburants alternatifs (directive 2014/94 / UE et décret législatif 257/2016). Le projet ISGAS Terminal prévu dans les zones portuaires du canal vise à devenir l'un des principaux hubs de la Méditerranée pour le ravitaillement des navires utilisant le GNL comme carburant pour le transport maritime. Les infrastructures sont en effet conçues pour créer un «Bunkering Point» efficace (navire à navire, camion à navire, ou tuyau à navire). Le promoteur du projet est ISGAS Energit Multiutilities S.p.A, société concessionnaire, sous le régime exclusif, du service de distribution de gaz dans les communes de Cagliari, Oristano et Nuoro. Il compte actuellement plus de 21 000 utilisateurs actifs. ISGAS s'occupe de la distribution et de la vente d'air propane (entièrement remplaçable par du méthane) à travers des réseaux canalisés dans les différentes zones municipales.



Encadrement sur l'orthophoto de la plante



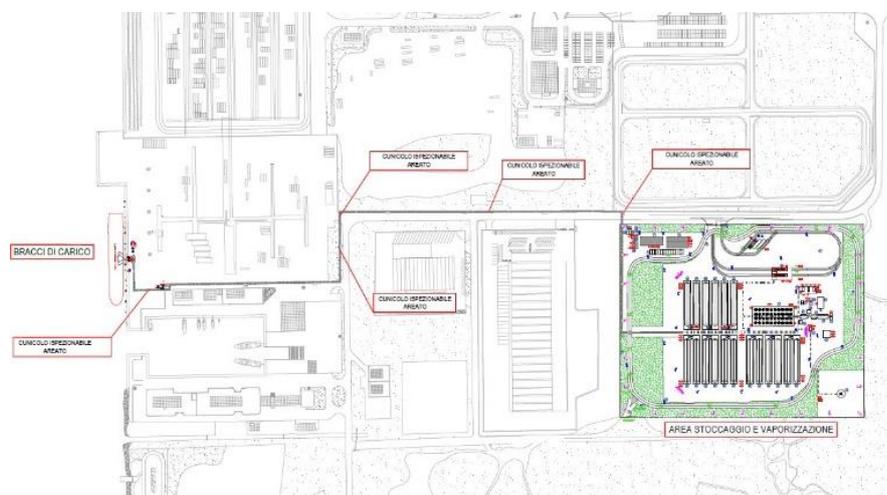
6.5.2. Description du système.

Le Terminal comprendra une structure à quai pour le raccordement et le déchargement du GNL des méthaniers, un complexe de canalisations cryogéniques pour le transport de fluide dans la zone de l'usine, un système de stockage, de pompage et de regazéification du GNL. Dans le Terminal, l'installation de:

- 18 réservoirs cryogéniques;
- 9 groupes de pompage;
- 40 vaporisateurs d'air ambiant (AAV);
- 1 station de filtrage, de mesure et d'odorisation du gaz naturel préparatoire à son introduction dans les réseaux de transport.

À travers les quais de chargement des pétroliers, il sera possible de transporter du GNL par route dans toute la région, ou de faire le plein de navires, mettant ainsi en œuvre les directives européennes sur l'utilisation du GNL comme carburant pour les bateaux.

Plan de l'usine ISGAS



Plan sur l'orthophotographie de l'usine ISGAS**6.5.3. Aspects de projet, d'autorisation et de construction.**État du projet et de l'autorisation

Valutazione di Impatto Ambientale	
Livello Progettuale	Progetto definitivo
Stato Procedura	Parere CTVIA emesso, in attesa parere MIBACT
Avvio Procedura	19/06/2017
Soggetto Autorizzante	Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare

État de mise en œuvre

Data prevista avvio cantieri	Non disponibile
Data prevista chiusura cantieri	Non disponibile
Tempi di costruzione:	10 mesi
Descrizione delle fasi di realizzazione	Le attività di realizzazione dell'opera sono previste in parallelo con l'utilizzo simultaneo di più squadre capaci di procedere nello stesso arco temporale. La realizzazione dell'impianto potrebbe anche essere prevista in due fasi distinte. In una prima fase verrebbe realizzato un impianto con una capacità di 6 serbatoi criogenici. In una fase successiva verrebbe realizzato il secondo lotto costituito dagli altri 12 serbatoi. Tuttavia in una ipotesi realizzativa comprendente un primo lotto si terrebbe conto di tutte le predisposizioni necessarie per la realizzazione delle restanti parti dell'impianto.

6.5.4. *Emplacement.*

L'usine sera située dans le port industriel de Cagliari. Les coordonnées du centre de gravité de la zone de l'usine sont E = 1507402,7727; N = 4340468.3092 selon le référentiel Gauss Boaga (Rome Monte Mario). La zone a été historiquement créée à l'intérieur de l'étang de Santa Gilla lors des travaux de construction du port industriel lui-même dans les années 1960. Elle est en fait principalement constituée de décharges.

Emplacement de l'usine ISGAS

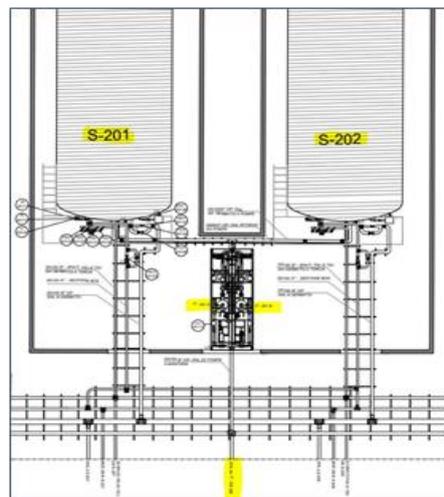


La position stratégique dans laquelle se trouve l'usine permet aux pétroliers cryogéniques qui traverseront l'usine d'accéder facilement à la zone portuaire. L'usine est en fait située à seulement 100 mètres de la route nationale 195, à partir de laquelle à travers les routes SS-195 Racc. et le S.S. 554, il est possible d'atteindre la route principale SS131 reliant la route en Sardaigne. La position stratégique du port de Canale n'est pas seulement due à l'excellente liaison routière mais aussi à la situation avantageuse dans le contexte du bassin méditerranéen.

6.5.5. *Procédures de fourniture pour le bunker.*

Le chargement de GNL sur les navires se fera par l'utilisation de deux pompes de surpression P201A / B reliées aux réservoirs S-201-S-202.

Schéma des réservoirs et pompes de surpression



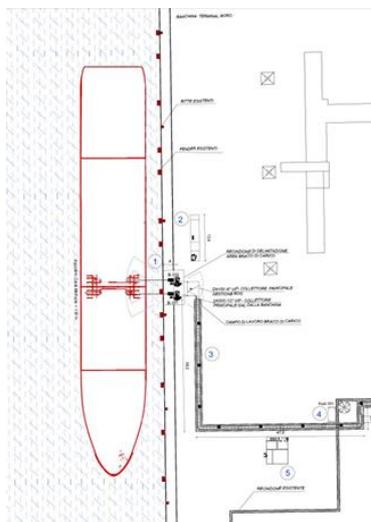
Les pompes de surpression de GNL tirent des réservoirs par des tuyaux de 6", pour le relancer à la pression appropriée dans le collecteur principal de 6" placé à la sortie des réservoirs.

Pendant le cycle de fonctionnement normal, les pompes envoient le GNL vers le quai et par le bras de chargement BC-101, en utilisant la même ligne de déchargement que les navires mais dans le sens opposé, faire le plein.

Les pompes seront installées à côté des réservoirs et seront couplées à un fonctionnement en alternance. Les mêmes pompes de configuration adaptée permettent la recirculation du GNL jusqu'au quai pour le refroidissement des tuyaux de refoulement.

Les pompes P-201A / B sont dimensionnées en configuration alternée sur la capacité d'alimentation maximale des bateaux de l'ordre de 250 mètres cubes / h à une pression maximale de 5 bars. Le temps de ravitaillement sera évidemment lié à la taille du réservoir du navire.

Quai de GNL pour le chargement et le déchargement



6.5.6. Utilitaires et distribution.

Une fois en service, le terminal sera en mesure de fournir l'un des services de soutage naval les plus importants de la Méditerranée occidentale. Le projet vise également à créer une usine capable de distribuer et de répondre à la consommation de GNL des utilisateurs civils et industriels envisagée par la Région Sardaigne dans la zone métropolitaine de Cagliari. Les utilisateurs qui peuvent être desservis par le terminal GNL via le réseau de transport ISGAS sont: Assemmini, Cagliari, Capoterra, Decimomannu, Elmas, Monserrato, Quartu Sant'Elena, Quartucciu, Selargius, Settimo San Pietro, Sinnai et Sestu, pour un total de 400428 habitants. Afin d'atteindre d'autres zones de la Sardaigne qui ne seront pas connectées au réseau de transport régional ou à celui de la vaste zone de Cagliari, une zone appelée «quais de chargement» sera aménagée dans laquelle des camions-citernes cryogéniques, destinés au transport de GNL vers le de consommation sur le territoire régional, pourra faire le plein. Deux réservoirs avec deux pompes à fonctionnement alterné seront dédiés à ce service.

Ce système de transport de gaz naturel liquéfié permettra également la création de petits systèmes locaux de stockage et de regazéification, c'est-à-dire un type d'usine qui se propage en fonction de la diffusion du GNL et des technologies associées.

6.5.7. Dimensionnement et indicateurs de performance clés (KPI).

Le volume total des 18 réservoirs est égal à 22 068 m³. Le terminal a été conçu et dimensionné en tenant compte des aspects suivants:

- amarrage des méthaniers jusqu'à une capacité maximale de 15 000 m³ (7 500 m³ pour le premier

lot fonctionnel);

- capacité de stockage utile en cuves fixes égale à environ 22 000 m³ de GNL (1226 m³ par cuve, 18 cuves au total);
- approvisionnement minimum estimé de 360000 m³ / an de GNL (2 charges mensuellement à partir de 15 000 m³);
- GNL transféré par pétroliers / barges égal à 120 000 m³ / an;
- GNL regazéifié et envoyé sur le réseau à hauteur de 240 000 m³ / an;
- capacité de regazéification de 832 millions de m³ / an.

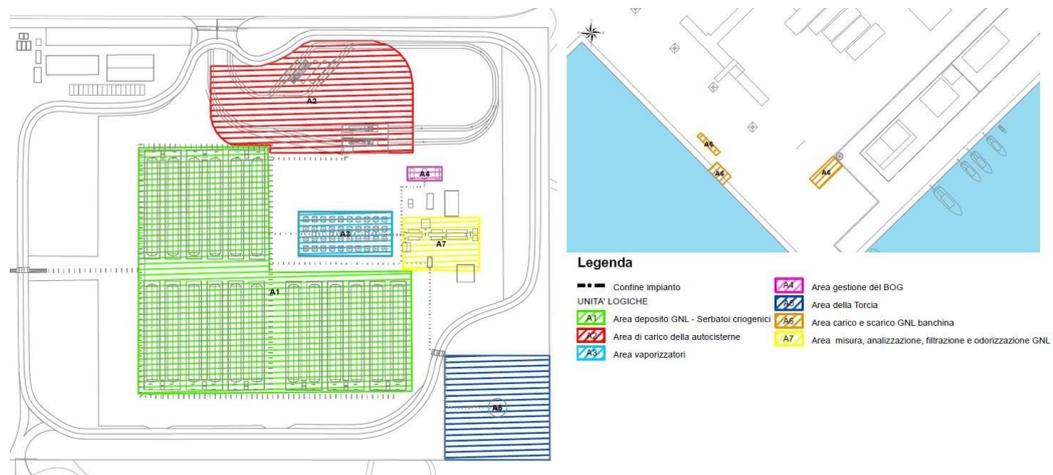
6.5.8. *Layout et processus.*

L'usine comprendra 7 macro-zones: une zone de chargement et de déchargement de GNL avec bras de chargement; une zone de stockage et de pompage de GNL; une zone de vaporisateur; une zone de quai de chargement pour les pétroliers; une zone de gestion BOG; une zone de torche; une zone de filtration, de mesure et d'odorisation du méthane.

Le projet prévoit l'arrivée de petits transporteurs de gaz (environ 15 000 m³) qui amarreront au quai dédié, et transféreront le GNL vers les citernes par des bras de chargement.

Les opérations de chargement des pétroliers peuvent être effectuées simultanément avec les méthaniers ou les opérations de soutage. Dans le premier cas, ils permettront le déchargement des navires assurant une capacité de transfert maximale allant jusqu'à 1000 m³ / h, tandis que pour les phases de soutage, le throughput maximal sera de 250 m³ / h.

Unités de l'usine ISGAS





Interreg



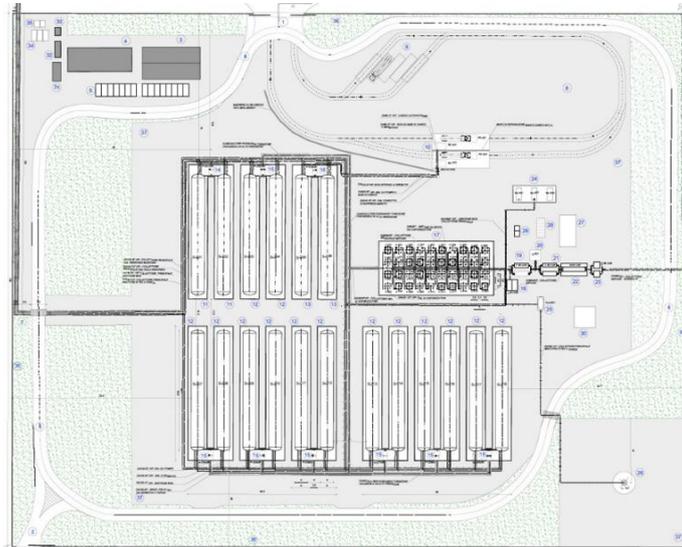
UNION EUROPÉENNE
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Plan détaillé de l'usine



6.5.9. Procédures de sûreté et de sécurité.

Le système d'arrêt d'urgence (Emergency Shutdown System ESD) fonctionne parallèlement au système de contrôle distribué (DCS) pour intervenir en cas de dysfonctionnement ou d'erreur de fonctionnement, garantissant la sécurité du système. Pour minimiser les conséquences d'un incendie, un système de dépressurisation d'urgence automatique est prévu pour le réservoir concerné et celui le plus proche, dans le but de maintenir le confinement le plus rapidement possible.

L'arrêt total ou partiel de l'installation peut être déclenché soit par des séquences automatiques, activées par le dépassement des conditions de fonctionnement de l'installation établies en phase de conception, soit par une activation manuelle via des boutons de verrouillage à disposition des opérateurs, positionnés sur le terrain et / ou salle de contrôle, au besoin.

6.5.10. Contraintes environnementales.

Le projet s'inscrit dans la réserve naturelle de Santa Gilla et l'oasis de protection de la faune de Santa Gilla près de la zone SIC ITB040023 "Stagno di Cagliari, Saline di Macchiareddu, Laguna di Santa Gilla" et la zone SPA ITB044003 "Étang de Cagliari".

Le plan de gestion concernant la zone SIC ITB040023 "Stagno di Cagliari, Saline di Macchiareddu, Laguna di Santa Gilla" et la zone SPA ITB044003 "Stagno di Cagliari" prend également en considération les zones protégées précédemment indiquées de la zone, et en particulier:

- l'oasis permanente de protection et de capture de la faune "étang de Santa Gilla et Capoterra" conformément à la loi régionale 23/98; • la zone Ramsar «Stagno di Santa Gilla» (code Ramsar: 3IT018);
- la Réserve Naturelle Régionale proposée en application de la L.R. 31/89;
- le site d'intérêt communautaire ITB040023 «Stagno di Cagliari, Saline di Macchiareddu, Laguna di Santa Gilla», désigné conformément à la directive 92/43 / CEE «Habitat»;
- la zone de protection spéciale ITB044003 «Stagno di Cagliari» désignée conformément à la directive 79/409 / CEE «oiseaux sauvages»;
- la zone IBA (Zone importante pour les oiseaux) «Étangs de Cagliari» (code n ° 188).

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Étude pour un plan d'action conjoint pour le GNL en zone portuaire"

Quant aux plans de gestion SCI et SPA de la zone de l'étang de Cagliari, il ne semble pas y avoir d'éléments contrastant avec la mise en œuvre du projet. En fait, la zone d'intérêt ne fait pas partie des zones SIC et SPA identifiées pour la grande zone. Le projet n'affecte directement aucun site du réseau Natura 2000 et ne présente aucune interférence avec les plans de gestion examinés.

6.6. Business cases - port de Oristano.

Zone d'intérêt: Sardaigne.

Auteur: Unica-CIREM.

Port/Business case: Port de Oristano, Installation de stockage, regazéification et distribution de GNL proposée par IVI Petrolifera dans le port d'Oristano - Santa Giusta.

Rendering des zones de soutage et de stockage de GNL dans le port d'Oristano Santa Giusta: détail 1



Rendering des zones de soutage et de stockage de GNL dans le port d'Oristano Santa Giusta: détail 2.





Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

TDI RETE-GNL



Rendering des zones de soutage et de stockage de GNL dans le port d'Oristano Santa Giusta: détail 3.



6.6.1. Introduction.

La proposition de projet faite par IVI Petrolifera S.p.A. est décrite ci-dessous. qui a l'intention de construire un dépôt côtier au sein du port d'Oristano pour le stockage et la distribution de GNL d'une capacité d'environ 9000 m³.

Encadrement sur l'orthophoto de l'usine



Le projet est prévu dans la zone du port industriel d'Oristano, inclus dans le territoire municipal de Santa Giusta, dans la province d'Oristano, et inséré dans la zone industrielle gérée par le Consortium industriel provincial d'Oristano (CIPOR), un organisme économique public favorise la localisation et le développement des entreprises dans l'agglomération industrielle d'Oristano. Le projet comprend la mise en place d'une chaîne d'approvisionnement qui comprend l'approvisionnement en GNL par des pétroliers, le stockage dans l'usine et la distribution ultérieure par voie terrestre par pétroliers et par mer par bateau (barges). Le stockage au sol impliquera le stockage de GNL jusqu'à un maximum d'environ 8 000 m³. En effet, le volume total autorisé sera tel qu'il permette, en cas de problème sur un réservoir, de transférer le contenu d'un réservoir vers les autres. Le volume total autorisé sera donc d'environ 8000

TDI RETE-GNL

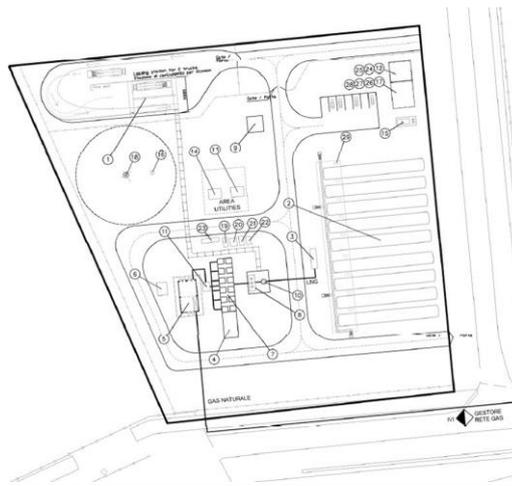
Output T2.1.1 "Étude pour un plan d'action conjoint pour le GNL en zone portuaire"

m³ pour les 9 réservoirs.

6.6.2. Description du système.

- Le gisement côtier sera conceptuellement divisé en zones fonctionnelles énumérées ci-dessous:
- Zone d'accostage et de transfert de GNL, qui comprend les infrastructures et dispositifs d'amarrage des méthaniers et barges, déjà existants, ainsi que tous les dispositifs et équipements nécessaires au bon transfert, lors du déchargement des méthaniers et du chargement barges;
- Zone de stockage de GNL, qui comprend les réservoirs de stockage et tous les accessoires et dispositifs auxiliaires nécessaires à leur bonne gestion, ainsi que la salle de contrôle pour la supervision et la gestion de l'usine et du générateur diesel de secours;
- zone de regazéification, comprenant 12 vaporisateurs d'air;
- la zone de chargement des camions-citernes, qui comprend les baies de chargement / refroidissement des camions-citernes, les systèmes de mesure de la charge et tous les systèmes auxiliaires pour un fonctionnement et une gestion appropriés.

Plan d'usine IVI Petrolifera



6.6.3. Aspects de projet, d'autorisation et de construction.

État du projet et de l'autorisation

Valutazione di Impatto Ambientale	
Livello progettuale	Progetto definitivo
Stato Procedura	Istruttoria Tecnica CTVIA
Avvio Procedura	09/08/2018
Soggetto Autorizzante	Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare

État de mise en œuvre

Data prevista avvio cantieri	2019.
Data prevista chiusura cantieri	2020.
Tempi di costruzione:	10 mesi
Descrizione delle fasi di cantierizzazione	<ul style="list-style-type: none"> • preparazione dell'area, che comprende la rimozione ed il trasporto fuori sito del materiale superficiale - l'asfalto attualmente presente - e l'approvvigionamento di materiale granulare per le successive attività di costruzione; • esecuzione delle fondazioni delle strutture del deposito costiero; • installazione, completamento e sistemazione superficiale dell'area di impianto

6.6.4. Emplacement.

L'emplacement de l'usine est prévu dans la zone industrielle du port d'Oristano. Cette zone peut être identifiée à l'aide des coordonnées géographiques suivantes: latitude: 39 ° 86'76 "N longitude: 8 ° 54'78" E.

La zone prévue pour l'emplacement du dépôt est celle située sur le remblai existant, à proximité du quai et du remblai qui surplombent l'avant-port, et couvre une superficie au sol d'environ 16 000 m², actuellement pavée. La zone de l'usine sera située à une distance d'environ 350 m du dépôt pétrolier existant de IVI Petrolifera.

Emplacement de l'usine IVI Petrolifera**6.6.5. Procédures de fourniture pour le bunker.**

La fourniture de GNL aux navires est réalisée au large par des barges d'une capacité de 500 m³ selon le mode opératoire dit «ship to ship». Le service est rendu possible par l'utilisation de pompes de transfert avec une ligne dédiée au conduit liquide commun dans la station de ravitaillement du navire. La tuyauterie entre le collecteur de liquide et la station de remplissage du navire est la même que celle utilisée pour le déchargement du navire. Le débit de remplissage pour le ravitaillement du navire est prévu pour 250 m³ / h. Il y a un tuyau de ravitaillement du navire. La procédure de ravitaillement prévue est une opération menée par l'équipage dans laquelle les deux opérateurs du navire et du côté du terminal sont nécessaires.

Le ravitaillement à la barge se fait via un tuyau de ravitaillement du navire pour un temps de déchargement total d'environ 2 heures, sans compter les temps d'amarrage, d'ancrage et de désamarrage.

Le réservoir est rempli du collecteur de liquide au refoulement de la pompe. Le remplissage de GNL et la pression du réservoir du navire de transport sont régulés par des vannes appropriées. La pression est augmentée pour corriger le débit de charge lors du démarrage et est abaissée à zéro à la fin de la séquence de remplissage automatique. Les tuyaux sont flexibles et sont équipés de raccords rapides et de raccords de détachement manuel qui permettent un fonctionnement sûr et fiable entre le terminal et la barge. Les tuyaux et les raccords doivent être correctement stockés dans des armoires spéciales après le déchargement du GNL. Le terminal est également équipé d'une connexion ESD pneumatique. Le ravitaillement en GNL est réalisé en activant les 3 pompes de transfert dédiées qui pompent le GNL, à travers une ligne dédiée, vers la station de ravitaillement de la barge. La tuyauterie entre le collecteur de liquide et la station de ravitaillement est la même que celle utilisée pour le déchargement des méthaniers. La station de chargement des barges est équipée de:

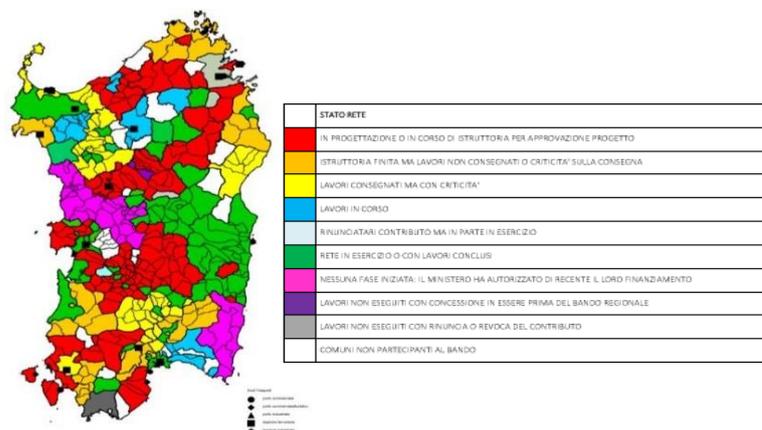
- Bras de chargement pour le transfert de GNL;
- Raccord de tuyau avec raccord rapide et raccords à détachement manuel;
- Vanne de blocage double et évent pour isolation manuelle;
- Vanne marche / arrêt automatique;
- Vanne de régulation pour augmenter le *throughput*;
- Capteur de mesure de température, correctement installé sur le quai pour détecter les grandes fuites de GNL;
- Débitmètre et totalisateur pour la mesure fiscale;
- Transmetteurs de température et de pression;
- Vanne de purge d'azote;
- Détecteurs d'incendie et de gaz;
- Bouton d'arrêt et d'urgence;
- Feux de signalisation.

En cas d'urgence et si la barge doit retirer sa charge, cette opération sera réalisée grâce à l'utilisation d'azote. La barge peut alors connecter la canalisation d'azote disponible sur le quai pour forcer le GNL vers les réservoirs au sol.

6.6.6. Utilitaires et distribution.

Le Terminal GNL vise principalement à alimenter les réseaux internes existants présents sur le territoire régional de la Sardaigne. En fait, le plan de réseau régional est divisé en 38 bassins qui concernent au total 330 communes.

Situation de construction des bassins de distribution de gaz en Sardaigne (2015)



TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Étude pour un plan d'action conjoint pour le GNL en zone portuaire"

Le throughput annuel maximal de l'usine de GNL regazéifié à pleine capacité sera de 876 000 m³ vers le réseau interne de distribution de méthane de Sardaigne; il est également prévu que 4 000 m³ de GNL seront distribués pendant l'exploitation par camion ou barge. L'usine permettra également de réaliser un service de soutage en mode Ship to Ship.

6.6.7. Dimensionnement et indicateurs de performance clés (KPI).

Le terminal sera approvisionné par l'arrivée d'un maximum de 220 méthaniers par an d'une capacité comprise entre 4000 et 5000 m³. Les volumes annuels maximum stockés seront de 880 000 m³ de GNL. Le projet prévoit la préparation des zones et des points de raccordement aux systèmes nécessaires au transfert du GNL respectivement aux pétroliers pour la distribution du produit sur le territoire intérieur et aux barges pour le ravitaillement des navires au GNL. Pour le chargement des barges, la possibilité de reflux de la ligne de déchargement de GNL sera prévue. Le projet prévoit la distribution par voie maritime d'environ 20% du GNL fourni au dépôt tandis que les 80% restants seront distribués par route sur le territoire régional vers les centres de consommation. Les délais suivants sont estimés pour la réalisation des activités par voie maritime:

- Manœuvre d'entrée au port et amarrage: 3 heures;
- Temps de chargement / déchargement: 12 heures;
- Manœuvre de débarquement et de sortie: 3 heures.

En ce qui concerne la distribution par voie terrestre par camions-citernes, l'utilisation d'un maximum de 100 unités par an est prévue. Les activités de chargement des pétroliers dureront environ 1,5 heure. L'usine sera opérationnelle pendant environ 310 jours par an et pourra fonctionner en continu pendant au moins 25 ans.

- Le projet est basé sur un débit continu de GNL capable de permettre un débit de regazéification de 60 000m³ / h (équivalent à 100 m³ / h de GNL);
- Le pétrolier peut être chargé pour deux pétroliers en même temps;
- Le retour de la vapeur du pétrolier vers le réservoir de GNL est prévu;
- Il n'y a pas de retour de vapeur des réservoirs de stockage de GNL vers le navire transportant du GNL;
- Le ravitaillement des barges peut être effectué simultanément avec le chargement du pétrolier
- La regazéification peut être effectuée simultanément avec les opérations de manutention de GNL ci-dessus.

Le tableau suivant donne quelques valeurs relatives aux caractéristiques du système de chargement de GNL aux navires et aux pétroliers.

Carico Nave	
Capacità LNGC, min/max	4000-5000 m ³
Tonnellaggio massimo pontile	50,000 DWT
Dimensioni massime del pontile, lunghezza	170-190 m
Limitazione di pescaggio del pontile	11.5 m
Tempo di scarico	12 ore
Carico Autocarro	
Numero stazioni di carico autocarro	1
Numero banchine di carico autocarro per stazione	2



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Frequenza di esportazione LNG mensile	4000 m ³
Frequenza di carico autocarro per giorno lavorativo	3-4

6.6.8. Layout et processus.

Les principales unités du système sont illustrées ci-dessous:

- **Déchargement et transfert GNL:** le GNL sera acheminé vers le dépôt côtier par des pétroliers ou des pétroliers ayant des caractéristiques similaires à celles existantes avec une capacité de transport typiquement comprise entre 4 000 et 5 000 m³. Les navires seront amarrés et déchargés dans une zone d'accostage située sur un quai existant. Une fois l'amarrage du navire assuré et les communications avec le dépôt établies, les procédures de déchargement du GNL peuvent commencer par la connexion du bras de chargement situé au poste d'amarrage et les tests d'étanchéité correspondants effectués. Le bras de chargement permettra le raccordement de la ligne de GNL. Le produit sera déchargé et envoyé dans les neuf réservoirs de stockage du dépôt.
- **Réservoirs de stockage GNL:** Le GNL est stocké dans 9 réservoirs à pression cylindriques horizontaux d'une capacité utile d'environ 1000 m³ chacun. Les réservoirs de type cylindrique horizontal seront installés au-dessus du sol et seront du type à double confinement total, chacun étant constitué d'un réservoir externe et d'un réservoir interne tous deux en acier inoxydable cryogénique. Les réservoirs ont une pression de conception de 8 barg + Full Vacuum et une pression de service variable entre 1 et 7 barg.
- **Système de distribution GNL:** a) Chargement de GNL sur les barges: cette opération se fera par le fonctionnement de 3 pompes de surpression. Les pompes de surpression aspireront des réservoirs et, pendant le fonctionnement normal, enverront le GNL à la barge en utilisant la même ligne de déchargement que le méthanier à contre-courant. Les barges seront alimentées par un tuyau qui permettra une grande flexibilité de chargement, permettant d'alimenter différents types de barges. Les pompes de chargement de GNL seront de type submersible multicellulaire centrifuge. En conditions normales de fonctionnement, les 3 pompes seront toutes opérationnelles, dimensionnées en configuration 3 à 33% de la capacité de charge maximale de la barge, soit 255 m³ / heure. b) Chargement de GNL sur des pétroliers: 2 quais de chargement de GNL sur des pétroliers seront fournis. Les baies seront alimentées par l'une des trois pompes de transfert de GNL. La pompe utilisée a un débit nominal de 85 m³ / heure et une hauteur de 200 m, garantissant ainsi d'alimenter les deux baies avec 42,5 m³ / heure de GNL chacune.
- **Système de gestion du BOG:** les caractéristiques des réservoirs, capables de fonctionner à haute pression, permettent le confinement du BOG permettant à la pression de saturation interne et aux températures associées d'augmenter jusqu'à la prochaine fourniture de GNL et en tout cas jusqu'à la valeur de consigne prévue pour la gestion du BOG. La pression et la température à l'intérieur du réservoir sont relativement élevées par rapport au GNL qui est fourni au dépôt au moyen d'un camion-citerne. Le GNL déchargé d'un camion-citerne se mélange à celui du réservoir, condensant le BOG et amenant le GNL à une température et une pression plus basse. Ce processus de gestion repose sur l'approvisionnement périodique en GNL qui



Interreg



UNION EUROPÉENNE
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



rééquilibre le GNL dans les réservoirs afin de réduire ou non la production de BOG. Si l'alimentation en GNL neuf n'a pas lieu à temps pour amener la pression à une valeur de consigne, le système de reliquéfaction sera activé. Lorsque la pression des réservoirs s'approche de la pression de consigne, l'installation de re-liquéfaction se met en marche et prend le BOG du haut des réservoirs et l'envoie à un échangeur de chaleur cryogénique à plaques à ailettes qui condensera la vapeur en liquide et retournera sous forme liquide dans les réservoirs de stockage de GNL. Ce processus vous permet de contrôler indéfiniment la pression des réservoirs.

- **Système de lampe de poche d'urgence:** le dépôt sera équipé d'un système de collecte des rejets connecté à une torche chaude, le système est conçu pour collecter et éliminer en toute sécurité les rejets des conduites de purge, des soupapes de surpression et des soupapes de protection thermique. Le dégagement de gaz à travers la torche n'est prévu que dans des conditions de fonctionnement anormales et d'urgence, ou pour se préparer à la maintenance.

6.6.9. Procédures de sûreté et de sécurité.

L'usine a été conçue pour minimiser la possibilité de fuite accidentelle ou de fuite de GNL. La philosophie adoptée vise à minimiser les accouplements à brides en faveur des raccords soudés. L'utilisation de brides est envisagée là où les normes réglementaires de référence l'exigent explicitement, par exemple pour l'isolation positive des réservoirs. De plus, l'usine est équipée de vannes d'arrêt à l'entrée et à la sortie des principaux équipements (réservoirs, pompes, etc.) et sur les principales lignes de GNL. De cette manière, il est possible d'isoler les équipements et les sections de la ligne et donc de limiter au minimum les rejets accidentels de GNL et de vapeurs. Le manuel d'exploitation fourni comprendra toutes les procédures d'exploitation nécessaires au bon fonctionnement de l'usine et des systèmes de l'entrepôt.

Les procédures d'exploitation prévoient que le volume total stocké dans les réservoirs est tel qu'il permette le transfert d'un réservoir dans les autres, afin de pouvoir gérer d'éventuelles situations d'urgence sur un réservoir. Le volume maximum de GNL pouvant être stocké à l'intérieur des 9 réservoirs sera de 8 000 m³. La procédure de déchargement est une opération dirigée par le personnel qui nécessite des opérateurs sur le navire et du côté du dépôt de GNL. Une personne est attendue sur le quai lors du déchargement et une dans la salle de contrôle de l'usine. L'interaction entre ces deux opérateurs et l'équipage du navire est essentielle lors de la procédure de déchargement. La station de chargement de la citerne a été conçue pour permettre au conducteur de la citerne de contrôler l'ensemble de l'opération de chargement, y compris les points de consigne de démarrage, d'arrêt et de remplissage, sans aucune assistance. Ceci est facilité par un panneau de commande positionné dans la zone de la station de chargement. Toutes les opérations sont effectuées automatiquement par le système de contrôle à l'exception de la connexion et de la déconnexion des bras de chargement et de la vérification de la connexion correcte. L'usine sera équipée des panneaux de sécurité nécessaires conformément aux exigences du décret législatif 81/2008 au titre V «Panneaux de sécurité et de santé au travail» et ses modifications ultérieures.

- sécurité et santé sur le lieu de travail;
- l'interdiction, telle que l'interdiction de fumer et l'utilisation de flammes nues et l'interdiction d'accès aux personnes non autorisées;
- avertissement, comme par exemple des panneaux informant de la présence de gaz inflammables, de liquides inflammables, de substances à basse température;
- prescription, tels que des pancartes invitant à porter l'équipement de protection individuelle

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Étude pour un plan d'action conjoint pour le GNL en zone portuaire"



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



nécessaire;

- sauvetage et sauvetage (par exemple signalisation des voies d'évacuation et des issues de secours).
- Tous les équipements de lutte contre les incendies présents seront de couleur rouge, placés à des endroits visibles et correctement marqués par des panneaux appropriés. Pour éviter les dommages dus à des chutes d'objets ou à des collisions pouvant entraîner des fuites de GNL, des mesures appropriées seront prises pour l'entretien et l'installation de l'équipement. Les travaux autour de l'équipement feront l'objet d'une évaluation des risques, mais les opérations de levage avec des moyens mobiles à proximité de l'équipement ne seront généralement pas autorisées.
- Le dépôt sera équipé d'une clôture anti-intrusion et un concierge sera mis à disposition pour contrôler les accès habités 24h / 24. Le dépôt sera également équipé de caméras de vidéosurveillance pour vérifier toute anomalie. Les systèmes de protection, envisagés pour obtenir un haut degré de sécurité, ont été choisis sur la base de ce qui est exigé par les règles, codes, normes de référence et ce qui découle de bons critères d'ingénierie. Le système de protection incendie active se compose des équipements suivants:
 - 8 bornes d'incendie hors sol et boîtes relatives pour tuyaux;
 - 1 moniteur d'une capacité de 2000 l / m. Si nécessaire, les pompiers pourront se connecter au réseau incendie via le point de connexion dédié. Le système est dimensionné pour permettre un débit d'eau d'extinction de 1380 m / heure et une pression de 8 bar.

6.6.10. Contraintes environnementales.

En ce qui concerne les sujets et / ou outils de planification suivants, il n'y a pas de restrictions ou de sauvegardes en ce qui concerne les zones du projet:

- *Sites du réseau Natura 2000, IBA, Parcs, EUAP.* La zone d'implantation du projet n'affecte directement aucune de ces zones naturelles protégées ou protégées. Le site le plus proche de la zone du projet est SIC ITB032219 Sassu Cirras, à environ 1,3 km, dont la caractérisation est rapportée dans l'étude d'incidence pour l'évaluation de l'impact potentiel sur les sites Natura 2000 les plus proches de la zone du projet;
- *Contraintes nautiques.* Cartes marines n ° 293 "Golfe d'Oristano" (Institut hydrographique de la marine, mise à jour en 2013, échelle 1:40 000) et n ° 291 "Porto di Oristano" (Institut hydrographique de la marine, mise à jour en 2009, échelle 1: 10 000) ils ne signalent pas les restrictions nautiques pour la zone du projet. Il convient également de noter que pendant l'exercice du projet, les méthaniers suivront les règles de navigation prévues pour l'accès et les manœuvres dans le port d'Oristano;
- *Contraintes militaires.* Comme indiqué dans la carte marine n ° 1050 "Zones normalement utilisées pour les exercices navals et de tir et zones de l'espace aérien soumises à restrictions" (Institut hydrographique de la marine, mise à jour en 2014, échelle 1: 1 700 000), la zone du projet tombe dans une zone «d'espace aérien restreint» appelée R 54, pour laquelle l'espace aérien est réglementé et dans laquelle le trafic maritime est tenu de se conformer aux instructions de l'avis aux navigateurs en cas d'exercices en cours ou programmé. Par conséquent, aucune contrainte militaire n'est identifiée dans la zone du projet;
- *PAI.* L'analyse de la cartographie des zones à risques hydrauliques et de glissements de terrain liées au sous-bassin n ° 2 «Tirso» montre que la zone du projet n'affecte ni les zones à risque hydraulique (Hi) ni à danger géomorphologique (Hg). La zone à risque hydraulique la plus proche du site du projet est une zone hautement dangereuse (Hi4) à l'embouchure de la rivière



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



- Tirso, à environ 1,4 km au nord-ouest du projet;
- *Plan de gestion des risques d'inondation* (approuvé avec la résolution du comité institutionnel de l'Autorité régionale du bassin sarde n ° 2 du 15.03.2016). À partir de l'analyse des cartes du danger, des dommages potentiels et du risque d'inondation dans la zone d'intérêt pour le projet, on peut voir que:
 - a. la zone de l'usine appartient à la classe de dommages potentiels D1 - Dégâts potentiels modérés ou inexistant, qui comprend les zones exemptes d'établissements urbains ou productifs où la libre circulation des inondations est possible. En ce sens, il est à noter qu'une fois la centrale présente, la zone du projet sera vraisemblablement reclassée en classe D4 - Dégâts potentiels très élevés, similaires aux zones anthropisées adjacentes à la zone de regazéification,
 - b. la zone du projet n'entre dans aucune classe de danger,
 - c. la zone de l'usine de regazéification et des pipelines ne tombe dans aucune zone à risque d'inondation. Ces zones sont définies en tenant compte conjointement de la classification du danger et des dommages potentiels du territoire, c'est pourquoi la zone du projet n'est incluse dans aucun des quatre niveaux de risque (R4, R3, R2 et R1);
 - *Plan de protection de l'eau*. La zone du projet n'est pas affectée par la présence de:
 - a. les zones sensibles (y compris les zones humides, les lacs naturels et les voies navigables afférentes, les autres eaux douces, etc.) régies par l'article 22 de la NTA du Plan,
 - b. zones vulnérables aux nitrates,
 - c. les zones sont sauvegardées pour leur intérêt environnemental et paysager significatif comme les parcs, les SIC, les ZPS, etc.

Par conséquent, les protections environnementales ne sont pas identifiées sur la zone du projet en ce qui concerne l'eau;
 - *Plan régional de qualité de l'air*. La zone du projet fait partie de la zone rurale (IT2010), pour laquelle le Plan ne prévoit ni règles ni contraintes;
 - *Plan d'urbanisme territorial du Consortium du Consortium Industriel Provincial d'Oristano*. La zone de l'usine est située dans une zone disponible pour les activités de production. À l'article 6 «Lots pour activités de production» du NTA du Plan, il est indiqué que dans ces zones «seuls les établissements [...] industriels, les entrepôts, l'artisanat, les structures de soutien pour l'exploitation des activités de production sont autorisés». Il est à noter également que la canalisation du projet sera installée dans une piste de canalisation existante, qui ne relève que partiellement de l'agglomération industrielle, en contournant la zone verte de respect du consortium, les zones de stockage de matières premières et de respect inédite. Par conséquent, le Plan n'impose pas de contraintes ou de garanties dans la zone de mise en œuvre du projet, ce qui est conforme aux dispositions du Plan lui-même.
 - *PUC Santa Giusta*. Le projet s'inscrit dans la sous-zone D1 «Grandes zones industrielles». Selon les dispositions du NTA du PUC, les sous-zones D1 sont des «zones occupées par des installations destinées à des activités industrielles de type complexe, pour la transformation de matières premières, pouvant produire une pollution acoustique et atmosphérique importante, non compatible avec la résidence, caractérisée par une occupation étendue des terres ». Le PUC de Santa Giusta ne semble donc pas imposer de restrictions ou de garanties sur la zone de construction des ouvrages.



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Le projet, comme indiqué par le NTA du PUC, peut faire l'objet d'un PUA dédié;

- *Plan d'utilisation du littoral (PUL), municipalité de Santa Giusta.* La superficie de l'usine n'affecte aucune zone du PUL, cette zone n'est donc pas soumise aux dispositions du plan. Les gazoducs de GNL envisagés par le projet seront construits dans une piste de canalisation existante, située dans la zone 3 «Port industriel». Dans ces zones, selon le NTA du PUL, la zone côtière relative au Port Industriel est exclue du champ d'application du PUL lui-même, étant régie par le Plan de Régulation du Consortium Oristano discuté ci-dessus;
- *Plan de réglementation portuaire du port industriel et commercial d'Oristano.* La zone du projet fait partie des zones industrielles et commerciales des colonies existantes. A cet égard, il convient de noter que les zones industrielles et commerciales, identifiées dans le zonage de 1964 comme des établissements existants, ont entre-temps été construites, contribuant à souligner la vocation portuaire et industrielle actuelle de la zone. Par conséquent, le plan ne semble pas imposer de restrictions ou de garanties sur la zone de construction des ouvrages.

6.7. BUSINESS CASES - PORT DE TOULON.

Zone d'intérêt: Provence-Alpes-Côte d'Azur

Auteur: CCI du VAR avec la collaboration de See Up

Port/Business case: Port de Tolone, terminal GNL de Fos Tonkin (sous gestion à Elengy).

6.7.1. Introduction.

Ci-dessous un résumé des business cases du port de Toulon, réalisé par le consultant scientifique See Up du Partenaire P5 (CCI du VAR), afin de cadrer et identifier la contribution de chaque Partenaire. Pour une plus grande cohérence au sein du produit T.2.2.2 «Fiche récapitulative», l'intervention sera divisée dans les mêmes sections des analyses de rentabilisation précédentes.

Les méthaniers du port de Toulon proviennent majoritairement d'Afrique du Nord Une fois sur place au terminal méthanier de Fos Tonkin, le GNL peut faire l'objet de trois types d'interventions:

- regazéification et injection ultérieure dans le réseau de distribution national;
- chargement à l'état liquide dans des camions-citernes et acheminement ultérieur vers le secteur industriel;
- chargement dans des méthaniers à tonnage réduit.

6.7.2. Description du système.

La figure ci-dessous montre la représentation du site GNL de Fos Tonkin d'où il émerge comment le site, d'une superficie d'environ 17 hectares, peut être divisé en 4 zones, identifiées sur la figure par les lettres A, B, C, D⁴.

⁴ A indique le point d'entrée / sortie des méthaniers; B la zone destinée aux bureaux et à l'atelier; C le quai d'amarrage; D la zone industrielle.



Schéma du site GNL de Fos Tonkin et ses principales zones



Le processus industriel et le cycle de vie du GNL à l'intérieur du port sous examen sont résumés dans un système en 12 phases, résumé dans la figure ci-dessous, qui va du déchargement du GNL à l'aide de bras de déchargement (phase 1), jusqu'à son acheminement vers le réseau, suite à sa regazéification et à l'octroi d'une odeur (phase 7) Le processus d'égalisation réalisé lors du déchargement du pétrolier (phase 9) est également signalé, ainsi que la présence de deux systèmes de chargement de GNL pour les pétroliers (phase 12).

6.7.3. Aspects de projet, d'autorisation et de construction.

État du projet et de l'autorisation

L'évaluation de l'impact environnemental	
Niveau de projet	Avant-projet
Procédure de statut	Cf. apport de consultant
Procédure de démarrage	Cf. apport de consultant
Objet de l'autorisation	Cf. apport de consultant

État de mise en œuvre

Date de début prévue des chantiers	Cf. apport de consultant
Date prévue de fermeture des chantiers	Cf. apport de consultant
Temps de construction:	5 années
Description des phases de conception	<ul style="list-style-type: none"> • préparation du projet initial et identification du lieu; • étude d'impact (ICPE: usine classée pour la protection de l'environnement) et évaluation des risques; • demande d'autorisation de la préfecture; • conception détaillée du projet; • demande et obtention du permis de construire; • mettre en action.

6.7.4. Emplacement.

Le choix de l'emplacement du site de Fos Tonkin, qui semble être avant tout un terminal de regazéification, a été fait alors que ce site répondait à des objectifs différents de ceux donnés par un site de stockage pur.

6.7.5. Procédures de fourniture pour le bunker.

L'approvisionnement du site se fait exclusivement par voie maritime. Il est souligné que le site n'est pas adapté à l'accueil de navires d'une capacité supérieure à 74 000 m³ en raison de la limite technique donnée par la capacité du réservoir sur place, égale à 80 000 m³. Le débit de refoulement est égal à 4500 m³ / h à vitesse de croisière, donc le temps de séjour ne dépasse pas 30 heures.

6.7.6. Utilitaires et distribution.

En 2019, sur les 4 millions de m³ de GNL livrés depuis le site de Fos Tonkin, 90% ont été injectés dans le réseau de distribution, tandis que le reste a été chargé sur des pétroliers. De plus, comme le site dispose de deux systèmes de chargement / déchargement de camions-citernes et que la période de transit de ces derniers, au sein de Fos Tonkin, est d'environ 1 heure, le site peut accueillir jusqu'à 34 camions par jour. Le transit et l'entrée des véhicules ont également été optimisés grâce à un système de réservation.

6.7.7. Dimensionnement et indicateurs de performance clés (KPI).

Le site de Fos Tonkin dispose d'un réservoir d'une capacité de 80 000 m³, permettant, grâce à la vitesse de déchargement / chargement de ses pompes, le transit d'environ 10 millions de GNL par an. Au sein de l'étude, 3 KPI sont identifiés:

- indice de rotation du GNL dans le réservoir;
- nombre de pétroliers chargés chaque jour, avec temps de transit moyen relatif;
- nombre de bateaux chargés / déchargés et durée de l'escale.

6.7.8. Layout et processus.

En ce qui concerne la mise en page et les processus, le rapport préparé par le partenaire P5 détaille en détail les profils les plus pertinents. Ci-dessous la vue détaillée de la mise en page prévue

Schéma du processus GNL dans le terminal de Fos Tonkin



6.7.9. Procédures de sûreté et de sécurité.

Avec la mention spécifique relative à la discipline réglementaire à laquelle le site de Fos Tonkin peut être / est soumis (ICPE Seveso Seuil élevé; ISPS; ZAR), il est nécessaire de mentionner certaines des procédures et systèmes de sécurité mis en œuvre par Elengy à l'intérieur du terminal, ils sont donc résumés dans le tableau ci-dessous.



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Procédures de sécurité adoptées par le site Fos Tonkin

Chargement / déchargement en mer	<i>Surveillance d'un opérateur; Dispositif de déconnexion d'urgence sur les bras.</i>
Station de chargement de GNL des camions-citernes sur site	<i>Surveillance d'un opérateur; Attendre le conducteur dans un endroit sûr; Entrée sur le site uniquement sur autorisation; tuyaux de raccordement flexibles.</i>
Réservoir de stockage	<i>Chargement de GNL effectué par le haut.</i>
Site industriel	<i>Surveillance météorologique; Systèmes MMR pour la détection de GNL; Systèmes de prévention des incendies.</i>
Normes et standards appliqués	<i>ISO 9001; ISO 14 001; ISO 45 001; Système de gestion de la sécurité (ISR8)</i>

6.7.10. Contraintes environnementales.

Veillez vous référer au produit T2.2.2 dans sa version complète pour une analyse détaillée.

7. FICHE RÉCAPITULATIVE PRODUIT T2.3.1 "OUTILS DE GESTION POUR L'ÉVALUATION DES INVESTISSEMENTS DANS LES INSTALLATIONS D'APPROVISIONNEMENT ET DE STOCKAGE DE GNL DANS LES PORTS"

7.1. Objectif du produit T2.3.1

L'objectif du produit T2.3.1 "Outils de gestion pour l'évaluation des investissements dans les installations d'approvisionnement et de stockage de GNL dans les ports" situé dans la composante T2 "Préparation du plan d'action intégré commun pour la planification et le développement des installations de soutage de GNL dans les ports de la zone de programme" est de définir certains outils de gestion pour l'évaluation des investissements dans les installations d'approvisionnement et de stockage de GNL dans les ports. Plus précisément, le produit susmentionné fournit un ensemble d'informations détaillées sur les investissements (CAPEX) et les coûts d'exploitation (OPEX) liés à la mise en œuvre et à la gestion de différentes solutions de soutage et de stockage de GNL dans l'environnement maritime portuaire, en considérant différentes options technologiques et un dimensionnement des installations conforme aux caractéristiques spécifiques des ports fournis dans le formulaire. En outre, les activités de recherche menées ont permis de fournir des informations détaillées sur les indicateurs et les paramètres à utiliser afin de procéder à une première évaluation de la viabilité économique et financière de diverses solutions technologiques pour le soutage et le stockage du GNL, et de disposer de quelques outils de gestion initiaux visant à une évaluation plus éclairée par les décideurs publics et autres parties compétentes en ce qui concerne les propositions de projets émanant d'opérateurs privés désireux d'investir dans la mise en œuvre de ce type d'installations et de solutions d'approvisionnement dans l'environnement portuaire. Toutefois, le cadre conceptuel élaboré pour l'analyse des investissements et des coûts d'exploitation tient également compte des principaux profils économique-financiers liés à la logistique d'approvisionnement des installations examinées. Afin de mener à bien les activités qui y sont mentionnées, une feuille de calcul "Excel" articulée a également été préparée, contenant les outils qui facilitent l'évaluation des profils économique-financiers résultant des choix d'investissement effectués dans les structures décrites. Ce dossier pourrait utilement faire l'objet d'activités de capitalisation pour fournir aux décideurs publics impliqués dans ce type de processus de conception d'infrastructures et le processus d'autorisation y afférent des outils analytiques d'aide à la décision stratégique de nature simple et semi-automatique.

Le produit bénéficie donc à plusieurs catégories de groupes cibles envisagées pour le projet, dont principalement les autorités portuaires, les autorités publiques locales, les opérateurs privés du secteur (armateurs, sociétés de soutage, sociétés de terminaux), les capitaines de port et les pompiers.

7.2. Profils méthodologiques

Afin de définir un cadre conceptuel solide et partagé, fonctionnel à l'examen des différents investissements et coûts d'exploitation liés à chaque solution de soutage et de stockage de GNL dans l'environnement portuaire maritime, en tenant compte des différentes spécifications dimensionnelles et des mécanismes de logistique d'approvisionnement, le partenariat a défini les profils méthodologiques communs à appliquer dans les activités de recherche en question. Cette phase a notamment vu une forte coordination entre les partenaires P1, P2 et P3, ainsi que leurs consultants externes respectifs (Assocostieri Servizi Srl pour P1 et Enterprise Shipping Agency Srl pour P3). La définition des profils méthodologiques a permis non seulement d'identifier la classification et la taxonomie des différents coûts (CAPEX et OPEX) et les profils liés aux coûts de la logistique d'approvisionnement en GNL aux nœuds de soutage et de stockage, mais, malgré le manque actuel de données et d'informations sur la tarification qui pourrait caractériser les services de soutage de GNL dans les ports dans les années à

venir, on a tenté de définir des approches pour l'évaluation préliminaire des investissements dans des installations de ce type d'un point de vue économique et financier.

En particulier, pour chaque option technologique de soutage et de stockage du GNL, une taxonomie précise des catégories de coûts macro et micro attribuables aux CAPEX, OPEX et à la logistique d'approvisionnement a été définie. Pour un examen détaillé des profils méthodologiques en question, voir la version complète du produit T2.3.1.

Le modèle conceptuel adopté bénéficie des activités de recherche menées par les différents partenaires et leurs consultants et est donc basé sur les documents mentionnés ci-dessous :

1. "Examen des profils économique-financiers liés à la préparation des solutions technologico-productives les plus appropriées pour le soutage et le stockage du GNL dans l'environnement portuaire" développé par Assocostieri srl en relation avec la contribution au projet Interreg Marittimo TDI RETE-GNL ;
2. "Produit T2.3.1 "Valutazione economico-finanziaria preliminare di impianti di bunkering e stoccaggio GNL nei porti dell'area ", préparé par le groupe de l'ESA à titre de contribution au projet susmentionné ;
3. T2.3.1 "Outil de gestion pour l'évaluation des investissements dans les installations de soutirage / stockage de GNL" fourni par le partenaire du projet, l'Office des Transports de Corse (OTC) ;
4. "Analyse des coûts de l'infrastructure logistique du GNL dans les ports et des externalités connexes" fournie par le partenaire UNIFI en collaboration avec la société de conseil STF - Studio Tommaso Franci.

En outre, afin d'arriver à une première évaluation sommaire des investissements d'infrastructure de ce type, l'UNICA-CIREM, en collaboration avec le consultant ESA, a préparé une analyse de balisage et de scénarios multiples avec laquelle on a tenté d'identifier certains indicateurs économique-financiers pour évaluer la viabilité économique-financière de différents types d'investissements en GNL dans le secteur maritime-portuaire. La définition du cadre conceptuel et de la méthodologie d'analyse ainsi adoptée a été partagée lors d'une réunion télématique spéciale en juillet 2020 avec le client et au CF du projet.

Enfin, le produit T2.3.1 envisage également des solutions possibles pour accroître l'attractivité de l'entreprise en question du point de vue du secteur privé par le biais de formes de soutien public ou d'interventions de divers types, comme :

- ✓ Mise en œuvre de PPP (partenariats public-privé), de subventions non remboursables et de prêts à faible taux d'intérêt.
- ✓ Certificats " green " et incitations fiscales (taxes portuaires différenciées).
- ✓ Subventions de fonctionnement pour les investissements dans les technologies "green".

7.3. Description des postes de coût

Afin de définir une classification adéquate des investissements et des coûts d'exploitation liés à la construction et à la gestion des infrastructures de soutage de GNL dans la zone maritime-portuaire, le partenariat a défini des macro-catégories de coûts qui ont ensuite été décomposées en postes de dépenses homogènes, compte tenu des coûts d'investissement (CAPEX) et des coûts d'exploitation et de gestion (OPEX) qui distinguent les différents types d'installations (il est à nouveau précisé que les coûts liés à la logistique d'approvisionnement ont également été inclus).



En particulier, les coûts d'investissement à engager dans la construction d'infrastructures de stockage et de soutage de transfert pour les différentes technologies analysées sont divisés en trois macro-catégories de coûts, elles-mêmes divisées en micro-catégories de coûts (Figure 35).

Figure 35. Classification des coûts CAPEX pour diverses solutions de soutage du GNL

LNG - BUNKERING MODE		T-t-S					P-t-S					S-t-S					
LNG - BUNKERING TYPE		ISO-cont on wheel	semi-trailer on wheel	ISO-cont on skid	Tank on skid	Tank/ISO-c multi-rads	S-bullet cylinders	M-bullet cylinders	L-bullet cylinders	secondary atm. tank	primary atm. tank	MV. (Seagas)	barge (Flexstater)	MV (Coralis)	MV (Northsea)	MV (Coralis)	MV (Coralis)
CAPEX INVESTMENT COSTS																	
A) LNG storage IN/OUT																	
tank surface factor		f.															
tank pressure factor		f.															
LME Nil 5%		56.000	€C														
tank/hull structure factor		2.000	€C														
B.O.P. (pumps, pipes, meters, ...)			€C														
A) LNG Storage IN/OUT construct.cost			€C														
B) LNG send out to bunkering																	
distance LNG storage to ship		m															
pipes & bunkering equipment		540.000	€C														
B.O.P.			€C														
B) LNG send out to bunker.costs			€C														
C) LNG infrastructure general items																	
Land		150	€C														
Project Managem. & Engineer.		8%	€C														
site set up & start up costs		3%	€C														
insurances		1%	€C														
various & contingencie s		3%	€C														
C) LNG infrastructure general costs			€C														
LNG BUNKERING TOTAL CAPEX			€C														
Specific CAPEX/Storage INDEX:			€/m ³														
Tractors & semitrailers		135	€C														
D) LNG SUPPLY CHAIN			€C														
CAPEX Entire Bunker Supply Chain			€C														
Spe cific CAPEX Entire Supply INDEX:			€/m ³														
			€/m ³														

Source: Assocostieri Servizi Srl/UNIGE-CIELI

Les macro-catégories sont :

- Coûts de construction du Storage IN/OUT du GNL ;
- Les coûts de construction de l'installation de transfert (sortie) du GNL (coûts d'envoi du GNL vers le bunker) ;
- Coûts généraux de l'infrastructure GNL (LNG infrastructure general costs).

Les postes de coûts examinés jusqu'à présent dépendent de la distance entre le stockage de GNL de l'installation et le navire à ravitailler. En plus des trois macro- catégories ci-dessus, un quatrième élément de coût de la chaîne d'approvisionnement (D.) appelé "Coûts de la chaîne d'approvisionnement du GNL (LNG supply chain costs)" doit également être examiné, qui prend en compte les coûts logistiques du GNL de l'installation pour la fourniture de services de soutage.

Poursuivant l'examen des principaux coûts des activités de stockage et de soutage du GNL, les coûts d'exploitation et de gestion des installations de soutage du GNL ont été examinés dans deux macro-catégories de coûts :

- Coûts d'exploitation du stockage et de l'émission de GNL (LNG Storage & Send-Out Total Opex).
- Coûts d'exploitation de la chaîne d'approvisionnement en GNL (LNG Supply Chain Cost).

Dans ce cas également, une subdivision supplémentaire en postes de microcoûts a été élaborée, comme le montre la

Figure 36.



Figure 36. Classification des coûts OPEX pour diverses solutions de soutage du GNL

LNG - BUNKERING MODE		T-t-S					P-t-S					S-t-S				
LNG - BUNKERING TYPE		ISO-cont on wheel	semi-trailer on wheel	ISO-cont on skid	Tank on skid	Tank/Skic multi-rack	S-bullet cylinders	M-bullet cylinders	L-bullet cylinders	secondary atm. tank	primary atm. tank	M.V. (Seago)	barge (Flexibar)	MV (Coral)	MV (Coral Methane)	MV (Coral Encanto)
OPEX - OPERATION COSTS																
E) LNG STORAGE & SEND OUT																
Manager/Captain	110	k€/y														
Assist. Manager/Officer	90	k€/y														
shift work/crew	60	k€/y														
day work	45	k€/y														
Labor total		k€/y														
Maintenance & Tech. Services	2%	k€/y														
Energy & other utilities	200	50														
GSA&Insurances	50%	1%														
LNG Storage & Send-Out TOTAL OPEX		k€/y														
F) LNG SUPPLY CHAIN																
Manager/Captain	110	k€/y														
Assist. Manager/Officer	90	k€/y														
drivers/crew	45	k€/y														
Labor total		k€/y														
Maintenance & Tech. Services	2%	k€/y														
Energy & other utilities	200	50														
GSA&Insurances	50%	1%														
LNG Supply Chain TOTAL OPEX		k€/y														
OPEX Entire Bunker Supply Chain		k€														
Specific OPEX Entire Supply INDEX		C/m³														
		C/m³														
Operation range of bunkering mode/type		best for bunkering flexibility to small boats & ferries					best for ships bunkering @ the docks of the Terminal					best for bunkering large ships @ their mooring docks (or at sea)				

Source: Assocostieri Servizi Srl/UNIGE-CIELI

7.4. Évaluation économique-financière des différentes solutions de soutage GNL

Dans le cadre du produit T2.3.1, une analyse des profils économique-financiers relatifs aux différentes options technologiques liées aux solutions de soutage du GNL, c'est-à-dire Ship to Ship (STS), Truck to Ship (TTS) et Pipe to Ship (PTS), a été réalisée. Les sous-sections suivantes analysent et comparent les profils technico-opérationnels qui ont la plus grande influence sur les valeurs économiques de chacune de ces options technologiques. Enfin, une analyse comparative est proposée entre les coûts de CAPEX et d'OPEX liés aux trois solutions de soutage, en considérant différentes options d'investissement pour chaque solution technologique.

7.4.1. Ship to Ship (STS)

Dans le cadre de la solution STS, les cinq options suivantes pour le soutage du GNL ont été identifiées par rapport à la capacité de stockage (exprimée en m³) des réservoirs des navires utilisés pour les opérations de ravitaillement :

1. Très petits navires de soutage du GNL (150-300m³) ;
2. Petites barges de soutage (1.000-3000 m³) ;
3. MV bunker Small size (1.000-5.000 m³) ;
4. MV bunker Mid-size (6.000-10.000 m³) ;
5. MV bunker Large size (15.000-30.000 m³).

Afin de réaliser une analyse comparative et de fournir des informations synthétiques sur les profils économiques et financiers caractérisant les différentes options de soutage de GNL, les variables techniques / opérationnelles suivantes ont été sélectionnées (Tableau 33).

Tableau 33. Profils technico-opérationnels pertinents pour l'analyse économique et financière des différentes options d'investissement liées à la solution technologique de soutage de type STS

LNG - BUNKERING MODE	S-t-S				
LNG - BUNKERING TYPE	Très petits navires de soutage du GNL	Petites barges de soutage	MV bunker small size	MV bunker mid size	MV bunker large size
Capacité moyenne du réservoir (m ³)	200	1.500	5.000	7.500	30.000
Capacité d'envoi (m/h ³)	150	600	600	900	1.800
vitesse (knts)	12,5	7	13	13	16
Distance Hub Approvisionnement et à ravitailler. (km)	50	250	500	500	500
Heures Navigation et dans port (chargement / déchargement / inactivité / opérations portuaires)	13	56	84	84	96
Opérations de soutage par semaine	14	7	2	2	2
Capacité MAX annuelle (m ³)	146.000	234.000	520.000	780.000	3.120.000

Source: Assocostieri Servizi Srl/UNIGE-CIELI e Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.

Sur la base des données du Tableau 33, les coûts CAPEX pour chaque option d'investissement (Tableau 34) ont été analysés à la fois en termes absolus et par m³ de capacité de production annuelle des installations (avec une durée de vie utile du navire estimée à 25 ans

Tableau 35).

Tableau 34: Coût total CAPEX des solutions de soutage STS

LNG - BUNKERING MODE	S-t-S				
LNG - BUNKERING TYPE	Très petits navires de soutage du GNL	Petites barges de soutage	MV bunker small size	MV bunker mid size	MV bunker large size
Coûts de construction du stockage du GNL IN/OUT	1.228.000	8.775.000	14.591.000	25.456.000	73.646.000
Coûts de construction de l'installation de transfert (out) de GNL	155.000	436.000	436.000	623.000	1.186.000
Frais généraux de l'infrastructure GNL	719.000	3.039.000	6.161.000	9.258.000	11.224.000
Coûts de la chaîne d'approvisionnement en GNL	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Coût CAPEX total	2.102.000	12.250.000	21.188.000	35.337.000	86.056.000

Source: Assocostieri Servizi Srl/ UNIGE-CIELI et Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.

Tableau 35: Coût CAPEX annuel par m³ de capacité de production des options de soutage de type STS (25 ans de vie utile).

LNG - BUNKERING MODE	S-t-S				
LNG - BUNKERING TYPE	Très petits navires de soutage du GNL	Petites barges de soutage	MV bunker small size	MV bunker mid size	MV bunker large size
Coûts de construction du stockage du GNL IN/OUT	0,34	1,50	1,12	1,31	0,94
Coûts de construction de l'installation de transfert (out) de GNL	0,04	0,07	0,03	0,03	0,02
Frais généraux de l'infrastructure GNL	0,20	0,52	0,47	0,47	0,14
Coûts de la chaîne d'approvisionnement en GNL	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Coût CAPEX unitaire total annuel	0,58	2,09	1,63	1,81	1,10

Source: Assocostieri Servizi Srl/ UNIGE-CIELI et Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM

L'analyse comparative des données des tableaux ci-dessus montre que les CAPEX augmentent moins que proportionnellement à l'augmentation de la taille de l'actif de la construction navale, ce qui produit un effet plus visible des économies d'échelle en tenant compte du rapport entre l'investissement annuel total requis et la capacité annuelle de l'installation de construction navale. La même formulation a été utilisée pour les coûts opérationnels de chaque option d'investissement liée à la solution STS (Tableau 36 e Tableau 37).

Tableau 36: Coût OPEX annuel pour les solutions de soutage de type STS

LNG - BUNKERING MODE	S-t-S				
LNG - BUNKERING TYPE	Très petits navires de soutage du GNL	Petites barges de soutage	MV bunker small size	MV bunker mid size	MV bunker large size
coûts du travail	530.000	950.000	1.790.000	1.790.000	1.790.000
Coûts de maintenance et de service technique	42.000	246.000	424.000	706.000	1.722.000
Coûts de l'énergie et des autres services publics	465.750	746.500	1.659.000	2.488.750	9.954.750
Frais généraux d'administration, de sécurité et d'assurance	307.000	721.000	1.319.000	1.601.000	2.617.000
Coût opérationnel de l'infrastructure de soutage du GNL	1.344.750	2.663.500	5.192.000	6.585.750	16.083.750
coûts du travail	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Coûts de maintenance et de service technique	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Coûts de l'énergie et des autres services publics	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Frais généraux d'administration, de sécurité et d'assurance	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Coûts de la supply chain du GNL	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Coût total de fonctionnement	1.344.750	2.663.500	5.192.000	6.585.750	16.083.750

Source: Assocostieri Servizi Srl/ UNIGE-CIELI et Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.

Tableau 37: Coût OPEX annuel par m³ de capacité annuelle de l'installation d'options de soutage de type STS

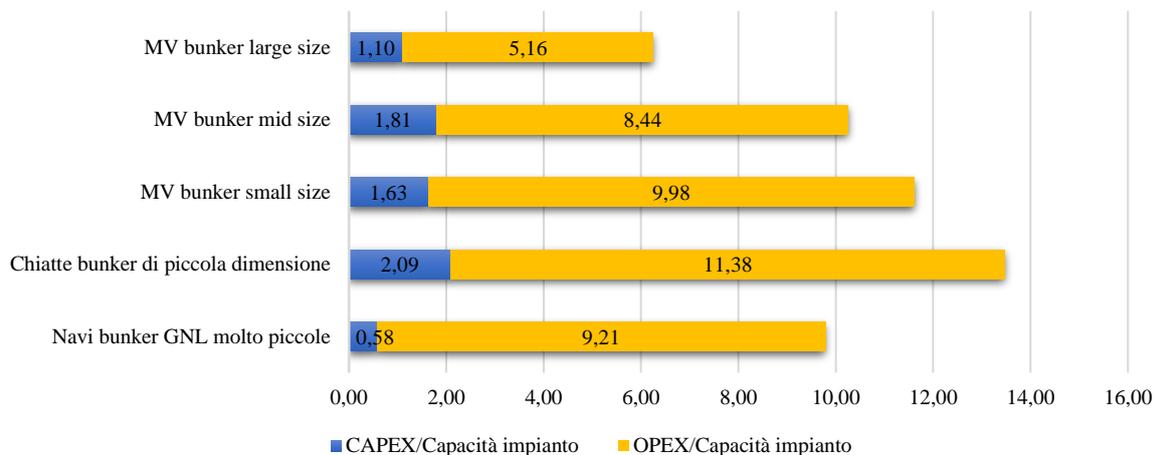
LNG - BUNKERING MODE	S-t-S				
LNG - BUNKERING TYPE	Très petits navires de soutage du GNL	Petites barges de soutage	MV bunker small size	MV bunker mid size	MV bunker large size
coûts du travail	3,63	4,06	3,44	2,29	0,57
Coûts de maintenance et de service technique	0,29	1,05	0,82	0,91	0,55
Coûts de l'énergie et des autres services publics	3,19	3,19	3,19	3,19	3,19
Frais généraux d'administration, de sécurité et d'assurance	2,10	3,08	2,54	2,05	0,84
opérationnel de l'infrastructure de soutage du GNL	9,21	11,38	9,98	8,44	5,16
coûts du travail	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Coûts de maintenance et de service technique	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Coûts de l'énergie et des autres services publics	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Frais généraux d'administration, de sécurité et d'assurance	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Coûts de la supply chain du GNL	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Coût total de fonctionnement	9,21	11,38	9,98	8,44	5,16

Source: Assocostieri Servizi Srl/ UNIGE-CIELI e Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.

L'examen des données collectées et les analyses économique-financière détaillées effectuées par l'ensemble du groupe de travail permettent de mettre en évidence l'existence de bénéfices évidents liés aux économies d'échelle de la plante, du fait que certains coûts (tels que les coûts de l'énergie et d'autres services publics) augmentent au fur et à mesure de la croissance de la plante mais de manière moins que proportionnelle par rapport à la taille elle-même. En outre, certains coûts, tels que les coûts de gestion du personnel, c'est-à-dire les coûts de main-d'œuvre et les coûts de personnel, restent même constants par rapport à des options telles que le "small size MV" ou le "large size MV". Il est particulièrement intéressant d'examiner l'évolution du coût annuel total (CAPEX par an + OPEX par an⁵) par unité de capacité annuelle de l'installation (visible dans la Figure 37), qui montre une variation en pourcentage du coût annuel par m³ de capacité de production d'un maximum de -36% compte tenu du passage d'une petite taille de 200 m³ à une grande taille de 30 000 m³.

⁵ En ce qui concerne les valeurs des variables de coût CAPEX et OPEX, il convient de noter que les coûts de la logistique d'approvisionnement sont toujours inclus.

Figure 37: Coût total par an (CAPEX par an + OPEX par an) par m³ de capacité de production des technologies STS



Source: Assocostieri Servizi Srl/ UNIGE-CIELI et Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.

7.4.2. Truck to Ship (TTS)

En ce qui concerne la solution Truck to Ship (TTS), les cinq principales options de soutage se sont avérées être :

1. Iso-Container Sur Camion;
2. Bunkeraggio à travers Atb;
3. Iso-Container sur Skid;
4. Citerne Sur Skid;
5. Iso Container / Citerne Sur Multi-Track.
6. Dans ce cas également, une évaluation comparative des profils économique-financiers liés aux caractéristiques techniques et opérationnelles est ensuite fournie, en examinant les variables présentées dans le Tableau 38:

Tableau 38: Profils technico-opérationnels révélant l'analyse économique et financière des différentes options d'investissement liées à la solution technologique de soutage TTS

LNG - BUNKERING MODE	T-t-S				
LNG - BUNKERING TYPE	Iso-Container Sur Camion	Bunkeraggio travers Atb	Iso-Container Sur Skid	Citerne Sur Skid	Iso Container / Citerne Sru Multi-Track
Capacité moyenne du réservoir (m ³)	40	50	40	40	40
Nombre de ravitaillements par jour	6	6	7	8	16
Temps de ravitaillement d'un réservoir (h)	4	4	3	3	1,5
Capacité MAX annuelle (m³)	87.000	109.000	102.000	116.000	233.000
Camions	6	6	8	9	16

Remorques	6		8	9	16
Semi Remorques		6			
Nombre de moyens nécessaires pour la passation de marchés chaîne d'approvisionnement hebdomadaire	12	12	16	18	32

Source: Assocostieri Servizi Srl/ UNIGE-CIELI et Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.

Comme dans le cas de la solution STS, les coûts CAPEX et OPEX ont été examinés à la fois en termes absolus et par rapport au m³ de capacité de production, en supposant dans ce cas une durée de vie utile de 20 ans (Tableau 39, Tableau 40, Tableau 41 et Tableau 42).

Tableau 39: Coût total CAPEX des solutions de soutage TTS

LNG - BUNKERING MODE	T-t-S				
LNG - BUNKERING TYPE	Iso-Container Sur Camion	Bunkeraggio travers Atb	Iso-Container Sur Skid	Citerne Sur Skid	Iso Container / Citerne Sru Multi-Track
Coûts de construction du storage du GNL IN/OUT	100.000	179.000	100.000	145.000	601.000
Les coûts de la construction du Transfert de GNL (out)	92.000	63.000	92.000	92.000	206.000
Coûts généraux de l'infrastructure GNL	28.800	30.800	103.800	110.550	121.050
Coûts de la supply chain du GNL	1.500.000	1.884.000	2.000.000	2.250.000	4.000.000
Coût CAPEX total	1.720.800	2.156.800	2.295.800	2.597.550	4.928.050

Source: Assocostieri Servizi Srl/ UNIGE-CIELI et Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.

Tableau 40: Coût CAPEX annuel par m³ de capacité de production des options de soutage de TTS, durée de vie de 20 ans

LNG - BUNKERING MODE	T-t-S				
LNG - BUNKERING TYPE	Iso-Container Sur Camion	Bunkeraggio travers Atb	Iso-Container Sur Skid	Citerne Sur Skid	Iso Container / Citerne Sru Multi-Track
Coûts de construction du storage du GNL IN/OUT	0,057	0,082	0,049	0,063	0,129
Les coûts de la construction du Transfert de GNL (out)	0,053	0,029	0,045	0,040	0,044
Coûts généraux de l'infrastructure GNL	0,017	0,014	0,051	0,048	0,026
Coûts de la supply chain du GNL	0,862	0,864	0,980	0,970	0,858
Coût CAPEX unitaire annuel total	0,989	0,989	1,125	1,120	1,058

Source: Assocostieri Servizi Srl/ UNIGE-CIELI et Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.



Tableau 41: Coût OPEX annuel pour les solutions de soutage de type TTS

LNG - BUNKERING MODE	T-t-S				
LNG - BUNKERING TYPE	Iso-Container Sur Camion	Bunkeraggio travers Atb	Iso-Container Sur Skid	Citerne Sur Skid	Iso Container / Citerne Sru Multi-Track
Coûts du travail	650.000	650.000	650.000	650.000	740.000
Coûts de maintenance et de service technique	4.400	5.400	6.000	7.000	18.600
Coûts de l'énergie et des autres services publics	317.500	372.500	380.000	390.000	732.500
Frais généraux d'administration, de sécurité et d'assurance	329.400	330.400	331.000	332.000	388.600
Coût opérationnel de l'infrastructure de soutage du GNL	1.301.300	1.358.300	1.367.000	1.379.000	1.879.700
Coûts du travail	1.100.000	1.100.000	1.235.000	1.370.000	2.855.000
Coûts de maintenance et de service technique	30.000	37.680	40.000	45.000	80.000
Coûts de l'énergie et des autres services publics	136.500	136.500	159.250	182.000	364.000
Frais généraux d'administration, de sécurité et d'assurance	580.000	587.680	657.500	730.000	1.507.500
Costi della supply chain del GNL	1.846.500	1.861.860	2.091.750	2.327.000	4.806.500
Costo operativo totale	3.147.800	3.220.160	3.458.750	3.706.000	6.686.200

Source: Assocostieri Servizi Srl/ UNIGE-CIELI et Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.

L'analyse comparative, également pour les options d'investissement envisagées par rapport à la technologie TTS, montre une croissance des CAPEX en valeur absolue moins que proportionnelle à la croissance de la taille des installations, comme c'est le cas notamment dans la transition d'une option "conteneur ISO sur roues (40 m³ de réservoir pour 6 unités)" à une option "conteneur ISO/citerne sur multivoie de 16 unités" où elle montre une augmentation de 7% du coût CAPEX global en termes absolus par rapport à une augmentation de la capacité de production annuelle de plus de 160%.

Tableau 42: Coût OPEX annuel par m³ de capacité annuelle de l'installation pour les solutions de soutage de type TTS

LNG - BUNKERING MODE	T-t-S				
LNG - BUNKERING TYPE	Iso-Container Sur Camion	Bunkeraggio travers Atb	Iso-Container Sur Skid	Citerne Sur Skid	Iso Container / Citerne Sru Multi-Track
Coûts du travail	7,47	5,96	6,37	5,60	3,18
Coûts de maintenance et de service technique	0,05	0,05	0,06	0,06	0,08
Coûts de l'énergie et des autres services publics	3,65	3,42	3,73	3,36	3,14
Frais généraux d'administration, de sécurité et d'assurance	3,79	3,03	3,25	2,86	1,67
Coût de fonctionnement de l'infrastructure de Soutage de GNL	14,96	12,46	13,40	11,89	8,07



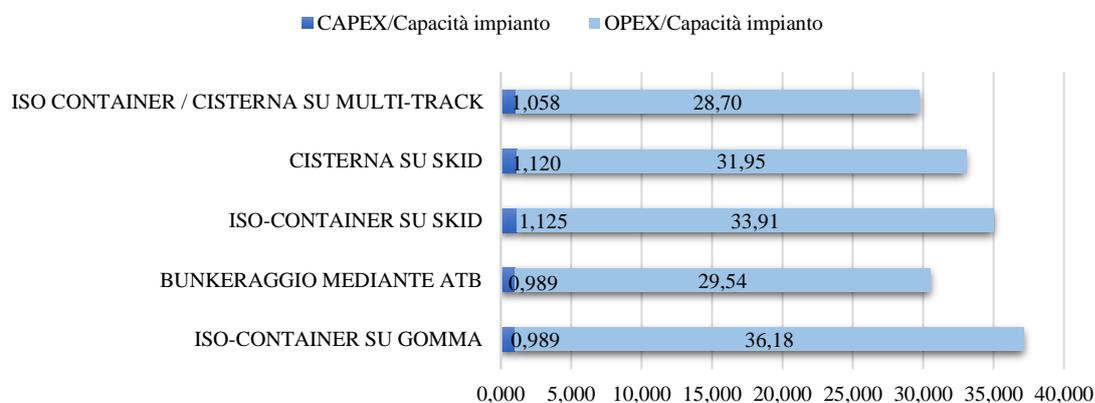
Coûts du travail	12,64	10,09	12,11	11,81	12,25
Coûts de maintenance et de service technique	0,34	0,35	0,39	0,39	0,34
Coûts de l'énergie et des autres services publics	1,57	1,25	1,56	1,57	1,56
Frais généraux d'administration, de sécurité et d'assurance	6,67	5,39	6,45	6,29	6,47
Coûts de la supply chain du GNL	21,22	17,08	20,51	20,06	20,63
Coût unitaire total de fonctionnement	36,18	29,54	33,91	31,95	28,70

Source: Assocostieri Servizi Srl/ UNIGE-CIELI et Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.

Un raisonnement similaire peut alors être fait en ce qui concerne les coûts OPEX de l'installation, qui, comme le montre le Tableau 41, restent assez stables, sauf pour la solution ISO conteneur/citerne sur multivoie, pour laquelle il y a une augmentation considérable des coûts d'utilisation, des frais généraux et des coûts de main-d'œuvre bien compensée, cependant, par l'augmentation de la capacité de production de l'installation.

A la fin de l'analyse des coûts CAPEX et OPEX, les coûts totaux (calculés comme la somme des deux composantes mentionnées ci-dessus) ont été examinés, ce qui a montré comment, en pondérant la valeur des coûts pour la capacité annuelle des installations, un passage du conteneur ISO sur roues (6 unités) au conteneur ISO/citerne sur multivoie (16 unités) entraînerait une augmentation de 168% de la capacité de production annuelle de l'installation et une augmentation de 167% de la capacité de stockage, contre une diminution de 10% de ce coût par m³ (Figure 38).

Figure 38: Coût annuel total par m³ de capacité de production des technologies TTS



Source: Assocostieri Servizi Srl/ UNIGE-CIELI et Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.

7.4.3. Pipe to Ship (PTS)

En ce qui concerne cette solution technologique, qui est beaucoup plus souple que les précédentes parce qu'elle n'est pas affectée par le niveau de la mer, il a semblé approprié d'examiner les technologies suivantes :

1. Terminal côtier de GNL "Small Bullet Cylinders";
2. Terminal côtier de GNL "Mid-Size Bullet Cylinders";
3. Terminal côtier de GNL "Long-Bullet Cylinders ;
4. Terminal côtier de GNL "Secondaire" à la pression atmosphérique ;
5. Terminal côtier de GNL "Primaire" à la pression atmosphérique.

Aux fins de l'analyse comparative, les variables technico-opérationnelles présentées dans le Tableau 43 ont été définies et étudiées.



Tableau 43: Profils technico-opérationnels révélant l'analyse économique et financière des différentes options d'investissement liées à la solution technologique de soutage PTS

LNG - BUNKERING MODE	P-t-S				
LNG - BUNKERING TYPE	Terminal côtier De Gnl "Small Bullet Cylinders"	Terminal côtier De Gnl "Mid-Size Bullet Cylinders"	Terminal côtier De Gnl "Long- Bullet Cylinders"	Terminal côtier De Gnl "Secondaire" à la Pression Atmosphérique	Terminal côtier De Gnl "Primaire" à la pression Atmosphérique
Capacité moyenne du réservoir (m ³)	640-1.000	9.000-10.000	20.000	20.000	50.000
Capacité d'envoi (m/h ³)	80-100	1.000	n.a	n.a	n.a
Longueur du pipeline de soutage (m)	250	1.000	1000	1.000	1.000
Terrain (m ³)	2.900	15.000	50.000	15.000	20.000
Nombre de véhicules nécessaires pour le ravitaillement en carburant du réservoir par semaine	16 ISO container/1 barge 500-1000 m ³	2 navires feeder de 7.500 m ³	2 navires feeder de 15.000 m ³	2 navires feeder da 15.000 m ³	2 navires feeder da 30.000 m ³
Capacité MAX annuelle (m³)	233.000	780.000	1.560.000	1.560.000	3.120.000
ISO container	19				
Navire feeder (7.500 m ³)		1			
Navire feeder (15.000 m ³)			1	1	
Navire feeder (30.000 m ³)					1
Nombre de véhicules nécessaires pour l'approvisionnement hebdomadaire de la chaîne logistique	19	1	1	1	1

Source: Assocostieri Servizi Srl/ UNIGE-CIELI et Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.

En ce qui concerne les CAPEX, les mêmes analyses ont été effectuées que pour les autres options d'investissement liées aux technologies précédentes (Tableau 44 e Tableau 45) qui ont abouti à des résultats très similaires, montrant une augmentation en valeur absolue moins que proportionnelle à la tendance de la capacité d'approvisionnement de l'installation considérée.



Tableau 44: Coût CAPEX total des solutions de soutage du STP

LNG - BUNKERING MODE	P-t-S				
LNG - BUNKERING TYPE	Terminal côtier De Gnl "Small Bullet Cylinder s"	Terminal côtier De Gnl "Mid-Size Bullet Cylinder s"	Terminal côtier De Gnl "Long-Bullet Cylinder s"	Terminal côtier De Gnl "Secondaire" à la Pression Atmosphérique	Terminal côtier De Gnl "Primaire" à la pression Atmosphérique
Coûts de construction du Storage du GNL IN/OUT	3.283.000	33.143.000	67.315.000	31.635.000	62.852.000
Les coûts de la construction du Transfert de GNL (out)	1.898.000	8.040.000	8.415.000	8.415.000	9.165.000
Coûts généraux de l'infrastructure GNL	1.212.150	8.427.450	18.859.500	8.257.500	13.802.550
Coûts de la supply chain du GNL	4.750.000	35.300.000	61.000.000	61.000.000	86.100.000
Coût CAPEX total	11.143.150	84.910.450	155.589.500	109.307.500	171.919.550

Source: Assocostieri Servizi Srl/ UNIGE-CIELI et Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.

Tableau 45: Coût annuel des CAPEX par m³ de capacité de production des options de soutage du STP, durée de vie de 30 ans

LNG - BUNKERING MODE	P-t-S				
LNG - BUNKERING TYPE	Terminal côtier De Gnl "Small Bullet Cylinder s"	Terminal côtier De Gnl "Mid-Size Bullet Cylinder s"	Terminal côtier De Gnl "Long-Bullet Cylinder s"	Terminal côtier De Gnl "Secondaire" à la Pression Atmosphérique	Terminal côtier De Gnl "Primaire" à la pression Atmosphérique
Coûts de construction du Storage du GNL IN/OUT	0,470	1,416	1,438	0,676	0,671
Les coûts de la construction du Transfert de GNL (out)	0,272	0,344	0,180	0,180	0,098
Coûts généraux de l'infrastructure GNL	0,173	0,360	0,403	0,176	0,147
Coûts de la supply chain du GNL	0,680	1,509	1,303	1,303	0,920
Coût CAPEX unitaire total annuel	1,594	3,629	3,325	2,336	1,837

Source: Assocostieri Servizi Srl/ UNIGE-CIELI et Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.

En ce qui concerne les coûts OPEX, le Tableau 46 présente les données relatives aux coûts d'exploitation annuels en termes absolus pour chaque option de type PTS, tandis que le Tableau 47 indique le coût OPEX (annuel) par unité de capacité annuelle de l'installation.

Tableau 46: Coût OPEX annuel pour les solutions de soutage de type PTS

LNG - BUNKERING MODE	P-t-S				
LNG - BUNKERING TYPE	Terminal côtier De Gnl "Small Bullet Cylinders"	Terminal côtier De Gnl "Mid-Size Bullet Cylinders"	Terminal côtier De Gnl "Long-Bullet Cylinders"	Terminal côtier De Gnl "Secondaire" à la Pression Atmosphérique	Terminal côtier De Gnl "Primaire" à la pression Atmosphérique
Coûts du travail	980.000	1.505.000	1.850.000	1.505.000	1.505.000
Coûts de maintenance et de service technique	128.000	992.000	1.892.000	966.000	1.716.000
Coûts de l'énergie et des autres services publics	743.500	2.488.750	4.977.250	4.977.250	9.954.750
Coûts de l'administration générale, de la sécurité et des assurances	618.000	1.744.500	2.817.000	1.718.500	2.468.500
Coût opérationnel de l'infrastructure de soutage du GNL	2.469.500	6.730.250	11.536.250	9.166.750	15.644.250
Coûts du travail	2.855.000	1.550.000	1.550.000	1.550.000	1.550.000
Coûts de maintenance et de service technique	95.000	706.000	1.220.000	1.220.000	1.722.000
Coûts de l'énergie et des autres services publics	364.000	511.599	680.609	680.609	849.618
Coûts de l'administration générale, de la sécurité et des assurances	1.522.500	1.481.000	1.995.000	1.995.000	2.497.000
Coûts de la supply chain du GNL	4.836.500	4.248.599	5.445.609	5.445.609	6.618.618
Coût total de fonctionnement	7.306.000	10.978.849	16.981.859	14.612.359	22.262.868

Source: Assocostieri Servizi Srl/ UNIGE-CIELI et Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.

Tableau 47: Coût OPEX annuel par m³ de capacité annuelle de l'installation pour les solutions de soutage de type PTS

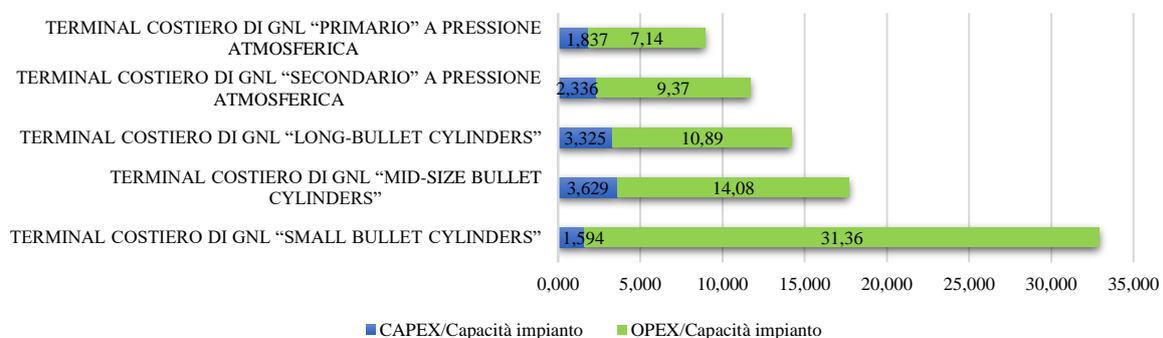
LNG - BUNKERING MODE	P-t-S				
LNG - BUNKERING TYPE	Terminal côtier De Gnl "Small Bullet Cylinders"	Terminal côtier De Gnl "Mid-Size Bullet Cylinders"	Terminal côtier De Gnl "Long-Bullet Cylinders"	Terminal côtier De Gnl "Secondaire" à la Pression Atmosphérique	Terminal côtier De Gnl "Primaire" à la pression Atmosphérique
Costo del lavoro	4,21	1,93	1,19	0,96	0,48
Costi di manutenzione e di servizi tecnici	0,55	1,27	1,21	0,62	0,55
Costi per l'energia e altre utenze	3,19	3,19	3,19	3,19	3,19
Costi generali di amministrazione, safety e assicurativi	2,65	2,24	1,81	1,10	0,79
Costo operativo dell'infrastruttura di bunkering GNL	10,60	8,63	7,40	5,88	5,01
Costo del lavoro	12,25	1,99	0,99	0,99	0,50
Costi di manutenzione e di servizi tecnici	0,41	0,91	0,78	0,78	0,55
Costi per l'energia e altre utenze	1,56	0,66	0,44	0,44	0,27
Costi generali di amministrazione, safety e assicurativi	6,53	1,90	1,28	1,28	0,80
Costi della supply chain del GNL	20,76	5,45	3,49	3,49	2,12
Costo operativo unitario totale annuo	31,36	14,08	10,89	9,37	7,14

Source: Assocostieri Servizi Srl/ UNIGE-CIELI et Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.

Il ressort notamment des analyses ci-dessus que, en ce qui concerne les coûts d'exploitation, il y a aussi les avantages liés aux économies d'échelle de l'installation car, à mesure que la taille de l'installation de stockage/d'avitaillement en GNL augmente, les coûts d'exploitation du stockage et de l'approvisionnement augmentent moins que proportionnellement à l'augmentation de la taille de l'installation, tandis que le poste "coûts de main-d'œuvre" diminue à mesure que l'installation se développe en raison du niveau d'automatisation plus élevé de la technologie.

Enfin, en considérant la valeur du coût annuel total pondéré pour la capacité annuelle de l'usine (comme cela a été fait pour les deux solutions technologiques précédentes), il a été constaté qu'un passage de l'option du terminal côtier de GNL small bullet cylinders (1 000 m³ de réservoir) au terminal côtier "primaire" de GNL à la pression atmosphérique (50 000 m³ de réservoir) entraîne une réduction du coût total (CAPEX par an + OPEX par an) par m³ de GNL produit par l'installation de 75% (Figure 39).

Figure 39: Coût annuel total par m³ de capacité de production des technologies PTS



Source : Assocostieri Servizi Srl/ UNIGE-CIELI et Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.

7.4.4. Comparaison des coûts OPEX-CAPEX des différentes solutions de soutage de GNL analysées

Le chapitre 4.4 du produit T2.3.1 compare les différents profils économique-financiers des options de soutage de GNL étudiées, en mettant particulièrement l'accent sur les coûts annuels en termes absolus et les coûts annuels pondérés pour la capacité annuelle des installations, étant donné que cette dernière est essentielle aux fins de l'analyse des performances économique-financières des investissements dans ces technologies, appelée "marge d'analyse multi scénarios" et décrite dans le dernier chapitre.

L'analyse comparative des coûts annuels des différentes méthodes analysées a été effectuée à la fois sur les postes de coûts OPEX et CAPEX et sur les coûts totaux des différentes méthodes de soutage du GNL étudiées.

Les options de soutage du STP sont évidemment les plus "capital intensive", tandis que les différentes options d'investissement liées à la technologie du STP sont diamétralement opposées. Les options de STP, caractérisées par une taille d'installation plus importante, une capacité globale de prestation de services plus élevée, un niveau technologique élevé de referment et des coûts plus élevés liés à l'entretien ordinaire, à la gestion du personnel et à une consommation d'énergie plus importante, impliquent un investissement initial de l'ordre de 6x-60x et des coûts d'exploitation annuels de l'ordre de 2x-5x par rapport aux solutions de STP.

Les solutions STS, dont le dimensionnement en termes de capacité de stockage de GNL est en général plus proche des solutions PTS, mais moins complexe sur le plan technologique, sont moins "capital intensive" en termes de coût annuel absolu (CAPEX, OPEX et totaux) que les solutions PTS mais pas

par rapport aux solutions TTS, représentant ainsi une voie intermédiaire en termes économiques entre les différents modes analysés.

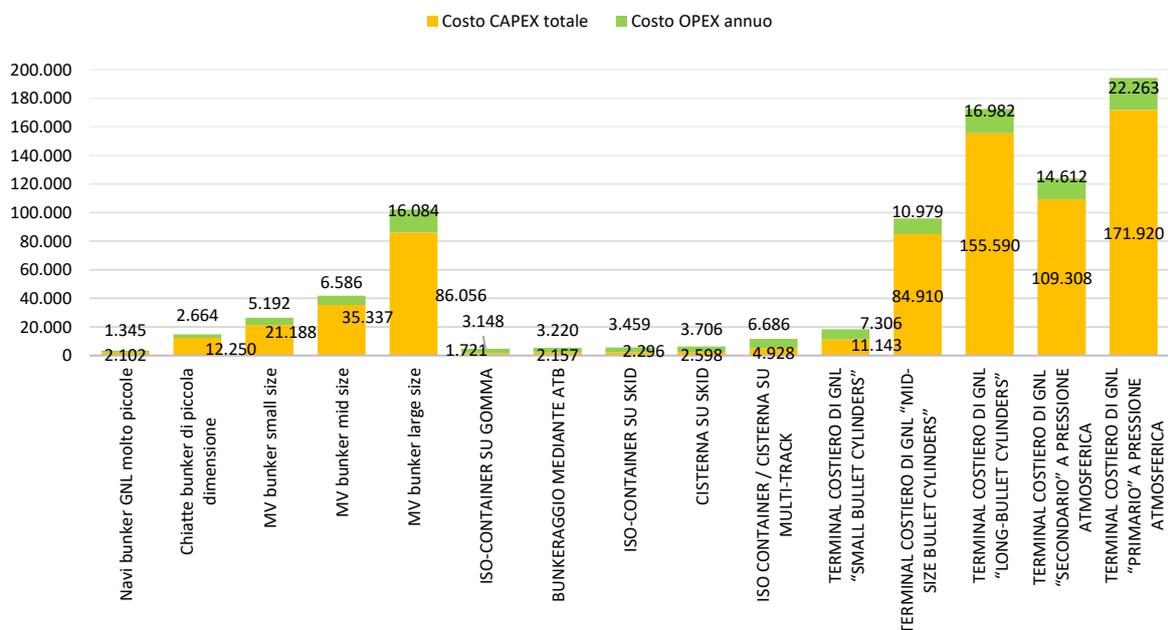
Cela dit, il est toutefois souligné que le raisonnement en termes absolus ne tient pas compte des différentes tailles des usines, et en particulier de leurs différentes capacités de production.

Par conséquent, si les installations de STP peuvent sembler être les plus coûteuses et les moins économiques en termes absolus, du point de vue des coûts annuels pondérés en fonction de la capacité, elles constituent des options de soutage de GNL moins coûteuses par m³ de capacité de production que les installations de STP.

Cet effet d'échelle des installations est visible à la fois dans la Figure 40, où est indiqué le coût total de la première année d'exploitation des différentes installations de soutage de GNL, en considérant le coût total des investissements (CAPEX) plus le coût annuel des dépenses d'exploitation (OPEX), et dans la

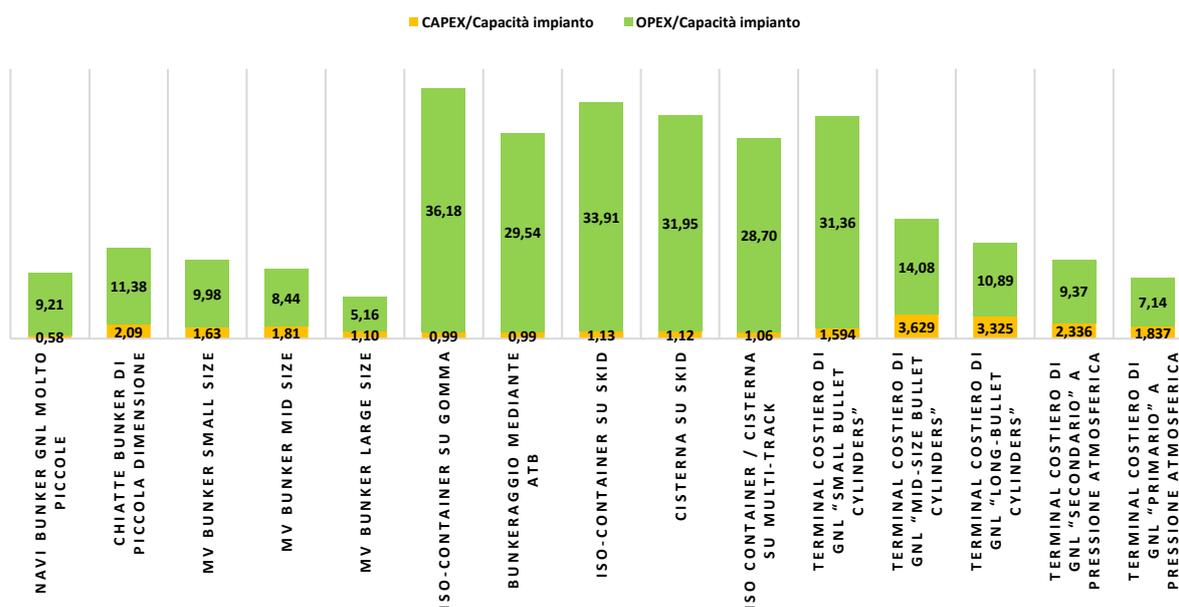
Figure 41, où est indiqué le coût annuel total des différentes installations pondéré en fonction de la capacité.

Figure 40: Coûts totaux (CAPEX total + OPEX annuel) des solutions de soutage de GNL du type STS-TTS-PTS ; chiffres en milliers d'euros



Source: Assocostieri Servizi Srl/UNIGE-CIELI et Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.

Figure 41: Coûts annuels totaux (CAPEX par an + OPEX par an) par unité de capacité (m³) des solutions de soutage de GNL de type STS-TTS-PTS



Source : Assocostieri Servizi Srl/ UNIGE-CIELI et Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.

L'examen des données rapportées dans les chiffres précédents permet de constater que, bien que les coûts totaux de l'investissement dans l'infrastructure GNL pour la première année d'activité (CAPEX total + OPEX annuel) soient plus élevés pour les solutions STP et STS, raisonnant plutôt en termes de coût annuel total (CAPEX annuel + OPEX annuel) pondéré par la capacité de l'installation, les solutions STP sont les moins économiques car ce sont les solutions ayant les coûts totaux les plus bas en termes absolus mais aussi les niveaux de capacité de production les plus bas.

En fait, les coûts totaux annuels pondérés des solutions TTS se situent entre 30 et 37 euros par m³ de capacité de production, tandis que les solutions STS ont les meilleures performances avec une fourchette de coût total annuel par capacité de production comprise entre 6 et 13,5 euros par m³.

Les chiffres du coût annuel total pondéré pour les options de STS sont similaires à ceux des solutions STS, à l'exclusion de la solution à plus faible capacité "terminal costiero GNL small bullet cylinders", bien que l'investissement dans les technologies de type STS nécessite un investissement initial nettement plus élevé, ce qui implique un coût annuel total légèrement plus élevé en termes de m³ de capacité de production que pour les solutions STS, dans une fourchette comprise entre 9 et 33 euros par m³.

En conclusion, il apparaît que, bien qu'en termes absolus, les solutions PTS et STS nécessitent sans aucun doute un investissement initial plus important et entraînent des exigences financières plus élevées que les options d'investissement de type TTS examinées dans le cadre du projet, en termes pondérés par

les capacités de production des installations, ces solutions sont économiquement et financièrement préférables.

Bien entendu, outre les aspects économiques et financiers des différentes solutions de soutage du GNL analysées, les contraintes opérationnelles et techniques des terminaux et les contraintes du marché doivent être prises en compte lors du choix entre un type d'installation de soutage et un autre.

7.5. Analyse du mark up multi-scenario

Suite à l'analyse des coûts des différentes solutions de soutage du GNL, une analyse "Mark up multi scenario" a été réalisée afin d'identifier d'autres indicateurs économique-financiers possibles pour exprimer une première évaluation générale des projets d'investissement relatifs à la construction d'infrastructures de soutage/stockage du GNL dans le secteur portuaire en adoptant diverses technologies alternatives.

Cette analyse a été réalisée sur la base d'hypothèses multiscénarios sur le prix de vente des services d'approvisionnement en GNL, ce qui a permis d'établir des tableaux de flux de trésorerie pour les investissements dans les différentes solutions de soutage de GNL étudiées.

Afin d'identifier la fourchette de prix finale du service de soutage de GNL qui permettrait de formuler les tableaux de flux de trésorerie pour les investissements dans les différentes options technologiques de soutage de GNL analysées, la valeur du "coût variable par m³ de GNL matière première acheté par les différentes installations de soutage de GNL" a d'abord été recherchée puis 3 majorations différentes ont été appliquées à ce chiffre de coût, en supposant une utilisation maximale des installations conformément aux hypothèses formulées au paragraphe 1.4.

Dans un souci de simplification, un coût d'achat du GNL constant par m³ a été supposé pour toutes les technologies étudiées, quel que soit le volume de GNL acheté et géré par l'infrastructure. Cette hypothèse est évidemment irréaliste et en tout cas banalisante, mais elle est essentielle en raison du niveau de complexité déjà élevé lié aux processus d'estimation et d'évaluation réalisés dans le cadre des activités techniques T2.3 du projet TDI RETE GNL.

Comme approximation du coût variable par m³ de matière première, la moyenne des prix du GNL du PEG Nord des 5 dernières années a été utilisée, c'est-à-dire le prix du GNL échangé au point d'échange de gaz (PEG Nord), communément appelé PEG Nord, qui est l'un des 3 points d'échange virtuels pour la vente, l'achat et l'échange de gaz naturel et de GNL en France.

Le choix d'utiliser la moyenne sur cinq ans est dû au fait que le 6 août, il est apparu que 1 m³ de GNL dans le PEG Nord Hub était négocié à 7 euros par MWh et, considérant que 1 m³ de GNL équivaut à 6,933 MWh, le prix en août 2020 était de près de 50 euros par m³, ce qui est historiquement très bas, en raison de la réduction de la consommation et de la chute subséquente des prix des matières premières énergétiques par rapport à la pandémie COVID19, et donc non représentatif du prix réel du marché et du prix futur éventuel de cette matière première.

En outre, à des fins prudentielles, une marge de sécurité de 2 euros par MWh (GNL = PEG + 2 euros par MWh) a été ajoutée à la valeur moyenne sur cinq ans du PEG, qui est de 20 euros par MWh.

En conclusion, en utilisant un prix par m³ de GNL de 22 euros par MWh, la valeur marchande du m³ de GNL s'est avérée être de 150 euros par m³.

Ainsi, après avoir identifié le coût variable par m³ de matière première, une analyse multiscénario basée sur trois niveaux de marge bénéficiaire différents paramétrés à ce coût a été réalisée :



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



- ✓ scénario bas : Prix final du service = Coût total de la matière première + 10% (165 euros par m³)
- ✓ scénario de base : prix final du service = coût total de la matière première + 20% (180 euros par m³)
- ✓ scénario haut : prix final du service = coût total de la matière première + 30% (195 euros par m³)

Après la définition des trois différents scénarios, après avoir identifié la fourchette de prix finale hypothétique du service de soutage de GNL, l'analyse des flux de trésorerie actualisés (DCFA - Discounted Cash Flow Analysis) qui sous-tend chacune des hypothèses d'investissement dans les installations de soutage de GNL analysées a été réalisée.

À cette fin, outre l'hypothèse d'une utilisation maximale des installations et du coût d'achat de la matière première, qui est constant et indépendant des volumes achetés, 5 hypothèses de fonctionnement ont été définies sur la base des tableaux des flux de trésorerie élaborés pour chaque solution de soutage de GNL étudiée, qui sont énumérés et expliqués ci-dessous :

- ✓ un taux d'inflation de 2 % par an ;
- ✓ la durée de vie économique des technologies : STS = 25 ans ; TTS = 20 ans ; PTS = 30 ans ;
- ✓ Pas d'opérations de maintenance extraordinaires (hypothèse extrêmement simplificatrice) ;
- ✓ Valeur finale de l'infrastructure égale à 0 (les analyses futures devraient plutôt prendre en compte le risque probable d'avoir une valeur finale négative de l'infrastructure en raison des coûts de démantèlement de l'infrastructure) ;
- ✓ Coût pondéré du capital (WACC) = 5,77 % (voir détails ci-dessous).

Le taux d'inflation de 2 % par an, c'est-à-dire le taux d'intérêt appliqué aux tendances futures des coûts/revenus et non le taux d'inflation utilisé pour calculer le taux d'actualisation, a été appliqué pour décrire l'effet de l'obsolescence technologique et l'effet du développement des systèmes économiques.

En fait, il a été supposé qu'à partir de la sixième année de vie des installations, les coûts d'exploitation augmenteront en raison du fait que les technologies de soutirage du GNL commenceront à nécessiter plus de maintenance et de main-d'œuvre.

En outre, comme l'indique la BCE, le taux d'inflation de 2 % par an décrit un système économique en développement, et l'on suppose donc que les matériaux utilisés pour l'entretien, les réparations et les remplacements, principalement des pièces métalliques, augmenteront également leur valeur de revient.

Il convient de noter que le taux d'inflation en question n'a pas été appliqué au coût de la matière première GNL car, comme décrit, le coût par m³ de GNL acheté est dérivé du coût moyen du PEG GNL au cours des 5 dernières années, qui est à ce jour de +300% par rapport à la valeur actuelle de la matière première GNL. En outre, le prix final étant lié au prix d'achat de la matière première, l'application du taux d'inflation au coût de la matière première n'aurait aucun impact en termes de flux de trésorerie.⁶

En outre, dans les tableaux des flux de trésorerie établis pour chaque solution de soutage du GNL étudiée, aucune valeur finale de l'infrastructure n'a été définie, ce qui, dans le cas des solutions STS, est généralement positif et est donné soit par la valeur de revente soit par la valeur de démolition, c'est-à-dire la valeur du fer présent dans l'infrastructure, tandis que pour les solutions PTS et TTS, elle est généralement négative, ce qui entraîne les coûts économiques de démantèlement de ces technologies en

⁶ Pour cette raison, le taux d'inflation a été appliqué uniquement aux coûts d'exploitation et non aux recettes.

fin de vie. Cette hypothèse a été retenue car le groupe de travail ne disposait pas des données sur les coûts de maintenance extraordinaires des technologies en question⁷.

Enfin, afin de développer les modèles de trésorerie et d'estimer la VAN du projet (valeur actuelle nette des flux de trésorerie) des différentes options analysées, il a été nécessaire d'identifier le coût pondéré du capital utilisé (WACC)⁸.

Grâce à la mise en œuvre des hypothèses décrites ici et à la mise en place conséquente de modèles de trésorerie pour identifier la faisabilité économique des solutions de soutage de GNL analysées, les indicateurs économiques et financiers suivants de l'investissement ont été mis en évidence :

- ✓ ROI de l'investissement : retour sur investissement ;
- ✓ BEP de l'investissement : seuil de rentabilité (seuil de rentabilité exprimé en années) ;
- ✓ VAN de l'investissement : valeur actuelle nette de l'investissement.
- ✓ TRI (taux de rendement interne) de l'investissement : taux de rendement interne de l'investissement

Les tableaux suivants (Tableau 48, Tableau 49, Tableau 50, Tableau 51, Tableau 52, Tableau 53, Tableau 54,

Tableau 55, Tableau 56) présentent les données relatives à ces indicateurs financiers selon les différentes hypothèses de scénario et pour les différents types de solutions de soutage de GNL analysés :

⁷ Pour les solutions STS étudiées, les opérations de maintenance extraordinaires sont généralement effectuées tous les 2,5 ans (dry dock costs) pendant la durée de vie de l'actif. Dans ce cas précis, les hypothèses de valeur finale nulle et de coûts de maintenance extraordinaires nuls sont partiellement compensées par le fait que la valeur finale de l'actif est positive et cohérente.

⁸ Le WACC, acronyme de Weighted Average Cost of Capital (coût moyen pondéré du capital), est compris comme le coût que la société/l'investisseur doit supporter pour obtenir des ressources financières auprès des actionnaires et des tiers prêteurs. Il s'agit d'une moyenne pondérée entre le coût des capitaux propres et le coût de la dette, les "poids" étant représentés par les capitaux propres et la dette financière totale. Ce chiffre est tiré des analyses annuelles effectuées par le professeur Damodaran de l'université d'économie de New York, qui estime à 5,77 % le coût du capital pour les investissements en infrastructures et en technologie dans le secteur "maritime", en supposant un coût du capital de type "équité" de 10,49 %, un coût du capital de type "dette" de 3,37 %, un levier financier de 47 %, un bêta sectoriel de 1,43 et un taux d'inflation prévu de 0,2 % pour l'euro et de 1,5 % pour le dollar.

Dans ce cas précis, puisque le WACC rapporté par Damodaran est exprimé en termes d'USD, afin de le convertir en WACC sur une base d'euro, le WACC USD doit être multiplié par le rapport de l'inflation prévue de l'euro sur le dollar.

Le WACC est donc le taux d'actualisation des flux de trésorerie utilisé pour étudier la VAN. Afin de comprendre si un investissement est rentable, le taux de WACC doit être acheté au taux IRR ; si le taux IRR est supérieur au WACC, alors l'investissement est rentable.

Tableau 48: Entrées et sorties d'argent provenant de diverses solutions de soutage du GNL de type TTS ; scénario base-haut (en milliers d'euros)

T	ISO-CONTAINER SUR CAMION				SOUTAGE A TRAVERS ATB				ISO-CONTAINER SUR SKID				CITERNE SUR SKID				ISO CONTAINER / CITERNE SUR MULTI-TRACK			
	Flux U	Flux E (MARK UP 10%)	Flux E (MARK UP 20%)	Flux E (MARK UP 30%)	Flux U	Flux E (MARK UP 10%)	Flux E (MARK UP 20%)	Flux E (MARK UP 30%)	Flux U	Flux E (MARK UP 10%)	Flux E (MARK UP 20%)	Flux E (MARK UP 30%)	Flux U	Flux E (MARK UP 10%)	Flux E (MARK UP 20%)	Flux E (MARK UP 30%)	Flux U	Flux E (MARK UP 10%)	Flux E (MARK UP 20%)	Flux E (MARK UP 30%)
0	1.721				2.157				2.296				2.598				4.928			
1	16.198	14.355	15.660	16.965	19.570	17.985	19.620	21.255	18.759	16.830	18.360	19.890	21.106	19.140	20.880	22.620	41.636	38.445	41.940	45.435
2	16.198	14.355	15.660	16.965	19.570	17.985	19.620	21.255	18.861	16.830	18.360	19.890	21.106	19.140	20.880	22.620	41.636	38.445	41.940	45.435
3	16.198	14.355	15.660	16.965	19.570	17.985	19.620	21.255	18.963	16.830	18.360	19.890	21.106	19.140	20.880	22.620	41.636	38.445	41.940	45.435
4	16.198	14.355	15.660	16.965	19.570	17.985	19.620	21.255	19.065	16.830	18.360	19.890	21.106	19.140	20.880	22.620	41.636	38.445	41.940	45.435
5	16.198	14.355	15.660	16.965	19.570	17.985	19.620	21.255	19.167	16.830	18.360	19.890	21.106	19.140	20.880	22.620	41.636	38.445	41.940	45.435
6	16.261	14.355	15.660	16.965	19.635	17.985	19.620	21.255	19.338	16.830	18.360	19.890	21.180	19.140	20.880	22.620	41.770	38.445	41.940	45.435
7	16.325	14.355	15.660	16.965	19.700	17.985	19.620	21.255	19.510	16.830	18.360	19.890	21.256	19.140	20.880	22.620	41.906	38.445	41.940	45.435
8	16.390	14.355	15.660	16.965	19.767	17.985	19.620	21.255	19.684	16.830	18.360	19.890	21.333	19.140	20.880	22.620	42.045	38.445	41.940	45.435
9	16.457	14.355	15.660	16.965	19.836	17.985	19.620	21.255	19.860	16.830	18.360	19.890	21.411	19.140	20.880	22.620	42.187	38.445	41.940	45.435
10	16.525	14.355	15.660	16.965	19.905	17.985	19.620	21.255	20.037	16.830	18.360	19.890	21.492	19.140	20.880	22.620	42.332	38.445	41.940	45.435
11	16.595	14.355	15.660	16.965	19.976	17.985	19.620	21.255	20.215	16.830	18.360	19.890	21.574	19.140	20.880	22.620	42.480	38.445	41.940	45.435
12	16.666	14.355	15.660	16.965	20.049	17.985	19.620	21.255	20.395	16.830	18.360	19.890	21.657	19.140	20.880	22.620	42.630	38.445	41.940	45.435
13	16.738	14.355	15.660	16.965	20.123	17.985	19.620	21.255	20.576	16.830	18.360	19.890	21.742	19.140	20.880	22.620	42.784	38.445	41.940	45.435
14	16.812	14.355	15.660	16.965	20.198	17.985	19.620	21.255	20.760	16.830	18.360	19.890	21.829	19.140	20.880	22.620	42.941	38.445	41.940	45.435
15	16.887	14.355	15.660	16.965	20.275	17.985	19.620	21.255	20.944	16.830	18.360	19.890	21.918	19.140	20.880	22.620	43.100	38.445	41.940	45.435
16	16.964	14.355	15.660	16.965	20.354	17.985	19.620	21.255	21.131	16.830	18.360	19.890	22.008	19.140	20.880	22.620	43.263	38.445	41.940	45.435
17	17.042	14.355	15.660	16.965	20.434	17.985	19.620	21.255	21.319	16.830	18.360	19.890	22.100	19.140	20.880	22.620	43.430	38.445	41.940	45.435
18	17.122	14.355	15.660	16.965	20.516	17.985	19.620	21.255	21.508	16.830	18.360	19.890	22.194	19.140	20.880	22.620	43.599	38.445	41.940	45.435
19	17.203	14.355	15.660	16.965	20.599	17.985	19.620	21.255	21.700	16.830	18.360	19.890	22.290	19.140	20.880	22.620	43.772	38.445	41.940	45.435
20	17.287	14.355	15.660	16.965	20.684	17.985	19.620	21.255	21.893	16.830	18.360	19.890	22.388	19.140	20.880	22.620	43.949	38.445	41.940	45.435
TOT	333.985	287.100	313.200	339.300	402.059	359.700	392.400	425.100	405.979	336.600	367.200	397.800	434.499	382.800	417.600	452.400	855.299	768.900	838.800	908.700

Source: UNIGE-CIELI et Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.

Tableau 49: Total des flux de trésorerie, ROI, IRR et BEP des différentes solutions de soutage du GNL de type TTS ; scénario base-haut (en milliers d'euros)

T	ISO-CONTAINER SUR CAMION			SOUTAGE A TRAVERS ATB			ISO-CONTAINER SUR SKID			CITERNE SUR SKID			ISO CONTAINER / CITERNE SUR MULTI-TRACK		
	Flux U/E (MARK UP 10%)	Flux U/E (MARK UP 20%)	Flux U/E (MARK UP 30%)	Flux U/E (MARK UP 10%)	Flux U/E (MARK UP 20%)	Flux U/E (MARK UP 30%)	Flux U/E (MARK UP 10%)	Flux U/E (MARK UP 20%)	Flux U/E (MARK UP 30%)	Flux U/E (MARK UP 10%)	Flux U/E (MARK UP 20%)	Flux U/E (MARK UP 30%)	Flux U/E (MARK UP 10%)	Flux U/E (MARK UP 20%)	Flux U/E (MARK UP 30%)
0	-1.721	-1.721	-1.721	-2.157	-2.157	-2.157	-2.296	-2.296	-2.296	-2.598	-2.598	-2.598	-4.928	-4.928	-4.928
1	-1.843	-538	767	-1.585	50	1.685	-1.929	-399	1.131	-1.966	-226	1.514	-3.191	304	3.799
2	-1.843	-538	767	-1.585	50	1.685	-2.031	-501	1.029	-1.966	-226	1.514	-3.191	304	3.799
3	-1.843	-538	767	-1.585	50	1.685	-2.133	-603	927	-1.966	-226	1.514	-3.191	304	3.799
4	-1.843	-538	767	-1.585	50	1.685	-2.235	-705	825	-1.966	-226	1.514	-3.191	304	3.799
5	-1.843	-538	767	-1.585	50	1.685	-2.337	-807	723	-1.966	-226	1.514	-3.191	304	3.799
6	-1.906	-601	704	-1.650	-15	1.620	-2.508	-978	552	-2.040	-300	1.440	-3.325	170	3.665
7	-1.970	-665	640	-1.715	-80	1.555	-2.680	-1.150	380	-2.116	-376	1.364	-3.461	34	3.529
8	-2.035	-730	575	-1.782	-147	1.488	-2.854	-1.324	206	-2.193	-453	1.287	-3.600	-105	3.390
9	-2.102	-797	508	-1.851	-216	1.419	-3.030	-1.500	30	-2.271	-531	1.209	-3.742	-247	3.248
10	-2.170	-865	440	-1.920	-285	1.350	-3.207	-1.677	-147	-2.352	-612	1.128	-3.887	-392	3.103
11	-2.240	-935	370	-1.991	-356	1.279	-3.385	-1.855	-325	-2.434	-694	1.046	-4.035	-540	2.955
12	-2.311	-1.006	299	-2.064	-429	1.206	-3.565	-2.035	-505	-2.517	-777	963	-4.185	-690	2.805
13	-2.383	-1.078	227	-2.138	-503	1.132	-3.746	-2.216	-686	-2.602	-862	878	-4.339	-844	2.651
14	-2.457	-1.152	153	-2.213	-578	1.057	-3.930	-2.400	-870	-2.689	-949	791	-4.496	-1.001	2.494
15	-2.532	-1.227	78	-2.290	-655	980	-4.114	-2.584	-1.054	-2.778	-1.038	702	-4.655	-1.160	2.335
16	-2.609	-1.304	1	-2.369	-734	901	-4.301	-2.771	-1.241	-2.868	-1.128	612	-4.818	-1.323	2.172
17	-2.687	-1.382	-77	-2.449	-814	821	-4.489	-2.959	-1.429	-2.960	-1.220	520	-4.985	-1.490	2.005
18	-2.767	-1.462	-157	-2.531	-896	739	-4.678	-3.148	-1.618	-3.054	-1.314	426	-5.154	-1.659	1.836
19	-2.848	-1.543	-238	-2.614	-979	656	-4.870	-3.340	-1.810	-3.150	-1.410	330	-5.327	-1.832	1.663
20	-2.932	-1.627	-322	-2.699	-1.064	571	-5.063	-3.533	-2.003	-3.248	-1.508	232	-5.504	-2.009	1.486
TOT	-46.885	-20.785	5.315	-42.359	-9.659	23.041	-69.379	-38.779	-8.179	-51.699	-16.899	17.901	-86.399	-16.499	53.401
ROI	-2725%	-1208%	309%	-1964%	-448%	1068%	-3022%	-1689%	-356%	-1990%	-651%	689%	-1753%	-335%	1084%
IRR			42,41%			77,72%						57,45%			76,71%
BEP			3			2						2			2

Source: UNIGE-CIELI et Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.

Tableau 50: Valeur actuelle nette du total des flux de trésorerie des différentes solutions de soutage du GNL de type TTS ; scénario base-haut (en milliers d'euros)

T	ISO-CONTAINER SUR CAMION			SOUTAGE A TRAVERS ATB			ISO-CONTAINER SUR SKID			CITERNE SUR SKID			ISO CONTAINER / CITERNE SUR MULTI-TRACK		
	VAN (MARK UP 10%)	VAN (MARK UP 20%)	VAN (MARK UP 30%)	VAN (MARK UP 10%)	VAN (MARK UP 20%)	VAN (MARK UP 30%)	VAN (MARK UP 10%)	VAN (MARK UP 20%)	VAN (MARK UP 30%)	VAN (MARK UP 10%)	VAN (MARK UP 20%)	VAN (MARK UP 30%)	VAN (MARK UP 10%)	VAN (MARK UP 20%)	VAN (MARK UP 30%)
0	-1.721	-1.721	-1.721	-2.157	-2.157	-2.157	-2.296	-2.296	-2.296	-2.598	-2.598	-2.598	-4.928	-4.928	-4.928
1	-1.742	-508	725	-1.499	47	1.593	-1.824	-377	1.070	-1.859	-214	1.431	-3.017	287	3.592
2	-1.647	-481	686	-1.417	45	1.506	-1.815	-448	920	-1.757	-202	1.353	-2.853	272	3.396
3	-1.557	-454	648	-1.340	42	1.424	-1.802	-509	784	-1.661	-191	1.279	-2.697	257	3.210
4	-1.472	-430	613	-1.267	40	1.346	-1.786	-563	659	-1.571	-181	1.210	-2.550	243	3.035
5	-1.392	-406	580	-1.197	38	1.273	-1.765	-609	546	-1.485	-171	1.144	-2.411	229	2.870
6	-1.361	-429	503	-1.178	-10	1.157	-1.791	-698	394	-1.457	-214	1.028	-2.375	121	2.618
7	-1.330	-449	432	-1.158	-54	1.050	-1.810	-777	256	-1.429	-254	921	-2.337	23	2.383
8	-1.299	-466	367	-1.138	-94	950	-1.822	-846	131	-1.400	-289	822	-2.299	-67	2.164
9	-1.269	-481	306	-1.117	-130	857	-1.829	-905	18	-1.371	-321	729	-2.259	-149	1.960
10	-1.239	-494	251	-1.096	-163	770	-1.830	-957	-84	-1.342	-349	644	-2.218	-224	1.771
11	-1.209	-504	200	-1.074	-192	690	-1.826	-1.001	-175	-1.313	-374	565	-2.177	-291	1.594
12	-1.179	-513	153	-1.053	-219	615	-1.818	-1.038	-258	-1.284	-396	491	-2.135	-352	1.431
13	-1.149	-520	109	-1.031	-243	546	-1.807	-1.069	-331	-1.255	-416	423	-2.093	-407	1.279
14	-1.120	-525	70	-1.009	-264	482	-1.792	-1.094	-396	-1.226	-433	361	-2.050	-456	1.137
15	-1.092	-529	34	-987	-283	422	-1.774	-1.114	-454	-1.197	-447	303	-2.007	-500	1.006
16	-1.063	-531	0	-965	-299	367	-1.753	-1.129	-506	-1.169	-460	249	-1.964	-539	885
17	-1.035	-533	-30	-944	-314	316	-1.730	-1.140	-550	-1.141	-470	200	-1.921	-574	773
18	-1.008	-533	-57	-922	-326	269	-1.704	-1.147	-590	-1.113	-479	155	-1.878	-605	669
19	-981	-532	-82	-900	-337	226	-1.677	-1.150	-623	-1.085	-486	114	-1.835	-631	573
20	-955	-530	-105	-879	-346	186	-1.649	-1.151	-652	-1.058	-491	76	-1.792	-654	484
VAN	-26.821	-11.570	3.682	-24.328	-5.220	13.889	-37.900	-20.018	-2.137	-29.770	-9.434	10.902	-49.793	-8.947	31.900
ROI	-1559%	-672%	214%	-1128%	-242%	644%	-1651%	-872%	-93%	-1146%	-363%	420%	-1010%	-182%	647%
IRR			34,64%			68,03%			7,07%			48,86%			67,07%

Source: UNIGE-CIELI et Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.

Tableau 51: Flux de trésorerie entrant et sortant des différentes solutions de soutage du GNL de type STS ; scénario base-haut (en milliers d'euros)

T	Navires bunker GNL très petits			Barge bunker de petite dimension				MV bunker small size				MV bunker mid size				MV bunker large size				
	Flux U	Flux E (MARK UP 10%)	Flux E (MARK UP 20%)	Flux E (MARK UP 30%)	Flux U	Flux E (MARK UP 10%)	Flux E (MARK UP 20%)	Flux E (MARK UP 30%)	Flux U	Flux E (MARK UP 10%)	Flux E (MARK UP 20%)	Flux E (MARK UP 30%)	Flux U	Flux E (MARK UP 10%)	Flux E (MARK UP 20%)	Flux E (MARK UP 30%)	Flussi U	Flux E (MARK UP 10%)	Flux E (MARK UP 20%)	Flux E (MARK UP 30%)
0	2.102				12.250				21.188				35.337				86.056			
1	23.245	24.090	26.280	28.470	37.764	38.610	42.120	45.630	83.192	85.800	93.600	101.400	123.586	128.700	140.400	152.100	484.084	514.800	561.600	608.400
2	23.245	24.090	26.280	28.470	37.764	38.610	42.120	45.630	83.712	85.800	93.600	101.400	123.586	128.700	140.400	152.100	484.084	514.800	561.600	608.400
3	23.245	24.090	26.280	28.470	37.764	38.610	42.120	45.630	84.232	85.800	93.600	101.400	123.586	128.700	140.400	152.100	484.084	514.800	561.600	608.400
4	23.245	24.090	26.280	28.470	37.764	38.610	42.120	45.630	84.752	85.800	93.600	101.400	123.586	128.700	140.400	152.100	484.084	514.800	561.600	608.400
5	23.245	24.090	26.280	28.470	37.764	38.610	42.120	45.630	85.272	85.800	93.600	101.400	123.586	128.700	140.400	152.100	484.084	514.800	561.600	608.400
6	23.272	24.090	26.280	28.470	37.817	38.610	42.120	45.630	85.896	85.800	93.600	101.400	123.717	128.700	140.400	152.100	484.405	514.800	561.600	608.400
7	23.299	24.090	26.280	28.470	37.871	38.610	42.120	45.630	86.522	85.800	93.600	101.400	123.852	128.700	140.400	152.100	484.734	514.800	561.600	608.400
8	23.327	24.090	26.280	28.470	37.927	38.610	42.120	45.630	87.150	85.800	93.600	101.400	123.989	128.700	140.400	152.100	485.068	514.800	561.600	608.400
9	23.356	24.090	26.280	28.470	37.983	38.610	42.120	45.630	87.780	85.800	93.600	101.400	124.129	128.700	140.400	152.100	485.410	514.800	561.600	608.400
10	23.385	24.090	26.280	28.470	38.041	38.610	42.120	45.630	88.412	85.800	93.600	101.400	124.271	128.700	140.400	152.100	485.758	514.800	561.600	608.400
11	23.414	24.090	26.280	28.470	38.100	38.610	42.120	45.630	89.047	85.800	93.600	101.400	124.417	128.700	140.400	152.100	486.113	514.800	561.600	608.400
12	23.445	24.090	26.280	28.470	38.160	38.610	42.120	45.630	89.684	85.800	93.600	101.400	124.565	128.700	140.400	152.100	486.475	514.800	561.600	608.400
13	23.476	24.090	26.280	28.470	38.221	38.610	42.120	45.630	90.323	85.800	93.600	101.400	124.716	128.700	140.400	152.100	486.845	514.800	561.600	608.400
14	23.507	24.090	26.280	28.470	38.283	38.610	42.120	45.630	90.965	85.800	93.600	101.400	124.871	128.700	140.400	152.100	487.222	514.800	561.600	608.400
15	23.539	24.090	26.280	28.470	38.347	38.610	42.120	45.630	91.609	85.800	93.600	101.400	125.028	128.700	140.400	152.100	487.606	514.800	561.600	608.400
16	23.572	24.090	26.280	28.470	38.412	38.610	42.120	45.630	92.256	85.800	93.600	101.400	125.189	128.700	140.400	152.100	487.998	514.800	561.600	608.400
17	23.605	24.090	26.280	28.470	38.478	38.610	42.120	45.630	92.905	85.800	93.600	101.400	125.352	128.700	140.400	152.100	488.398	514.800	561.600	608.400
18	23.640	24.090	26.280	28.470	38.546	38.610	42.120	45.630	93.556	85.800	93.600	101.400	125.519	128.700	140.400	152.100	488.806	514.800	561.600	608.400
19	23.674	24.090	26.280	28.470	38.614	38.610	42.120	45.630	94.211	85.800	93.600	101.400	125.690	128.700	140.400	152.100	489.222	514.800	561.600	608.400
20	23.710	24.090	26.280	28.470	38.685	38.610	42.120	45.630	94.868	85.800	93.600	101.400	125.864	128.700	140.400	152.100	489.647	514.800	561.600	608.400
21	23.746	24.090	26.280	28.470	38.756	38.610	42.120	45.630	95.528	85.800	93.600	101.400	126.041	128.700	140.400	152.100	490.080	514.800	561.600	608.400
22	23.783	24.090	26.280	28.470	38.830	38.610	42.120	45.630	96.190	85.800	93.600	101.400	126.222	128.700	140.400	152.100	490.521	514.800	561.600	608.400
23	23.821	24.090	26.280	28.470	38.904	38.610	42.120	45.630	96.855	85.800	93.600	101.400	126.406	128.700	140.400	152.100	490.972	514.800	561.600	608.400
24	23.859	24.090	26.280	28.470	38.980	38.610	42.120	45.630	97.524	85.800	93.600	101.400	126.594	128.700	140.400	152.100	491.431	514.800	561.600	608.400
25	23.898	24.090	26.280	28.470	39.058	38.610	42.120	45.630	98.195	85.800	93.600	101.400	126.786	128.700	140.400	152.100	491.900	514.800	561.600	608.400
TOT	589.653	602.250	657.000	711.750	969.078	965.250	1.053.000	1.140.750	2.281.823	2.145.000	2.340.000	2.535.000	3.156.482	3.217.500	3.510.000	3.802.500	12.265.083	12.870.000	14.040.000	15.210.000

Source: UNIGE-CIELI et Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.

Tableau 52: Total des flux de trésorerie, ROI, IRR et BEP des différentes solutions de soutage du GNL de type STS ; scénario base-haut (en milliers d'euros)

T	Navires bunker GNL très petits			Barge bunker de petite dimension			MV bunker small size			MV bunker mid size			MV bunker large size		
	Flux U/E (MARK UP 10%)	Flux U/E (MARK UP 20%)	Flux U/E (MARK UP 30%)	Flux U/E (MARK UP 10%)	Flux U/E (MARK UP 20%)	Flux U/E (MARK UP 30%)	Flux U/E (MARK UP 10%)	Flux U/E (MARK UP 20%)	Flux U/E (MARK UP 30%)	Flux U/E (MARK UP 10%)	Flux U/E (MARK UP 20%)	Flux U/E (MARK UP 30%)	Flux U/E (MARK UP 10%)	Flux U/E (MARK UP 20%)	Flux U/E (MARK UP 30%)
0	-2.102	-2.102	-2.102	-12.250	-12.250	-12.250	-21.188	-21.188	-21.188	-35.337	-35.337	-35.337	-86.056	-86.056	-86.056
1	845	3.035	5.225	847	4.357	7.867	2.608	10.408	18.208	5.114	16.814	28.514	30.716	77.516	124.316
2	845	3.035	5.225	847	4.357	7.867	2.088	9.888	17.688	5.114	16.814	28.514	30.716	77.516	124.316
3	845	3.035	5.225	847	4.357	7.867	1.568	9.368	17.168	5.114	16.814	28.514	30.716	77.516	124.316
4	845	3.035	5.225	847	4.357	7.867	1.048	8.848	16.648	5.114	16.814	28.514	30.716	77.516	124.316
5	845	3.035	5.225	847	4.357	7.867	528	8.328	16.128	5.114	16.814	28.514	30.716	77.516	124.316
6	818	3.008	5.198	793	4.303	7.813	-96	7.704	15.504	4.983	16.683	28.383	30.395	77.195	123.995
7	791	2.981	5.171	739	4.249	7.759	-722	7.078	14.878	4.848	16.548	28.248	30.066	76.866	123.666
8	763	2.953	5.143	683	4.193	7.703	-1.350	6.450	14.250	4.711	16.411	28.111	29.732	76.532	123.332
9	734	2.924	5.114	627	4.137	7.647	-1.980	5.820	13.620	4.571	16.271	27.971	29.390	76.190	122.990
10	705	2.895	5.085	569	4.079	7.589	-2.612	5.188	12.988	4.429	16.129	27.829	29.042	75.842	122.642
11	676	2.866	5.056	510	4.020	7.530	-3.247	4.553	12.353	4.283	15.983	27.683	28.687	75.487	122.287
12	645	2.835	5.025	450	3.960	7.470	-3.884	3.916	11.716	4.135	15.835	27.535	28.325	75.125	121.925
13	614	2.804	4.994	389	3.899	7.409	-4.523	3.277	11.077	3.984	15.684	27.384	27.955	74.755	121.555
14	583	2.773	4.963	327	3.837	7.347	-5.165	2.635	10.435	3.829	15.529	27.229	27.578	74.378	121.178
15	551	2.741	4.931	263	3.773	7.283	-5.809	1.991	9.791	3.672	15.372	27.072	27.194	73.994	120.794
16	518	2.708	4.898	198	3.708	7.218	-6.456	1.344	9.144	3.511	15.211	26.911	26.802	73.602	120.402
17	485	2.675	4.865	132	3.642	7.152	-7.105	695	8.495	3.348	15.048	26.748	26.402	73.202	120.002
18	450	2.640	4.830	64	3.574	7.084	-7.756	44	7.844	3.181	14.881	26.581	25.994	72.794	119.594
19	416	2.606	4.796	-4	3.506	7.016	-8.411	-611	7.189	3.010	14.710	26.410	25.578	72.378	119.178
20	380	2.570	4.760	-75	3.435	6.945	-9.068	-1.268	6.532	2.836	14.536	26.236	25.153	71.953	118.753
21	344	2.534	4.724	-146	3.364	6.874	-9.728	-1.928	5.872	2.659	14.359	26.059	24.720	71.520	118.320
22	307	2.497	4.687	-220	3.290	6.800	-10.390	-2.590	5.210	2.478	14.178	25.878	24.279	71.079	117.879
23	269	2.459	4.649	-294	3.216	6.726	-11.055	-3.255	4.545	2.294	13.994	25.694	23.828	70.628	117.428
24	231	2.421	4.611	-370	3.140	6.650	-11.724	-3.924	3.876	2.106	13.806	25.506	23.369	70.169	116.969
25	192	2.382	4.572	-448	3.062	6.572	-12.395	-4.595	3.205	1.914	13.614	25.314	22.900	69.700	116.500
TOT	12.597	67.347	122.097	-3.828	83.922	171.672	-136.823	58.177	253.177	61.018	353.518	646.018	604.917	1.774.917	2.944.917
ROI	599%	3204%	5809%	-31%	685%	1401%	-646%	275%	1195%	173%	1000%	1828%	703%	2063%	3422%
IRR	39,30%	144,37%	248,58%		35,16%	64,12%		43,16%	82,92%	12,21%	47,41%	80,65%	35,35%	90,04%	144,45%
BEP	3	2	1		3	2		3	2	7	3	2	3	2	1

Source: UNIGE-CIELI et Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Étude pour un plan d'action conjoint pour le GNL en zone portuaire"

Tableau 53: Valeur actuelle nette du total des flux de trésorerie des différentes solutions de soutage du GNL de type STS ; scénario base-haut (en milliers d'euros)

T	Navires bunker GNL très petits			Barge bunker de petite dimension			MV bunker small size			MV bunker mid size			MV bunker large size		
	VAN (MARK UP 10%)	VAN (MARK UP 20%)	VAN (MARK UP 30%)	VAN (MARK UP 10%)	VAN (MARK UP 20%)	VAN (MARK UP 30%)	VAN (MARK UP 10%)	VAN (MARK UP 20%)	VAN (MARK UP 30%)	VAN (MARK UP 10%)	VAN (MARK UP 20%)	VAN (MARK UP 30%)	VAN (MARK UP 10%)	VAN (MARK UP 20%)	VAN (MARK UP 30%)
0	-2.102	-2.102	-2.102	-12.250	-12.250	-12.250	-21.188	-21.188	-21.188	-35.337	-35.337	-35.337	-86.056	-86.056	-86.056
1	799	2.870	4.940	800	4.119	7.437	2.466	9.840	17.215	4.835	15.897	26.959	29.041	73.288	117.535
2	756	2.713	4.671	757	3.894	7.032	1.866	8.839	15.811	4.571	15.030	25.488	27.456	69.290	111.123
3	714	2.565	4.416	715	3.682	6.648	1.325	7.917	14.509	4.322	14.210	24.098	25.959	65.510	105.061
4	675	2.425	4.175	676	3.481	6.285	837	7.070	13.302	4.086	13.435	22.783	24.542	61.936	99.329
5	639	2.293	3.947	639	3.291	5.942	399	6.291	12.183	3.863	12.702	21.540	23.204	58.557	93.911
6	584	2.149	3.713	567	3.073	5.580	-68	5.502	11.073	3.559	11.915	20.271	21.708	55.133	88.558
7	534	2.013	3.492	499	2.869	5.239	-487	4.780	10.046	3.274	11.174	19.074	20.302	51.904	83.505
8	487	1.885	3.283	436	2.677	4.918	-862	4.118	9.097	3.008	10.477	17.946	18.981	48.859	78.736
9	443	1.765	3.087	378	2.497	4.616	-1.195	3.513	8.221	2.759	9.821	16.883	17.740	45.987	74.235
10	402	1.652	2.902	325	2.328	4.331	-1.491	2.960	7.411	2.527	9.204	15.881	16.573	43.280	69.987
11	365	1.546	2.728	275	2.169	4.063	-1.752	2.456	6.665	2.311	8.623	14.936	15.477	40.727	65.977
12	329	1.446	2.563	230	2.020	3.811	-1.981	1.998	5.976	2.109	8.077	14.045	14.448	38.321	62.193
13	296	1.352	2.409	188	1.880	3.573	-2.181	1.580	5.342	1.921	7.564	13.206	13.482	36.052	58.622
14	266	1.264	2.263	149	1.749	3.350	-2.355	1.201	4.758	1.746	7.081	12.415	12.575	33.913	55.252
15	237	1.181	2.126	113	1.627	3.140	-2.504	858	4.221	1.583	6.627	11.670	11.723	31.898	52.072
16	211	1.104	1.996	81	1.511	2.942	-2.631	548	3.727	1.431	6.200	10.968	10.924	29.998	49.072
17	187	1.031	1.874	51	1.403	2.756	-2.738	268	3.274	1.290	5.798	10.307	10.174	28.207	46.241
18	164	962	1.760	23	1.302	2.581	-2.826	16	2.858	1.159	5.421	9.684	9.470	26.520	43.570
19	143	897	1.652	-2	1.207	2.416	-2.897	-210	2.476	1.037	5.067	9.097	8.810	24.930	41.050
20	124	837	1.550	-24	1.119	2.262	-2.953	-413	2.127	924	4.734	8.544	8.191	23.432	38.672
21	106	780	1.454	-45	1.036	2.116	-2.995	-593	1.808	819	4.421	8.023	7.611	22.020	36.429
22	89	727	1.364	-64	958	1.980	-3.024	-754	1.517	721	4.127	7.533	7.067	20.690	34.313
23	74	677	1.280	-81	885	1.851	-3.043	-896	1.251	631	3.851	7.071	6.558	19.438	32.317
24	60	630	1.200	-96	817	1.730	-3.050	-1.021	1.009	548	3.592	6.636	6.081	18.258	30.435
25	47	586	1.125	-110	753	1.617	-3.049	-1.130	788	471	3.349	6.227	5.634	17.146	28.659
VAN	6.631	35.249	63.867	-5.768	40.099	85.966	-58.378	43.549	145.476	20.169	173.060	325.950	287.673	899.236	1.510.798

Source: UNIGE-CIELI et Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Étude pour un plan d'action conjoint pour le GNL en zone portuaire"



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

TDI RETE-GNL



Tableau 54: Flux de trésorerie entrant et sortant des différentes solutions de soutage du GNL de type PTS ; scénario base-haut (en milliers d'euros)

T	TERMINAL COSTIER DE GNL "SMALL BULLET CYLINDERS"				TERMINAL COSTIER DE GNL "MID-SIZE BULLET CYLINDERS"				TERMINAL COSTIER DE GNL "LONG-BULLET CYLINDERS"				TERMINAL COSTIER DE GNL "SECONDAIRE" À LA PRESSION ATMOSPHERIQUE				TERMINAL COSTIER DE GNL "PRIMAIRE" À LA PRESSION ATMOSPHERIQUE			
	Flux U	Flux E (MARK UP 10%)	Flux E (MARK UP 20%)	Flux E (MARK UP 30%)	Flux U	Flux E (MARK UP 10%)	Flux E (MARK UP 20%)	Flux E (MARK UP 30%)	Flux U	Flux E (MARK UP 10%)	Flux E (MARK UP 20%)	Flux E (MARK UP 30%)	Flux U	Flux E (MARK UP 10%)	Flux E (MARK UP 20%)	Flux E (MARK UP 30%)	Flux U	Flux E (MARK UP 10%)	Flux E (MARK UP 20%)	Flux E (MARK UP 30%)
0	11.143				84.910				155.590				109.308				171.920			
1	42.256	38.445	41.940	45.435	127.979	128.700	140.400	152.100	250.982	257.400	280.800	304.200	248.612	257.400	280.800	304.200	490.263	514.800	561.600	608.400
2	42.256	38.445	41.940	45.435	127.979	128.700	140.400	152.100	252.542	257.400	280.800	304.200	248.612	257.400	280.800	304.200	490.263	514.800	561.600	608.400
3	42.256	38.445	41.940	45.435	127.979	128.700	140.400	152.100	254.102	257.400	280.800	304.200	248.612	257.400	280.800	304.200	490.263	514.800	561.600	608.400
4	42.256	38.445	41.940	45.435	127.979	128.700	140.400	152.100	255.662	257.400	280.800	304.200	248.612	257.400	280.800	304.200	490.263	514.800	561.600	608.400
5	42.402	38.445	41.940	45.435	127.979	128.700	140.400	152.100	257.222	257.400	280.800	304.200	248.612	257.400	280.800	304.200	490.263	514.800	561.600	608.400
6	42.551	38.445	41.940	45.435	128.198	128.700	140.400	152.100	259.121	257.400	280.800	304.200	248.905	257.400	280.800	304.200	490.708	514.800	561.600	608.400
7	42.703	38.445	41.940	45.435	128.422	128.700	140.400	152.100	261.028	257.400	280.800	304.200	249.203	257.400	280.800	304.200	491.162	514.800	561.600	608.400
8	42.858	38.445	41.940	45.435	128.651	128.700	140.400	152.100	262.941	257.400	280.800	304.200	249.507	257.400	280.800	304.200	491.626	514.800	561.600	608.400
9	43.016	38.445	41.940	45.435	128.884	128.700	140.400	152.100	264.862	257.400	280.800	304.200	249.817	257.400	280.800	304.200	492.098	514.800	561.600	608.400
10	43.178	38.445	41.940	45.435	129.122	128.700	140.400	152.100	266.789	257.400	280.800	304.200	250.133	257.400	280.800	304.200	492.580	514.800	561.600	608.400
11	43.342	38.445	41.940	45.435	129.364	128.700	140.400	152.100	268.724	257.400	280.800	304.200	250.456	257.400	280.800	304.200	493.072	514.800	561.600	608.400
12	43.510	38.445	41.940	45.435	129.611	128.700	140.400	152.100	270.667	257.400	280.800	304.200	250.785	257.400	280.800	304.200	493.573	514.800	561.600	608.400
13	43.681	38.445	41.940	45.435	129.863	128.700	140.400	152.100	272.617	257.400	280.800	304.200	251.121	257.400	280.800	304.200	494.084	514.800	561.600	608.400
14	43.856	38.445	41.940	45.435	130.121	128.700	140.400	152.100	274.575	257.400	280.800	304.200	251.463	257.400	280.800	304.200	494.606	514.800	561.600	608.400
15	44.034	38.445	41.940	45.435	130.383	128.700	140.400	152.100	276.541	257.400	280.800	304.200	251.812	257.400	280.800	304.200	495.138	514.800	561.600	608.400
16	44.216	38.445	41.940	45.435	130.651	128.700	140.400	152.100	278.515	257.400	280.800	304.200	252.169	257.400	280.800	304.200	495.681	514.800	561.600	608.400
17	44.401	38.445	41.940	45.435	130.924	128.700	140.400	152.100	280.497	257.400	280.800	304.200	252.532	257.400	280.800	304.200	496.235	514.800	561.600	608.400
18	44.590	38.445	41.940	45.435	131.202	128.700	140.400	152.100	282.488	257.400	280.800	304.200	252.903	257.400	280.800	304.200	496.799	514.800	561.600	608.400
19	44.783	38.445	41.940	45.435	131.486	128.700	140.400	152.100	284.487	257.400	280.800	304.200	253.281	257.400	280.800	304.200	497.375	514.800	561.600	608.400
20	44.980	38.445	41.940	45.435	131.776	128.700	140.400	152.100	286.495	257.400	280.800	304.200	253.666	257.400	280.800	304.200	497.963	514.800	561.600	608.400
21	45.180	38.445	41.940	45.435	132.072	128.700	140.400	152.100	288.512	257.400	280.800	304.200	254.060	257.400	280.800	304.200	498.562	514.800	561.600	608.400
22	45.385	38.445	41.940	45.435	132.373	128.700	140.400	152.100	290.539	257.400	280.800	304.200	254.461	257.400	280.800	304.200	499.173	514.800	561.600	608.400
23	45.593	38.445	41.940	45.435	132.681	128.700	140.400	152.100	292.574	257.400	280.800	304.200	254.870	257.400	280.800	304.200	499.797	514.800	561.600	608.400
24	45.806	38.445	41.940	45.435	132.994	128.700	140.400	152.100	294.619	257.400	280.800	304.200	255.287	257.400	280.800	304.200	500.433	514.800	561.600	608.400
25	46.023	38.445	41.940	45.435	133.314	128.700	140.400	152.100	296.674	257.400	280.800	304.200	255.713	257.400	280.800	304.200	501.081	514.800	561.600	608.400
26	46.245	38.445	41.940	45.435	133.640	128.700	140.400	152.100	298.739	257.400	280.800	304.200	256.147	257.400	280.800	304.200	501.743	514.800	561.600	608.400
27	46.471	38.445	41.940	45.435	133.973	128.700	140.400	152.100	300.814	257.400	280.800	304.200	256.590	257.400	280.800	304.200	502.418	514.800	561.600	608.400
28	46.701	38.445	41.940	45.435	134.313	128.700	140.400	152.100	302.899	257.400	280.800	304.200	257.042	257.400	280.800	304.200	503.106	514.800	561.600	608.400
29	46.936	38.445	41.940	45.435	134.659	128.700	140.400	152.100	304.994	257.400	280.800	304.200	257.503	257.400	280.800	304.200	503.808	514.800	561.600	608.400
30	47.176	38.445	41.940	45.435	135.012	128.700	140.400	152.100	307.101	257.400	280.800	304.200	257.973	257.400	280.800	304.200	504.525	514.800	561.600	608.400
TOT	1.339.787	1.153.350	1.258.200	1.363.050	4.008.494	3.861.000	4.212.000	4.563.000	8.493.911	7.722.000	8.424.000	9.126.000	7.679.768	7.722.000	8.424.000	9.126.000	15.050.582	15.444.000	16.848.000	18.252.000

Source: UNIGE-CIELI et Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Étude pour un plan d'action conjoint pour le GNL en zone portuaire"

Tableau 55: Total des flux de trésorerie, ROI, IRR et BEP des différentes solutions de soutage du GNL de type PTS ; scénario base-haut (en milliers d'euros)

T	TERMINAL COSTIER DE GNL "SMALL BULLET CYLINDERS"			TERMINAL COSTIER DE GNL "MID- SIZE BULLET CYLINDERS"			TERMINAL COSTIER DE GNL "LONG- BULLET CYLINDERS"			TERMINAL COSTIER DE GNL "SECONDAIRE" À LA PRESSION ATMOSPHERIQUE			TERMINAL COSTIER DE GNL "PRIMAIRE" À LA PRESSION ATMOSPHERIQUE		
	Flux U/E (MARK UP 10%)	Flux U/E (MARK UP 20%)	Flux U/E (MARK UP 30%)	Flux U/E (MARK UP 10%)	Flux U/E (MARK UP 20%)	Flux U/E (MARK UP 30%)	Flux U/E (MARK UP 10%)	Flux U/E (MARK UP 20%)	Flux U/E (MARK UP 30%)	Flux U/E (MARK UP 10%)	Flux U/E (MARK UP 20%)	Flux U/E (MARK UP 30%)	Flux U/E (MARK UP 10%)	Flux U/E (MARK UP 20%)	Flux U/E (MARK UP 30%)
0	-11.143	-11.143	-11.143	-84.910	-84.910	-84.910	-155.590	-155.590	-155.590	-109.308	-109.308	-109.308	-171.920	-171.920	-171.920
1	-3.811	-316	3.179	721	12.421	24.121	6.418	29.818	53.218	8.788	32.188	55.588	24.537	71.337	118.137
2	-3.811	-316	3.179	721	12.421	24.121	4.858	28.258	51.658	8.788	32.188	55.588	24.537	71.337	118.137
3	-3.811	-316	3.179	721	12.421	24.121	3.298	26.698	50.098	8.788	32.188	55.588	24.537	71.337	118.137
4	-3.811	-316	3.179	721	12.421	24.121	1.738	25.138	48.538	8.788	32.188	55.588	24.537	71.337	118.137
5	-3.957	-462	3.033	721	12.421	24.121	178	23.578	46.978	8.788	32.188	55.588	24.537	71.337	118.137
6	-4.106	-611	2.884	502	12.202	23.902	-1.721	21.679	45.079	8.495	31.895	55.295	24.092	70.892	117.692
7	-4.258	-763	2.732	278	11.978	23.678	-3.628	19.772	43.172	8.197	31.597	54.997	23.638	70.438	117.238
8	-4.413	-918	2.577	49	11.749	23.449	-5.541	17.859	41.259	7.893	31.293	54.693	23.174	69.974	116.774
9	-4.571	-1.076	2.419	-184	11.516	23.216	-7.462	15.938	39.338	7.583	30.983	54.383	22.702	69.502	116.302
10	-4.733	-1.238	2.257	-422	11.278	22.978	-9.389	14.011	37.411	7.267	30.667	54.067	22.220	69.020	115.820
11	-4.897	-1.402	2.093	-664	11.036	22.736	-11.324	12.076	35.476	6.944	30.344	53.744	21.728	68.528	115.328
12	-5.065	-1.570	1.925	-911	10.789	22.489	-13.267	10.133	33.533	6.615	30.015	53.415	21.227	68.027	114.827
13	-5.236	-1.741	1.754	-1.163	10.537	22.237	-15.217	8.183	31.583	6.279	29.679	53.079	20.716	67.516	114.316
14	-5.411	-1.916	1.579	-1.421	10.279	21.979	-17.175	6.225	29.625	5.937	29.337	52.737	20.194	66.994	113.794
15	-5.589	-2.094	1.401	-1.683	10.017	21.717	-19.141	4.259	27.659	5.588	28.988	52.388	19.662	66.462	113.262
16	-5.771	-2.276	1.219	-1.951	9.749	21.449	-21.115	2.285	25.685	5.231	28.631	52.031	19.119	65.919	112.719
17	-5.956	-2.461	1.034	-2.224	9.476	21.176	-23.097	303	23.703	4.868	28.268	51.668	18.565	65.365	112.165
18	-6.145	-2.650	845	-2.502	9.198	20.898	-25.088	-1.688	21.712	4.497	27.897	51.297	18.001	64.801	111.601
19	-6.338	-2.843	652	-2.786	8.914	20.614	-27.087	-3.687	19.713	4.119	27.519	50.919	17.425	64.225	111.025
20	-6.535	-3.040	455	-3.076	8.624	20.324	-29.095	-5.695	17.705	3.734	27.134	50.534	16.837	63.637	110.437
21	-6.735	-3.240	255	-3.372	8.328	20.028	-31.112	-7.712	15.688	3.340	26.740	50.140	16.238	63.038	109.838
22	-6.940	-3.445	50	-3.673	8.027	19.727	-33.139	-9.739	13.661	2.939	26.339	49.739	15.627	62.427	109.227
23	-7.148	-3.653	-158	-3.981	7.719	19.419	-35.174	-11.774	11.626	2.530	25.930	49.330	15.003	61.803	108.603
24	-7.361	-3.866	-371	-4.294	7.406	19.106	-37.219	-13.819	9.581	2.113	25.513	48.913	14.367	61.167	107.967
25	-7.578	-4.083	-588	-4.614	7.086	18.786	-39.274	-15.874	7.526	1.687	25.087	48.487	13.719	60.519	107.319
26	-7.800	-4.305	-810	-4.940	6.760	18.460	-41.339	-17.939	5.461	1.253	24.653	48.053	13.057	59.857	106.657
27	-8.026	-4.531	-1.036	-5.273	6.427	18.127	-43.414	-20.014	3.386	810	24.210	47.610	12.382	59.182	105.982
28	-8.256	-4.761	-1.266	-5.613	6.087	17.787	-45.499	-22.099	1.301	358	23.758	47.158	11.694	58.494	105.294
29	-8.491	-4.996	-1.501	-5.959	5.741	17.441	-47.594	-24.194	-794	-103	23.297	46.697	10.992	57.792	104.592
30	-8.731	-5.236	-1.741	-6.312	5.388	17.088	-49.701	-26.301	-2.901	-573	22.827	46.227	10.275	57.075	103.875
TOT	-186.437	-81.587	23.263	-147.494	203.506	554.506	-771.911	-69.911	632.089	42.232	744.232	1.446.232	393.418	1.797.418	3.201.418
ROI	-1673%	-732%	209%	-174%	240%	653%	-496%	-45%	406%	39%	681%	1323%	229%	1045%	1862%
IRR			25,79%		13,17%	28,03%			30,68%	3,42%	29,08%	50,75%	12,74%	41,33%	68,67%
BEP			4		7	4			4		4	2	8	3	2

Source: UNIGE-CIELI et Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.

Tableau 56 : Valeur actuelle nette du total des flux de trésorerie des différentes solutions de soutage du GNL de type PTS ; scénario base-haut (en milliers d'euros)

T	TERMINAL COSTIER DE GNL "SMALL BULLET CYLINDERS"			TERMINAL COSTIER DE GNL "MID-SIZE BULLET CYLINDERS"			TERMINAL COSTIER DE GNL "LONG-BULLET CYLINDERS"			TERMINAL COSTIER DE GNL "SECONDAIRE" À LA PRESSION ATMOSPHÉRIQUE			TERMINAL COSTIER DE GNL "PRIMAIRE" À LA PRESSION ATMOSPHÉRIQUE		
	VAN (MARK UP 10%)	VAN (MARK UP 20%)	VAN (MARK UP 30%)	VAN (MARK UP 10%)	VAN (MARK UP 20%)	VAN (MARK UP 30%)	VAN (MARK UP 10%)	VAN (MARK UP 20%)	VAN (MARK UP 30%)	VAN (MARK UP 10%)	VAN (MARK UP 20%)	VAN (MARK UP 30%)	VAN (MARK UP 10%)	VAN (MARK UP 20%)	VAN (MARK UP 30%)
0	-11.143	-11.143	-11.143	-84.910	-84.910	-84.910	-155.590	-155.590	-155.590	-109.308	-109.308	-109.308	-171.920	-171.920	-171.920
1	-3.603	-299	3.006	682	11.744	22.805	6.068	28.191	50.315	8.308	30.432	52.555	23.199	67.446	111.692
2	-3.407	-282	2.842	645	11.103	21.561	4.343	25.259	46.176	7.855	28.772	49.688	21.933	63.766	105.599
3	-3.221	-267	2.687	609	10.497	20.385	2.787	22.563	42.338	7.427	27.202	46.978	20.737	60.288	99.839
4	-3.045	-252	2.540	576	9.925	19.273	1.389	20.086	38.782	7.021	25.718	44.415	19.605	56.999	94.392
5	-2.989	-349	2.291	545	9.383	18.222	135	17.811	35.488	6.638	24.315	41.992	18.536	53.889	89.243
6	-2.933	-436	2.060	358	8.714	17.071	-1.230	15.483	32.195	6.067	22.780	39.492	17.207	50.632	84.057
7	-2.875	-515	1.845	187	8.088	15.988	-2.450	13.351	29.152	5.535	21.336	37.137	15.961	47.563	79.164
8	-2.817	-586	1.645	31	7.501	14.970	-3.538	11.401	26.340	5.039	19.978	34.917	14.795	44.672	74.550
9	-2.759	-650	1.460	-111	6.951	14.013	-4.504	9.620	23.744	4.577	18.701	32.825	13.703	41.950	70.198
10	-2.701	-706	1.288	-241	6.436	13.113	-5.358	7.995	21.349	4.147	17.500	30.854	12.680	39.387	66.093
11	-2.642	-757	1.129	-358	5.954	12.267	-6.110	6.515	19.140	3.747	16.371	28.996	11.723	36.973	62.223
12	-2.584	-801	982	-465	5.503	11.471	-6.767	5.169	17.105	3.374	15.310	27.247	10.828	34.700	58.573
13	-2.525	-840	846	-561	5.081	10.724	-7.339	3.946	15.231	3.028	14.313	25.598	9.990	32.560	55.131
14	-2.467	-874	720	-648	4.687	10.022	-7.831	2.838	13.508	2.707	13.376	24.046	9.208	30.546	51.885
15	-2.409	-903	604	-726	4.318	9.362	-8.251	1.836	11.923	2.409	12.496	22.583	8.476	28.651	48.825
16	-2.352	-928	497	-795	3.973	8.742	-8.606	931	10.468	2.132	11.669	21.206	7.792	26.866	45.941
17	-2.295	-948	398	-857	3.651	8.160	-8.900	117	9.134	1.876	10.893	19.909	7.154	25.187	43.221
18	-2.239	-965	308	-912	3.351	7.613	-9.140	-615	7.910	1.638	10.163	18.688	6.558	23.608	40.658
19	-2.183	-979	225	-960	3.070	7.100	-9.330	-1.270	6.790	1.419	9.479	17.539	6.002	22.121	38.241
20	-2.128	-990	148	-1.002	2.808	6.618	-9.475	-1.855	5.766	1.216	8.836	16.456	5.483	20.723	35.964
21	-2.074	-998	78	-1.038	2.564	6.166	-9.579	-2.375	4.830	1.028	8.233	15.437	4.999	19.408	33.817
22	-2.020	-1.003	15	-1.069	2.337	5.742	-9.646	-2.835	3.977	856	7.667	14.478	4.549	18.172	31.795
23	-1.967	-1.005	-44	-1.095	2.124	5.344	-9.680	-3.240	3.200	696	7.136	13.576	4.129	17.009	29.889
24	-1.915	-1.006	-97	-1.117	1.927	4.971	-9.684	-3.596	2.493	550	6.638	12.727	3.738	15.915	28.093
25	-1.864	-1.005	-145	-1.135	1.743	4.621	-9.661	-3.905	1.851	415	6.171	11.928	3.375	14.888	26.401
26	-1.814	-1.001	-188	-1.149	1.572	4.293	-9.615	-4.172	1.270	291	5.734	11.176	3.037	13.922	24.806
27	-1.765	-996	-228	-1.160	1.413	3.986	-9.546	-4.401	745	178	5.324	10.469	2.723	13.014	23.305
28	-1.716	-990	-263	-1.167	1.266	3.698	-9.459	-4.594	271	74	4.939	9.804	2.431	12.161	21.890
29	-1.669	-982	-295	-1.171	1.128	3.428	-9.355	-4.756	-156	-20	4.579	9.179	2.160	11.359	20.558
30	-1.623	-973	-324	-1.173	1.001	3.176	-9.236	-4.888	-539	-107	4.242	8.591	1.910	10.607	19.304
VAN	-83.746	-34.430	14.886	-100.185	64.906	229.996	-335.158	-4.976	325.206	-19.185	310.997	641.179	122.699	783.062	1.443.426

Source: UNIGE-CIELI et Enterprise Shipping Agency Srl/UNICA-CIREM.

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Étude pour un plan d'action conjoint pour le GNL en zone portuaire"



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



7.6. Mécanismes incitatifs pour les investissements dans les technologies “green”

Enfin, après avoir mis en évidence les options technologiques de soutage du GNL pour lesquelles les investissements ne sont pas rentables pour les différents niveaux de prix finaux supposés, un certain nombre de mécanismes d'incitation aux investissements dans les technologies de type "green" ont été signalés qui permettent de réduire les coûts d'exploitation et d'investissement des solutions analysées ou en tout cas d'accroître l'attractivité de l'investissement du point de vue des investisseurs privés potentiels concernés,

Parmi les options incitatives, puisqu'il s'agit d'investissements "green", le produit T.2.3.1 envisage certaines options théoriquement réalisables, telles que :

- ✓ Mise en œuvre de PPP (partenariats public-privé), de subventions non remboursables et de prêts à faible taux d'intérêt.
- ✓ Certificats "green" et incitations fiscales (taxes portuaires différenciées).
- ✓ Subventions de fonctionnement pour les investissements dans les technologies "green".

Parmi les divers instruments financiers et économiques mis en place dans le secteur maritime pour encourager l'utilisation de combustibles "green" et la construction de nouvelles infrastructures "green", développés à ce jour principalement en Europe du Nord, les suivants sont décrits à titre d'exemple :

- ✓ Redevances de " fairway " selon le modèle suédois (redevances différentielles dans le port).
- ✓ Le fonds NOX norvégien.
- ✓ Des accords volontaires tels que le "Green Award Certificate" et le système ESI (Environmental Ship Index).
- ✓ Programme CEF (connecting europe facility)

Ces exemples d'incitations sont principalement orientés vers les chiffres qui gèrent et possèdent des navires alimentés au GNL et non vers les chiffres qui investissent dans les infrastructures GNL. Néanmoins, ils représentent des modèles qui pourraient être raisonnablement reproduits et appliqués également pour ceux qui construisent et exploitent des infrastructures de soutage de GNL.



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



8. FICHE RÉCAPITULATIVE PRODUIT T2.3.2 "OUTILS DE GESTION POUR L'ÉVALUATION DES INVESTISSEMENTS DANS LES INSTALLATIONS D'APPROVISIONNEMENT ET DE STOCKAGE DE GNL DANS LES PORTS"

8.1. Objectif du produit T2.3.2

Sur la base des analyses effectuées dans le rapport T2.1.2 finalisé à la cartographie de la demande de GNL dans la zone du programme et notamment sur la base des résultats qui ont émergé en référence à l'estimation des besoins énergétiques attribuables aux zones portuaires étudiées, le partenariat a réalisé des premières études visant à identifier les utilisations synergiques possibles du GNL pour satisfaire les besoins énergétiques supplémentaires (par rapport aux services de soutage) qui caractérisent les nœuds portuaires cibles. En particulier, selon les études menées, il est possible de prévoir, dans le contexte actuel et prospectif, comment l'utilisation du GNL implique et conduira de plus en plus à l'émergence de synergies avec les activités nombreuses et hétérogènes exercées dans le cadre portuaire.

Dans le cadre du Produit T2.3.2, par conséquent, l'accent est mis sur les possibilités offertes par les centrales de cogénération et de trigénération, qui permettent la production à haut rendement d'électricité et de chaleur. Ces installations, en effet, où la disponibilité des deux types d'énergie est nécessaire, permettent d'obtenir un rendement global (Combined Heat and Power efficiency) nettement supérieur à celui résultant de l'utilisation de l'électricité du réseau et de la chaleur produite à partir de processus de combustion.

Le produit T2.3.2 s'organise donc en présentant d'abord les principales caractéristiques de ces types de systèmes, en mettant en évidence leurs avantages et en définissant les conditions de fonctionnement dans lesquelles il est avantageux d'adopter de telles solutions. Suit ensuite une analyse de l'état de l'art sur les cycles de cogénération et de trigénération, illustrant quelques exemples d'applications et mettant en évidence les avantages associés à la réduction de l'impact environnemental. Les résultats des activités précédentes sont ensuite résumés concernant l'analyse des besoins énergétiques portuaires afin de présenter quelques exemples d'application de centrales de cogénération et de trigénération pour certains ports de la zone du programme.

Les sections suivantes fournissent une synthèse des contenus du produit en question fonctionnels à l'établissement d'une richesse commune de connaissances avec différents niveaux de détail technique en faveur des différents groupes cibles, se référant à la version intégrale du produit concerné, pour une analyse plus complète et exhaustive des contenus techniques du projet.

8.2. Analyse de l'état de l'art sur les cycles cogeneratifs et trigeneratifs

Les besoins électriques et thermiques d'un ou plusieurs sites (bâtiments, unités industrielles, etc.) sont normalement couverts par l'achat d'électricité sur le réseau électrique local et la production de chaleur utile par combustion dans une chaudière située à proximité du site d'utilisation. Cependant, la production d'électricité dans une centrale électrique s'accompagne d'une production de chaleur, ce qui entraîne un énorme gaspillage d'énergie si la chaleur est libérée dans l'environnement par les gaz d'échappement et les circuits de refroidissement de la centrale. La majeure partie de cette chaleur peut être récupérée et utilisée pour couvrir les charges thermiques, convertissant ainsi la centrale électrique en un système de cogénération, ce qui augmente l'efficacité d'utilisation du carburant de 40% -50% à 80% -90%. La cogénération peut être définie comme la génération simultanée de travail et de chaleur utile à partir de la même source d'énergie primaire. Par travail, on entend l'énergie mécanique ou électrique. L'énergie mécanique, par exemple produite par une turbine ou un moteur à combustion interne, peut actionner un générateur de production d'électricité ou d'autres équipements tels qu'un

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Étude pour un plan d'action conjoint pour le GNL en zone portuaire"



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



compresseur et une pompe. Il est également possible d'avoir la conversion directe de l'énergie stockée chimiquement dans le combustible en électricité par, par exemple, des piles à combustible. L'énergie thermique récupérée peut être utilisée pour le chauffage et/ou le refroidissement au moyen d'équipements supplémentaires tels que des chillers à absorption. L'utilisation de l'énergie thermique pour le dessalement par distillateurs est également une application d'un intérêt croissant. Ainsi, bien que des termes tels que trigénération et polygénération semblent décrire des systèmes avec trois produits utiles ou plus, ces produits sont obtenus avec un équipement supplémentaire, tandis que le système central reste le système de cogénération tel que défini ci-dessus.

La croissance substantielle du niveau de richesse dans le monde depuis le début du XXe siècle repose principalement sur l'utilisation de l'énergie. Les combustibles fossiles alimentent les machines et les processus qui permettent une formidable croissance de la productivité et l'approvisionnement en consommables. Sur la base de ces avantages, la consommation d'énergie a augmenté à un rythme remarquablement élevé, comme si les ressources disponibles étaient illimitées. Cependant, les craintes d'épuisement des ressources à faible coût, associées à une anxiété croissante d'un réchauffement climatique excessif, ont conduit à soutenir la cogénération de chaleur et d'électricité ainsi qu'à une augmentation drastique des énergies renouvelables.

8.2.1. Technologies de cogénération

Le principe de base de la cogénération est basé sur le concept selon lequel la majeure partie de la chaleur dégagée lors d'un processus de conversion de l'énergie du combustible en énergie mécanique ou électrique n'est pas gaspillée mais utilisée de manière pratique. Le composant qui convertit le carburant en énergie mécanique et en chaleur est souvent appelé moteur premier. Les principaux moteurs communs sont les turbines à gaz, les moteurs à pistons et, plus récemment, les piles à combustible. L'énergie mécanique peut être convertie en énergie électrique avec un générateur électrique, tandis que la chaleur peut être convertie en froid avec un refroidisseur à absorption (*chiller*). Les échangeurs de chaleur font partie intégrante des centrales de cogénération. Les pompes à chaleur sont également de plus en plus utilisées dans ces installations. Les aspects de performance des technologies de cogénération doivent être évalués par rapport à l'application prévue. Jusqu'à récemment, la valeur de marché de l'électricité était toujours beaucoup plus élevée que celle d'une même quantité d'énergie thermique. La raison était triple:

- i. l'électricité est beaucoup plus polyvalente que la chaleur
- ii. les installations pour produire électricité à partir de combustible sont beaucoup plus chères qu'une chaudière à combustible
- iii. le rendement de conversion du combustible en chaleur d'une chaudière est supérieur à celui d'une centrale électrique.

De nos jours, dans les zones où une grande quantité d'électricité est produite avec des éoliennes et des panneaux solaires, la valeur de marché de gros de l'électricité peut être très faible, voire négative, en période de vent fort et d'intensité solaire élevée.

Une forte incertitude sur les prix de l'électricité signifie que les futures technologies de cogénération doivent être de plus en plus flexibles, avec un taux de réduction élevé de la puissance fournie et des démarrages et arrêts souvent fréquents.

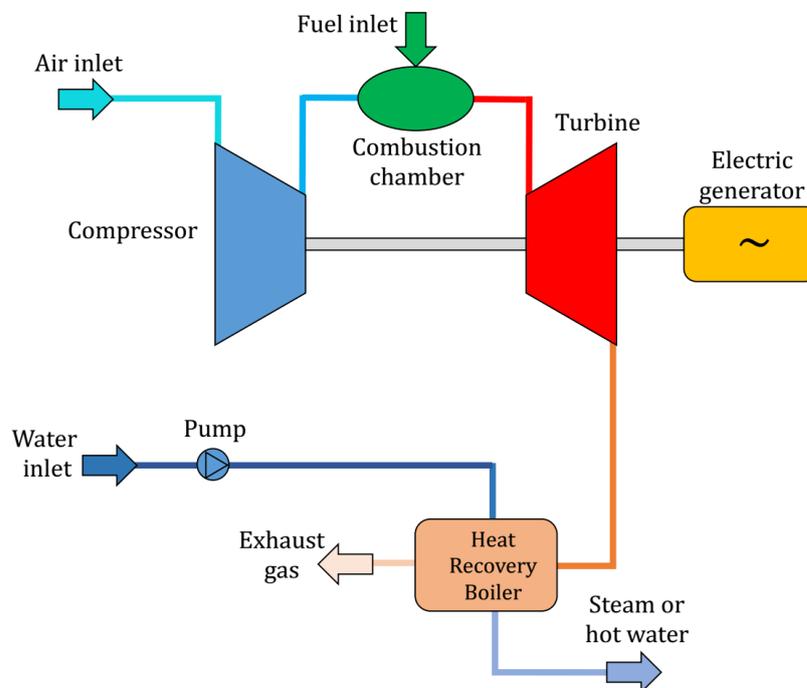
8.2.1.1. Systèmes de cogénération à turbine à gaz

Une turbine à gaz peut fonctionner avec des carburants liquides ainsi que gazeux. La différence entre une turbine à gaz et une turbine à vapeur est que dans la turbine à gaz, la combustion a lieu en tant que partie intégrante de la machine, tandis que dans les systèmes à vapeur, la vapeur utilisée à l'intérieur de

TDI RETE-GNL

la turbine est toujours produite à l'extérieur de la turbine elle-même. Une turbine à gaz est constituée d'un compresseur qui augmente sensiblement la pression de l'air d'admission, avant que l'air ne soit chauffé par la combustion d'un carburant tel que des dérivés du pétrole ou du gaz naturel. Ce compresseur peut être radial (généralement pour les systèmes de petite taille) ou axial (pour les systèmes de grande taille). La combustion du carburant provoque l'échauffement du fluide de travail. Cela amène la turbine à avoir une puissance suffisante (et supérieure) pour entraîner le compresseur d'air, tandis que la puissance excédentaire peut être mise à disposition de l'arbre pour entraîner, par exemple, un générateur ou une pompe (généralement un utilisateur). Par conséquent, il existe trois processus de base dans une turbine à gaz standard: la compression, la combustion et la détente. La Figure 42 présente la configuration d'une turbine à gaz telle qu'elle est couramment utilisée dans une application de cogénération. Le processus thermodynamique idéalisé est appelé cycle Joule ou cycle de Brayton.

Figure 42. Schéma d'une installation avec une turbine à gaz en cogénération.



Source: nt. traitement.

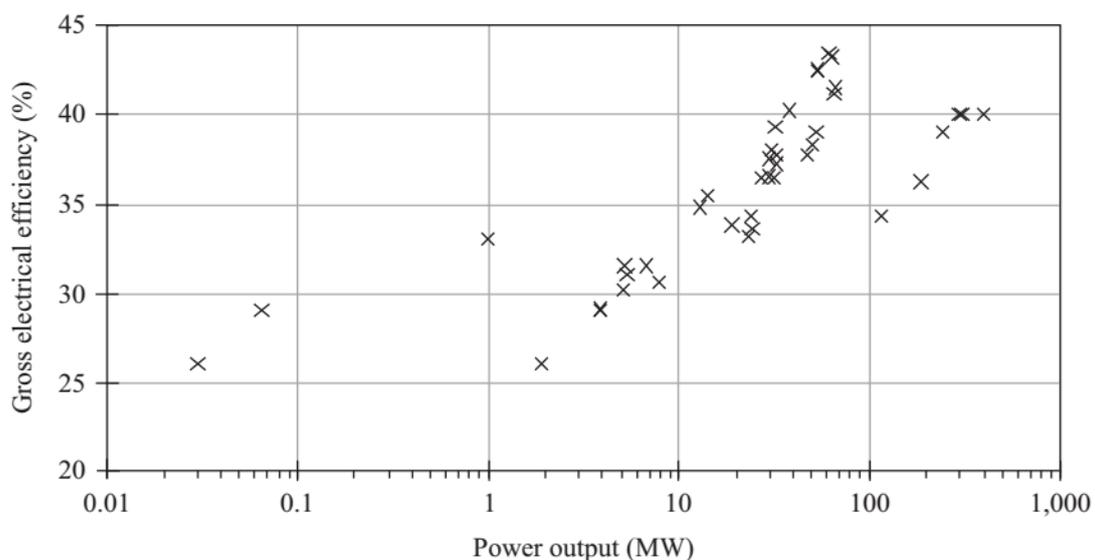
La Figure 43 montre que le rendement brut des plus grandes turbines à gaz est généralement supérieur à celui des plus petites machines.

Dans nombreuses applications de cogénération telles que le chauffage urbain, l'utilisation dans les bâtiments commerciaux et dans les installations de traitement chimique, il peut être nécessaire de contrôler la puissance thermique ou la puissance électrique, voire les deux. Cela signifie que la turbine à gaz d'entraînement ne peut pas toujours fonctionner à pleine puissance ou qu'une combustion supplémentaire doit être utilisée pour produire plus de chaleur. La combustion supplémentaire consiste à installer un brûleur en amont de la chaudière de récupération de chaleur. Cependant, la diminution de la puissance d'un moteur principal, comme une turbine à gaz dans une centrale de cogénération, se traduit par une efficacité électrique inférieure. Une petite turbine à gaz, avec une configuration simple, n'a pas de soupapes de *blow-off* qui permettent de décharger une partie de l'air comprimé à des charges

plus faibles et n'a pas d'IGV à l'entrée du compresseur qui peut réguler le débit d'admission d'air. Lorsque la puissance d'une turbine à gaz est réduite, en maintenant la vitesse de fonctionnement constante, de nombreuses pertes telles que celles dues au reflux, au frottement d'écoulement et au frottement mécanique restent les mêmes dans un sens absolu. Cela signifie que ces pertes ont un effet décroissant relativement plus élevé sur le rendement lorsque la puissance de la turbine diminue. Dans de nombreuses applications de cogénération, ce n'est pas la puissance électrique qui doit être variée, mais la puissance thermique. La chaleur produite par de nombreuses applications de cogénération à turbine à gaz est utilisée pour la production de vapeur. La vapeur est un vecteur d'énergie polyvalent dans les installations de traitement chimique. La chaleur dégagée par une turbine à gaz est presque entièrement disponible dans les gaz d'échappement et se caractérise par des valeurs de température autour de 500 C dans la plupart des cas, très adaptées à la production de vapeur. Si une combustion supplémentaire n'est pas disponible, la production de vapeur peut être modifiée en faisant varier la puissance fournie par la turbine à gaz.

Cependant, la chaleur dégagée dans l'échappement de la turbine ne diminue pas linéairement avec la puissance délivrée. Cela parce que le rendement de la turbine diminue avec la puissance délivrée et, par conséquent, la fraction de chaleur augmente avec la diminution de la puissance délivrée.

Figure 43. Exemples de valeur de rendement brute des turbines à gaz en fonction de la taille



Source: Frangopoulos, Cogeneration: technologies, optimisation and implementation, 2017.

8.2.1.2. Systèmes de cogénération alternatifs basés sur des moteurs à combustion interne

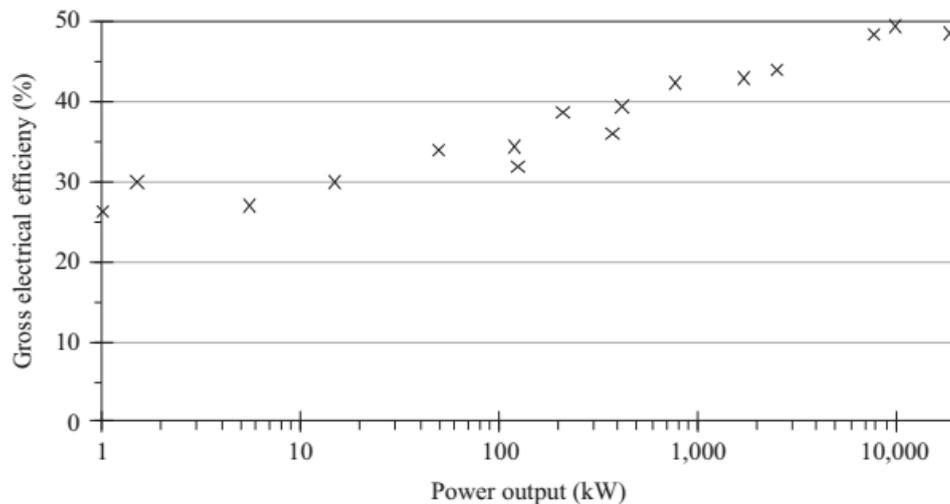
Après la Seconde guerre mondiale, les moteurs à gaz alternatifs stationnaires étaient presque exclusivement utilisés dans les installations d'épuration et dans les décharges de gaz, et pour entraîner les compresseurs de gaz dans les systèmes de transport par pipeline. Un grand changement s'est produit à la fin des années 1970 après la crise pétrolière, lorsque ces moteurs ont commencé à être utilisés dans les petites centrales de cogénération.

Pendant le fonctionnement d'un moteur à combustion interne, une partie de la chaleur dégagée pendant le processus de combustion est transférée aux parois du cylindre relativement froides et, par conséquent, moins de chaleur est disponible pour produire du travail. De plus, le travail effectué dans les cylindres du moteur sur les pistons n'est pas complètement transféré au vilebrequin qui entraîne le générateur. Le



frottement entre les pistons et les cylindres et dans les roulements, ainsi que les pertes parasites liées à l'entraînement par arbre à cames et aux pompes à huile et à eau consomment une partie de l'énergie. Comme pour tous les moteurs principaux, l'impact des pertes sur le rendement peut être réduit en augmentant la puissance de la machine (effet d'échelle). Les turbocompresseurs augmentent la pression d'admission des moteurs et, grâce à cela, une plus grande quantité de mélange de carburant peut être introduite dans un cylindre d'un alésage et d'une course donnés.

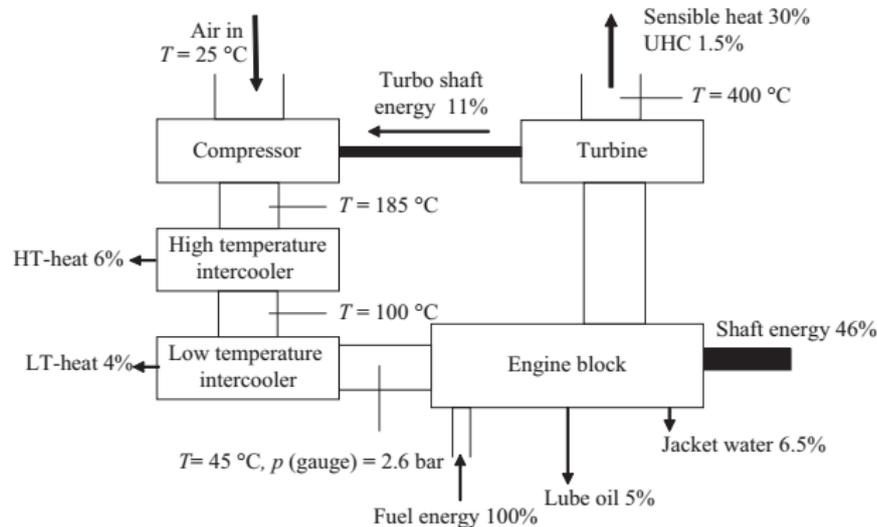
Figure 44. Rendement électrique brut d'un système de cogénération basé sur des moteurs à combustion interne



Source: Frangopoulos, Cogeneration : technologies, optimisation and implementation, 2017

Le bilan énergétique d'une centrale de cogénération entraînée par un moteur alternatif est plus compliqué que celui d'une turbine à gaz. Pour un moteur à combustion interne, il peut y avoir jusqu'à six sources de chaleur distinctes, tandis que pour la turbine à gaz, seule la chaleur des gaz d'échappement est importante. La Figure 45 montre les sources de chaleur en cas de suralimentation en un seul étage pour moteur tournant à charge nominale.

Figure 45. Bilan énergétique d'un moteur à combustion interne suralimenté à charge nominale



Source: Frangopoulos, Cogeneration : technologies, optimisation and implementation, 2017

L'apport de carburant est basé sur le pouvoir calorifique inférieur du carburant lui-même et les valeurs indiquées se réfèrent à la charge nominale du moteur. Toutes les fractions d'énergie sont fournies comme pourcentage de l'énergie injectée avec le carburant. Contrairement aux petits moteurs à aspiration naturelle, la chaleur disponible du bloc moteur via l'eau de chemise n'est ici que de 6,5%. La température de l'eau de la chemise est normalement d'environ 85 ° C, mais des valeurs jusqu'à 110 ° C sont également possibles. L'huile de graissage est également utilisée pour refroidir les têtes de piston et reçoit une partie de la chaleur du bloc moteur et des frottements dans les roulements. La chaleur de l'huile lubrifiante est souvent disponible à un niveau de température compris entre 40 et 50 ° C et dans cet exemple comprend 5% de l'énergie du carburant. La chaleur sensible des gaz d'échappement en aval de la turbine du turbocompresseur a un niveau de température de 400 ° C et représente environ 30% de l'énergie du carburant. Ce niveau de température convient à la production de vapeur. La turbine transfère 11% de l'énergie du carburant au compresseur via un arbre. Cela représente environ un quart de l'énergie disponible pour l'arbre du moteur. Dans cet exemple, le compresseur fait passer l'air d'admission d'une pression ambiante absolue de 1 bar à une pression absolue légèrement supérieure à 3,6 bar.

L'*intercooler* a été divisé en deux sections car l'utilité de la chaleur à un niveau de température proche de 100 ° C est généralement supérieure à celle de la chaleur à une température inférieure à 50 ° C. Le bilan énergétique dans cet exemple est complété par 1,5% d'hydrocarbures imbrûlés et 1% de perte de chaleur du bloc moteur vers l'environnement environnant. La perte de chaleur du bloc moteur est souvent appelée perte de rayonnement, mais en pratique, il s'agit principalement de la convection du bloc moteur vers l'air ambiant. Enfin, trois niveaux de chaleur sont disponibles. La chaleur de l'*intercooler* à basse température (LT) combinée à celle du refroidisseur d'huile de lubrification représente 9% de l'énergie du carburant à un niveau de température d'environ 50 ° C. La combinaison de la chaleur de l'*intercooler* à haute température (HT) et de la chaleur de l'eau de chemise représente 12,5% de l'énergie du combustible à environ 85 ° C. L'efficacité maximale de la cogénération dépend du niveau de température auquel les gaz d'échappement seront refroidis, à partir de 400 ° C, avant de sortir par la cheminée. Si la température de sortie était de 100 ° C, un quart de la chaleur sensible en aval de la turbine sera dispersé dans l'environnement. L'électricité représentera près de 45% de l'énergie



Interreg



UNION EUROPÉENNE
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



du combustible. Si la chaleur disponible à 50 ° C et 85 ° C est également utilisée, le rendement combiné de la cogénération sera de $9+12,5+22,5+45=89\%$.

La variation de la puissance calorifique d'un moteur alternatif avec la puissance d'arbre est plus compliquée à déterminer que celle d'une turbine à gaz en raison des nombreuses sources de chaleur utilisées. Les centrales de cogénération entraînées par un moteur alternatif ne fonctionnent normalement pas à des charges inférieures à 40% pour des raisons économiques. L'efficacité du carburant commence à devenir moins intéressante avec des charges aussi faibles, tandis que les coûts d'entretien par heure de fonctionnement sont à peu près les mêmes que la charge nominale. La perte de chaleur absolue du bloc moteur vers son environnement reste approximativement constante sur toute la plage de charge car la température du liquide de refroidissement est maintenue thermo statiquement à une valeur constante. Lorsque le moteur tourne à 30% de charge, la puissance transférée par le turbocompresseur de l'échappement vers le côté admission devient très faible, ce qui signifie que les *intercooler* ne refroidissent plus l'air en aval du compresseur. Si l'*intercooler* HT est intégré dans le système de refroidissement par eau de chemise, la chaleur sera transférée à l'air d'admission plutôt que supprimée. L'*intercooler* LT doit évacuer cette chaleur et la transférer vers le circuit de chauffage basse température.



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



8.2.2. *Bénéfices résultant de l'utilisation de la cogénération*

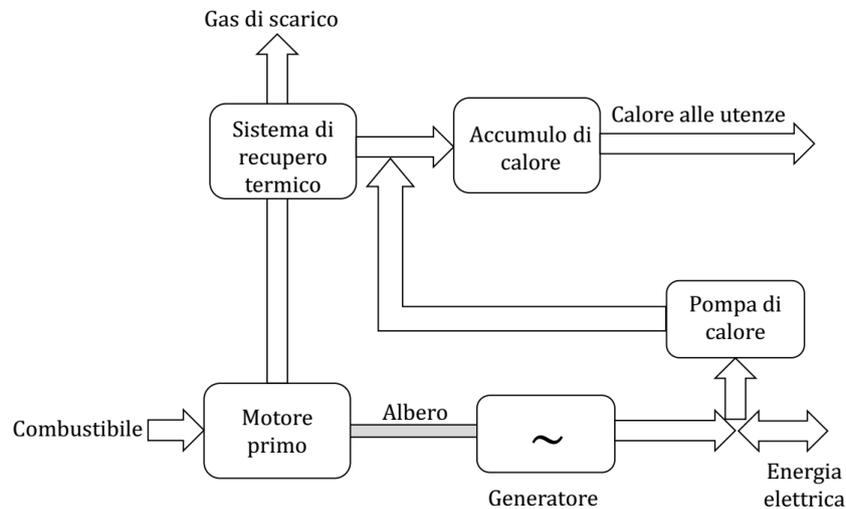
Sur la base de ce qui est illustré dans le Produit T.2.3.2, il ressort donc que la cogénération d'électricité et de chaleur est potentiellement une excellente solution pour économiser du carburant dans certaines conditions de contexte. Les centrales électriques les plus avancées dotées de turbines à gaz à cycle combiné ont un rendement de conversion combustible-électricité de 61%. Cela n'inclut pas les pertes de transport et de distribution, qui représentent en moyenne 8% de l'électricité produite. L'efficacité énergétique moyenne de la fourniture d'électricité aux utilisateurs finaux est proche de 35% dans le monde. En supposant par exemple que les 18 PWh de l'électricité fournie en 2013 soient produits avec des combustibles fossiles, cela nécessitait probablement $18 \times 3,6 / 0,35 = 185$ EJ de combustible fossile. Si toute l'électricité avait été produite par cogénération avec un rendement combiné de 85%, 90 EJ de chaleur auraient été récupérés de la production d'électricité et utilisés. Il s'agit d'une fraction substantielle des quelque 130 EJ de fourniture de chaleur provenant des combustibles fossiles. Sur une production d'électricité estimée à 10% par cogénération, y compris le chauffage urbain, une valeur réaliste pour l'année 2013 d'économies d'énergie est d'environ 10 EJ. Cela équivaut à environ 2% de l'utilisation mondiale de combustibles fossiles en 2013. La fraction de réduction de CO₂ peut être estimée dans le même pourcentage.

Une application plus diffusée de la cogénération peut en fait contribuer à réduire la consommation de carburant et les émissions de gaz à effet de serre. Si 50% de la demande d'électricité était couverte par la cogénération, des économies d'énergie de 50 EJ seraient possibles. Les coûts d'investissement ne peuvent pas être un obstacle, car le prix en kW des centrales de cogénération se situe dans la même fourchette que celui des grandes centrales au gaz.

Un autre avantage offert par les systèmes de cogénération réside dans leur intégration facile avec les énergies renouvelables. Pour atteindre les objectifs d'une société à très faibles émissions de gaz à effet de serre, il n'y a pas d'autre choix que de mettre en place un système qui utilise principalement l'électricité comme vecteur d'énergie. Cependant, l'électricité devra principalement provenir du rayonnement solaire, du vent, de la biomasse et de l'utilisation des déchets, des centrales nucléaires et pourrait provenir de centrales à combustibles fossiles qui utilisent le captage et le stockage du dioxyde de carbone.

Les centrales de cogénération feront partie intégrante du système d'approvisionnement en énergie des zones urbaines et des sites industriels, offrant une efficacité énergétique, une fiabilité et une flexibilité élevées. En effet, il sera impossible de s'appuyer uniquement sur l'énergie solaire et éolienne et d'autres options telles que l'énergie houlomotrice et la géothermie d'ici 2050. C'est avant tout le caractère aléatoire de l'énergie solaire et éolienne qui nécessite une sauvegarde flexible et rapide. Les centrales de cogénération modernes basées sur des turbines à gaz ou des moteurs à pistons peuvent démarrer et s'arrêter rapidement et fréquemment. Leur réponse à la demande d'un changement brutal de production est également bien supérieure à celle d'une centrale à vapeur traditionnelle. En cas de manque de soleil et de vent, ces unités peuvent produire la chaleur et l'électricité nécessaires. La Figure 46 représente schématiquement un système de ce type.

Figure 46 - Schéma d'une centrale de cogénération intégrée avec pompes à chaleur et stockage de chaleur



Source: nt. traitement.

8.3. Aspects thermodynamiques et réduction de l'impact environnemental des centrales cogénératives

Le produit T.2.3.2 examine également les outils pour l'évaluation des performances des systèmes de cogénération et de trigénération du point de vue des produits énergétiques utiles, de la consommation d'énergie primaire et des économies d'énergie primaire.

La définition correcte et le calcul de l'efficacité et des économies d'énergie primaire sont importants non seulement pour avoir une idée claire de ce que la cogénération peut réaliser, mais aussi pour révéler si un système particulier est éligible aux incitations économiques prévues dans différents pays pour la promotion de la cogénération, comme les subventions d'investissement, les garanties d'origine et le tarif spécial pour l'électricité issue de la cogénération à haut rendement (CAR). Un système de cogénération peut fonctionner sous différentes charges et conditions externes. Par conséquent, une analyse uniquement sur le point de conception nominal peut conduire à une surestimation de ses performances thermodynamiques. Si ces résultats sont ensuite utilisés pour évaluer sa performance économique, ils peuvent donner une fausse image de la viabilité économique de l'investissement.

Une multitude d'indices (ou de chiffres de mérite) pour l'évaluation des performances thermodynamiques des systèmes de cogénération sont apparus dans la littérature. En cela, les plus importants qui ont des bases thermodynamiques solides sont considérés et définis. En particulier, dans le document intégral, les bilans thermodynamiques des systèmes de cogénération sont largement traités. Plus précisément, en plus du bilan énergétique classique réalisé sur le système, le bilan basé sur l'énergie est également considéré, ou, en termes simples, sur une quantité capable de quantifier la capacité d'un système à fournir un effet utile. Ces bilans permettent de définir des rendements et des coefficients appropriés indicatifs de la capacité d'un système, dans le cas considéré de cogénération ou de trigénération, à convertir efficacement l'énergie primaire en produits "utiles", c'est-à-dire travail et chaleur. Le rapport électricité/chaleur et les économies d'énergie primaire sont également définis, les deux capables de caractériser la qualité du système de cogénération par rapport à un système traditionnel.

8.4. Évaluation économique et financière des coûts liés aux technologies de cogénération

Les systèmes de cogénération ou de trigénération sont des installations à forte intensité de capital, en raison du contenu technologique élevé qui les caractérise et de la taille dimensionnelle des tailles minimales des installations. Même si un système de cogénération ou tri-génération a un rendement énergétique élevé, il n'est pas possible de procéder à l'investissement à moins qu'il ne soit également économiquement durable.

Ce chapitre fournit des informations sur les méthodologies pour réaliser une évaluation économique et financière préliminaire de ce type d'installation, en examinant les différentes catégories de coûts qui découlent de l'achat et de la gestion de l'actif et les paramètres et les KPI d'un économique et financier qui sont plus répandus parmi les praticiens aux fins en question.

Les valeurs de coût rapportées sont les plus significatives possibles mais néanmoins, elles ne peuvent être considérées qu'à titre indicatif, car elles changent considérablement en raison de profils tels que le fabricant du système en question, la taille du système, le lieu d'installation du système, etc.

En outre, les coûts des technologies de cogénération et de trigénération sont influencés par plusieurs facteurs, tels que les accords spéciaux et éventuellement les remises offertes par les fabricants, les réglementations sur les émissions dans la zone d'installation spécifique, la disponibilité de la main-d'œuvre locale et les tarifs, les besoins en infrastructures (c.-à-d. système doit être situé sur un terrain nu ou sur un site avec routes existantes et réseaux électriques, eau, carburant), type d'installation et autres. Nous entendons donc ici ne fournir qu'un cadre de référence conceptuel à un niveau théorique qui ne peut évidemment pas être exhaustif, puisque l'évaluation de la performance économique d'une installation de co- ou trigénération spécifique doit être réalisée en détail sur la en fonction des spécificités de l'initiative du projet en cours d'évaluation.

Il convient également de noter qu'une éventuelle classification des éléments de coût qui caractérisent la structure de coût des centrales de cogénération sera présentée ci-dessous. Cela peut être facilement adapté au contexte des usines de trigénération (compte tenu des éléments de coût relatifs aux équipements tels que les refroidisseurs à absorption pour la production de froid) tandis que pour les estimations approximatives des coûts relatifs, ils se réfèrent aux installations de cogénération.

Les coûts des technologies de co- ou de trigénération peuvent être divisés, comme c'est le cas pour tout type d'investissement en actifs:

- ✓ **Dépenses en capital (investissements) ou dépenses en capital (CAPEX)**
- ✓ **Frais d'exploitation ou dépenses d'exploitation (OPEX)**

Dans la première macro-catégorie de coûts (CAPEX), il convient d'identifier au moins 3 éléments de coût principaux:

1. **Coûts d'équipement**
2. **Coûts d'installation**
3. **Coûts de conception**

Les **coûts de l'équipement** comprennent toutes les dépenses liées à l'achat de l'équipement et au transport de celui-ci jusqu'au site d'installation du système. Au sein de cette macro-catégorie, il est alors possible d'identifier au moins 8 éléments de coût principaux:

- a. Coût du moteur principal et du groupe électrogène
- b. Coût de l'équipement de récupération de chaleur et de la tuyauterie connexe
- c. Coûts du système d'échappement des gaz
- d. Coûts de l'équipement d'alimentation en carburant

TDI RETE-GNL

- e. Coûts du système de ventilation et de l'alimentation en air de combustion
- f. Coûts du panneau de contrôle
- g. Coûts d'interconnexion avec le réseau électrique
- h. Frais d'expédition et taxes.

Les **frais d'installation**, par contre, se réfèrent aux dépenses pour les permis de construire, pour l'acquisition de terrains, pour la construction de bâtiments (sauf si le système de cogénération est petit et l'espace est déjà disponible), pour l'installation des équipements, pour la documentation et les dessins de conception relatifs à la construction des installations en question.

Enfin, les **coûts de conception** comprennent les éléments de coût suivants:

- ✓ Frais d'ingénierie pour l'analyse, la conception, la planification et le développement d'un système de cogénération
- ✓ Frais de gestion de la construction
- ✓ Etudes environnementales et frais d'autorisation
- ✓ Frais juridiques
- ✓ Lettres de crédit
- ✓ Formation du personnel
- ✓ Financement du projet
- ✓ Imprévus (compensation des coûts imprévus)

Dans le Tableau 57 le classement des postes CAPEX relatifs à une centrale de cogénération est à nouveau proposé.

Tableau 57. Classification des coûts CAPEX d'une centrale de cogénération

Costi di capitale (CAPEX)
Costi dell'attrezzatura
Costo per il motore principale e gruppo elettrogeno
Costo per le apparecchiature di recupero del calore e relative tubazioni
Costi per l'impianto di scarico del gas
Costi per le attrezzature per l'approvvigionamento del carburante
Costi per il sistema di ventilazione e alimentazione dell'aria comburente
Costi del quadro di comando
Costi di interconnessione con la rete elettrica
Costi di spedizione e tasse
Costi d'installazione
Costo permessi costruzione
Costo terreno
Costo costruzioni
Costo documentazione e disegni
Costi di progettazione
Onorari di ingegneria per l'analisi, la progettazione, la pianificazione e lo sviluppo di un sistema di cogenerazione
Commissioni di gestione della costruzione
Studi ambientali e costi di autorizzazione
Spese legali
Lettere di credito
Formazione del personale
Finanziamento del progetto
Imprevisti

Source: notre élaboration.

En se concentrant plutôt sur OPEX, il est possible de les classer en:

- Frais de carburant
- Coûts des consommables autres que le carburant (par ex. Huiles lubrifiantes)
- Frais de personnel
- Frais de maintenance
 - i) maintenance programmée
 - ii) entretien au besoin
- Frais d'assurance
- Coûts environnementaux
- Autres frais d'exploitation.

Dans le Tableau 58 la structure des éléments de coût OPEX est affichée.

Tableau 58: Classification des coûts OPEX d'une centrale de cogénération

Costo operativo (OPEX)
Costi del carburante
Costi dei materiali di consumo diversi dal carburante
Costi del personale
Costi di manutenzione
Costi assicurativi
Costi ambientali
Altri costi operativi

Source: notre élaboration.

Afin d'avoir des paramètres économiques et financiers initiaux et des KPI fonctionnels à une évaluation initiale de la commodité de construire ce type de systèmes, nous sommes partis de l'analyse de la littérature académique dominante sur le sujet. En particulier, les données de coût rapportées ici sont extraites des travaux scientifiques de Frangopoulos (2017) «Analyse économique des systèmes de cogénération», qui indique le coût d'investissement et de fonctionnement par unité de puissance fournie par les deux «moteur à gaz de combustion interne »et du type« moteur à turbine à gaz ».

Comme indiqué dans le Tableau 59, la fourchette de coûts CAPEX identifiée pour les centrales de cogénération de type «moteur à turbine à gaz» est comprise entre 550 euros par MW, dans le cas d'une puissance électrique fournie égale à 20 MW, et 1 200 euros dans le cas de 1 MW de énergie électrique. Il est donc tout à fait évident qu'il existe de fortes économies d'échelle en ce qui concerne les postes CAPEX, en vertu desquelles, à mesure que la taille de la centrale augmente, il y a une réduction assez significative du coût unitaire pour la production de 1 MW d'électricité.

En ce qui concerne le coût OPEX d'un même type de centrale de cogénération, la fourchette de coût se situe entre 9,9 et 14,3 euros par MW d'électricité pour les centrales de 3 à 45 MW.

Dans le cas d'un système de cogénération avec moteur à combustion interne au gaz, la fourchette de coûts CAPEX par MW se situe toutefois entre 770 et 1 100 euros par MW d'électricité.

Le coût OPEX d'un même type de centrale, d'une puissance électrique comprise entre 0,1 et 9,5 MW, se situe dans une fourchette comprise entre 9,3 et 27,5 euros par MW de puissance.



Tableau 59: Valeurs des coûts OPEX et CAPEX par MW de centrales de cogénération de moteurs à combustion interne et de turbines à gaz

Tipo di motore	Potenza	OPEX per MW	CAPEX per MW
Motore a turbina a gas	20 MW		550
	1 MW		1.200
	3-45 MW	9,9-14,3 €	
Motore a combustione interna a gas	20 MW		700
	1 MW		1.100
	0,1-9,5 MW	9,3-27,5 €	

Source: notre élaboration.

D'un point de vue méthodologique, afin de faire une première évaluation de la commodité économique d'avoir des centrales énergétiques de ce type, le décideur doit adopter la logique CAE (coût annuel équivalent) dans la méthodologie plus large de budgétisation des investissements. C'est notamment le cas lorsque l'évaluation est comparative entre des investissements alternatifs (peut-être n'ayant pas la même durée de vie utile) ou que l'évaluation en question doit considérer la comparaison avec une situation pré-intervention existante (par exemple pour évaluer une hypothèse de remplacement d'usine).

Comme on le sait, le CAE d'un investissement (réalisé aujourd'hui) est le cash-flow annuel (positif) nécessaire pour récupérer un investissement tout au long de sa vie économique (compte tenu également du coût du capital). Sur le plan opérationnel, le CAE est calculé en transformant un investissement actuel en une série de flux de trésorerie futurs (ou en une rente qui a la même VA que l'investissement). Puisqu'il s'agit d'une évaluation d'un centre de coûts, il y aura évidemment des flux de trésorerie négatifs (c'est-à-dire des dépenses pour l'installation et la gestion du système). Cette approche méthodologique, en effet, est utilisée dans diverses circonstances, par exemple lorsqu'il est nécessaire de choisir entre des équipements, des usines ou d'autres investissements de durée différente (durée de vie économique).

Le CAE est donc ce flux de trésorerie pour lequel le revenu annuel ayant $CF = CAE$ et une durée égale à la durée de vie utile de l'usine / de l'investissement ($t = n$) pour lequel l'expression suivante s'applique:

$$VA_{CAE} = CAE * \left[\frac{1}{r} - \frac{1}{r(1+r)^n} \right] = VAN_I$$

D'où il est clair que le CAE de l'investissement dans la centrale de co- ou trigénération est donné par:

$$CAE = \frac{VAN_I}{\text{Fattore rendita di } n \text{ anni}}$$

Avec la précision que *in questo caso per VAN dell' investimento si* signifie uniquement la valeur actuelle des coûts associés à l'investissement et celle entre deux investissements alternatifs, dans ce cas, dans des usines de production d'énergie, celui caractérisé par CAE plus bas.

8.5. Besoins énergétiques des zones portuaires de la zone de référence

Cette section analyse les besoins énergétiques liés à certains ports de la zone du programme. Plus précisément, les résultats seront rapportés pour le port de Gênes et le port de Livourne, pour lesquels, également à travers le produit T 2.1.2, il a été possible de quantifier, grâce à l'utilisation de questionnaires soumis aux opérateurs de terminaux opérant dans les ports eux-mêmes, les besoins énergétiques globaux et spécifiques de chaque opérateur de terminal. A noter que la réalité portuaire



étant extrêmement complexe en termes d'utilisation et de gestion des sources d'énergie, les questionnaires n'ont permis de cartographier qu'une partie de l'ensemble des besoins énergétiques du port. L'estimation de la part manquante a eu lieu grâce à l'utilisation de paramètres d'indicateurs, développés à partir des données fournies par les questionnaires.

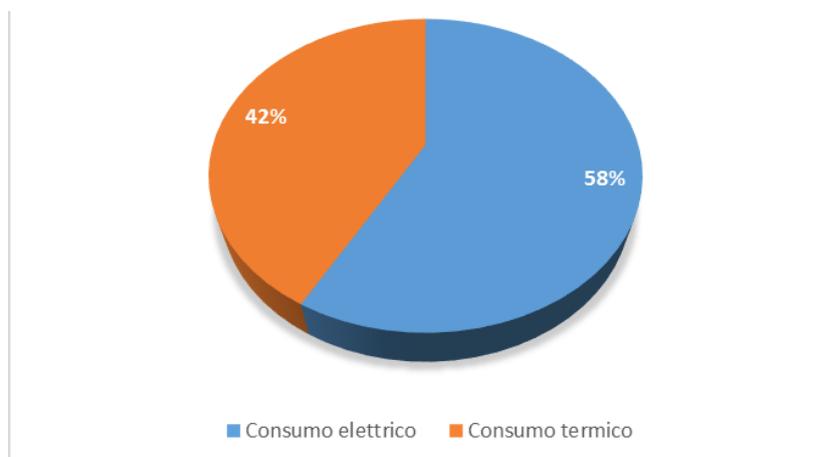
En ce qui concerne le port de Gênes, la procédure d'estimation prospective des besoins énergétiques des zones portuaires au moyen de la définition de paramètres indicateurs (KPI, Key Performance Indicators), basée sur les résultats fournis, à travers des données désagrégées, à travers la compilation des questionnaires décrits dans les produits antérieurs, ont permis d'analyser les activités des opérateurs de terminaux d'un point de vue énergétique, qui ont été regroupées dans les zones homogènes suivantes:

1. Marchandises générales
 - 1.1 Polyvalent
 - 1.2 Conteneur
2. Vrac liquide (pétrole, dérivés, etc.)
3. Vrac solide (charbon, minéraux ferreux et non ferreux, céréales, etc.)
4. Construction navale (construction et réparation navales)
5. Terminal passagers
6. Marine (navigation de plaisance)
7. Autres (entrepôts, logistique, etc.).

Sur la base des KPIs calculés et de l'analyse des statistiques descriptives (espaces portuaires occupés par les différentes catégories d'opérateurs de terminaux / concessionnaires; volumes de trafic gérés, etc.), la consommation d'énergie relative au port de Gênes a d'abord été estimée. en considérant ensemble les données de consommation réelle et les estimations des concessionnaires pour lesquelles les données ne sont pas disponibles.

Cette analyse conduit à une estimation de la consommation d'énergie du port de Gênes, en énergie primaire, égale à 480,05 GWh (Figure 47). Cette valeur est donnée par la somme de la consommation thermique (énergie primaire 193,21 GWh) et de la consommation électrique primaire (286,83 GWh). La consommation électrique primaire correspond à 131,94 GWh de consommation électrique absorbée par les exploitants de terminaux / concessionnaires. La Figure 47 montre le diagramme circulaire relatif à la consommation d'électricité rapportée en termes de consommation d'énergie primaire et thermique.

Figure 47. Estimations de la consommation du port de Gênes (énergie primaire): poids relatif de la consommation thermique et électrique.





Source: notre élaboration.

En analysant plus en détail les besoins énergétiques des classes homogènes précédentes et en divisant les composants de consommation électrique et thermique qui composent la consommation globale en sous-catégories plus détaillées, il est possible de faire une évaluation plus précise des besoins énergétiques. À l'exclusion de ces besoins énergétiques ceux relatifs à l'utilisation de carburants destinés aux moyens de transport non électriques, non adaptés à l'évaluation des besoins énergétiques pour l'identification des catégories pour lesquelles l'adoption de centrales de cogénération dans la zone portuaire pourrait être envisagée, il est possible d'évaluer, pour les différentes catégories, la relation caractéristique entre l'énergie thermique et l'électricité requise. Ces valeurs sont reportées dans le Tableau 60.

Tableau 60: Relation caractéristique entre les besoins en chaleur et en électricité pour les différentes catégories homogènes analysées

	Rapporto tra energia termica ed elettrica
Container	0,20
Cantieristica	0,63
Rinfuse liquide	3,41
Multipurpose	1,24
Terminal passeggeri	0,25
Marine	0,03
Rinfuse solide	0,36

Source: notre élaboration.

De ces rapports, il ressort clairement que les catégories ayant des besoins en chaleur plus élevés que l'électricité sont la catégorie du vrac liquide et la catégorie polyvalente. Comme indiqué précédemment, la catégorie des vracs liquides doit la forte demande d'exigences de chaleur à la nécessité de maintenir les mazouts à une température constante pour faciliter leur manipulation. La catégorie polyvalente présente également un rapport entre l'énergie thermique et électrique supérieur à l'unité, quoique inférieur à celui lié à la catégorie vrac liquide, en raison de la présence d'immeubles de bureaux nécessitant un chauffage en période hivernale. Sur la base de ces analyses, les exemples d'application des centrales de cogénération présentés dans les paragraphes suivants seront donc appliqués aux deux catégories décrites ci-dessus.

En ce qui concerne le port de Livourne, l'estimation de la consommation se fonde sur les données fournies par l'autorité du système portuaire de la mer Tyrrhénienne septentrionale, notamment sur les réponses aux questionnaires adressés aux opérateurs. L'évaluation était divisée en trois parties:

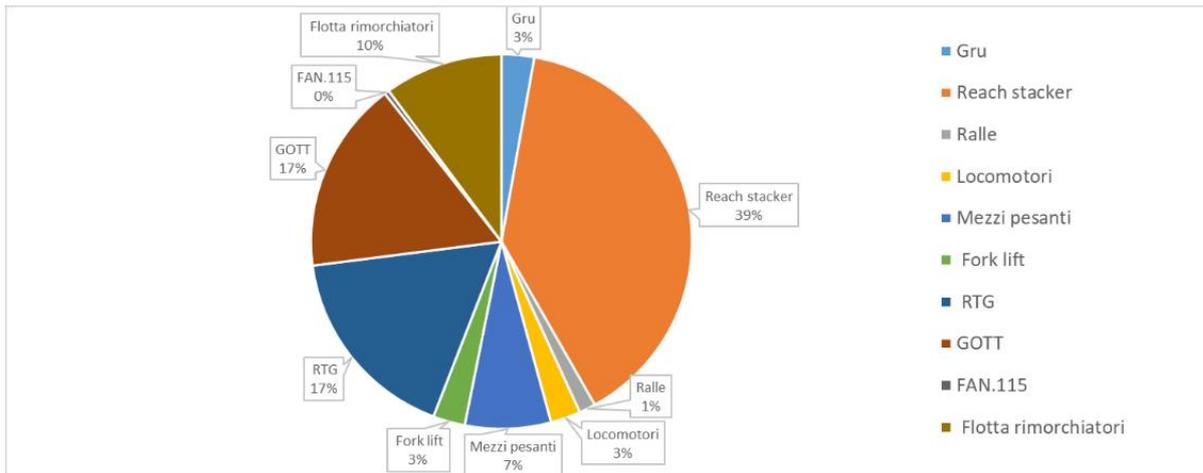
- Consommation due à la circulation des marchandises sur le quai et des remorqueurs.
- Consommation due aux navires stationnés.
- Consommation d'électricité et de chaleur pour d'autres usages par les opérateurs (ex: bureaux, entrepôts).

En ce qui concerne la première catégorie, pour obtenir une estimation globale de l'ensemble du port, la consommation annuelle de tous les véhicules de tous les opérateurs a été additionnée (l'Autorité portuaire rapporte que le diesel est le carburant principalement utilisé pour les véhicules à quai). Voici les opérateurs pour lesquels aucune donnée n'est disponible: Mooring Group, Intercontainers Livorno, Bartoli, Mariter, Porto Commerciale, Livorno Est. Pour estimer la consommation de ces opérateurs

manquants, le nombre et le type de véhicules ont été obtenus à partir de références en ligne et multipliée par la consommation unitaire de chaque type de véhicule obtenue à partir des présents questionnaires des autres opérateurs. Par conséquent, l'estimation est très approximative et se situe autour de 3 millions de litres de diesel par an (environ 30 GWh), pour l'ensemble du port.

Dans la Figure 48 la contribution à la consommation totale de chaque type de véhicule est indiquée.

Figure 48 - Contribution à la consommation totale pour chaque type de véhicule



Source: notre élaboration.

Quant à l'arrêt des navires, dans le port de Livourne il y a un quai électrifié mais il n'est pas utilisé. Les données fournies se réfèrent aux principales catégories de navires en service et la consommation d'énergie lors de l'escale est basée sur une estimation réalisée à partir des heures d'arrêt réelles des navires et des puissances installées à bord. Les types de combustibles (principalement les fiouls) et les quantités consommées ne sont pas connus car ce sont des données confidentielles que les armateurs ne partagent pas. Le Tableau 61 résume la consommation estimée des navires en stationnement. Comme on peut le voir dans le rouge, la consommation annuelle totale est d'environ 12,3 GWh. En supposant un rendement des moteurs de 30%, la consommation d'énergie primaire est d'environ 41 GWh.

Tableau 61: Type et consommation des navires stationnés

Dati navi in sosta con potenza massima dei generatori ausiliari inferiore a 1500 kW								
Tipo nave	Numero arrivi	Numero navi	Totale ore sosta	Media ore sosta	Totale potenza generatori (kW)	Media potenza generatori (kW)	Energia totale in sosta (kWh)	Media energia in sosta (kWh)
Passenger/Ro-Ro Cargo Ship	338	1	3617	11	399747	1183	4278196	12657
GENERAL CARGO SHIP	94	63	4519	48	70976	755	3274361	34834
RO-RO CARGO SHIP	61	3	1313	22	84023	1377	1843671	30224
CONTAINER SHIP	11	4	374	34	6619	602	255638	23240
VEHICLES CARRIER	4	2	27	7	4804	1201	34129	8532
Passenger (Cruise) Ship	5	5	74	15	5796	1159	80724	16145
PRODUCTS TANKER	1118	4	2885	3	991679	887	2558881	2289
Totale	1631	82	12809		1563644		12325600	

Source: notre élaboration.

On suppose que les quelque 12,33 GWh par an sont actuellement produits avec des moteurs à combustion interne avec un rendement de fonctionnement moyen de 33%, donc avec une consommation de diesel de 37 GWh. En considérant que le diesel a un pouvoir calorifique inférieur de 11,83 kWh /

kg, soit 10 kWh / l, cette consommation correspond à 3.700.000 litres de diesel. Dans le cas d'une alimentation à quai, il est évident que les émissions de CO₂, ainsi que celles des autres polluants, seraient localement nulles et globalement réduites par rapport au mix de production électrique national actuel égal à moins de 300 gCO₂ / kWh, comme indiqué dans le tableau. où sont présentées les données au niveau européen.

En général, cependant, il est difficile d'électrifier le quai et de préparer les navires à l'alimentation en courant alternatif depuis la côte. Par conséquent, une alternative à moindre coût d'infrastructure peut être envisagée: une alimentation à quai via des unités mobiles de production d'électricité alimentées au GNL. Dans ce cas, il est supposé fournir 12,33 GWh avec des moteurs à combustion interne optimisés avec un rendement moyen plus élevé, env. 40%, consommant ainsi 30,8 GWh de GNL, correspondant à 2 217 626 kg de GNL (pouvoir calorifique du méthane 13,9 kWh / kg) avec des émissions de CO₂ de 6098 tonnes (2,75 kg de CO₂ par kg de méthane); donc une réduction de 40% des émissions de CO₂ par rapport à la production embarquée avec des unités diesel.

Enfin, s'agissant de la consommation relative aux opérateurs, il faut souligner que les données de nombreux opérateurs font malheureusement défaut. Ci-dessous dans le Tableau 62, seule la consommation moyenne d'électricité (2016-2017) trouvée est indiquée.

Tableau 62: Consommation d'électricité et de gaz naturel des exploitants du port de Livourne (partielle)

Consumi energia elettrica/impianti termici/altro			
	EE [kWh]	ET gas naturale [m3]	ET Gpl [m3]
Terminal darsena toscana	8.714.461	13.461	
Lorenzini & C	1.104.663		
Costieri D'Alesio e Toscopetrol	2.497.358		
Terminal Calata Orlando	48.272		
Grandi Molini Italiani	100.000		
FRATELLI NERI SPA	588.247		2.300
AUTOVETTURE CP LIVORNO			
CAPITANERIA DI PORTO DI LIVORNO (sede distaccata)	72.256	3.193	
CAPITANERIA DI PORTO DI LIVORNO (sede centrale)	81.572	10.626	
Tot	13.206.831	27.281	2.300

Source: notre élaboration.

La quantité de produits pétroliers chargés et déchargés peut être déduite de l'annexe statistique 2019 du port de Livourne. Ces produits doivent être chauffés avant d'être transportés dans des canalisations dédiées. A ce jour, une raffinerie Eni est présente et opérationnelle à Livourne, qui autoproduit de l'énergie et utilise donc la chaleur résiduelle en cogénération à cet effet. Pour l'avenir, compte tenu de l'évolution du scénario européen en termes de consommation de combustibles fossiles, il n'est pas irréaliste d'imaginer une forte réduction des effectifs du secteur européen du raffinage du pétrole. Dans cette perspective, on peut penser que les produits «Pétrole» qui seront encore débarqués dans le port de Livourne à d'autres fins, ne pourront plus bénéficier de la présence de chaleur résiduelle de la raffinerie



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



actuelle. Dans ce cas, surtout si le futur port sera équipé d'usines d'autoproduction électrique, utilisant peut-être du GNL, cette chaleur pourrait être obtenue en cogénération.

8.6. Exemples d'application de plantes cogénératives et trigénératives

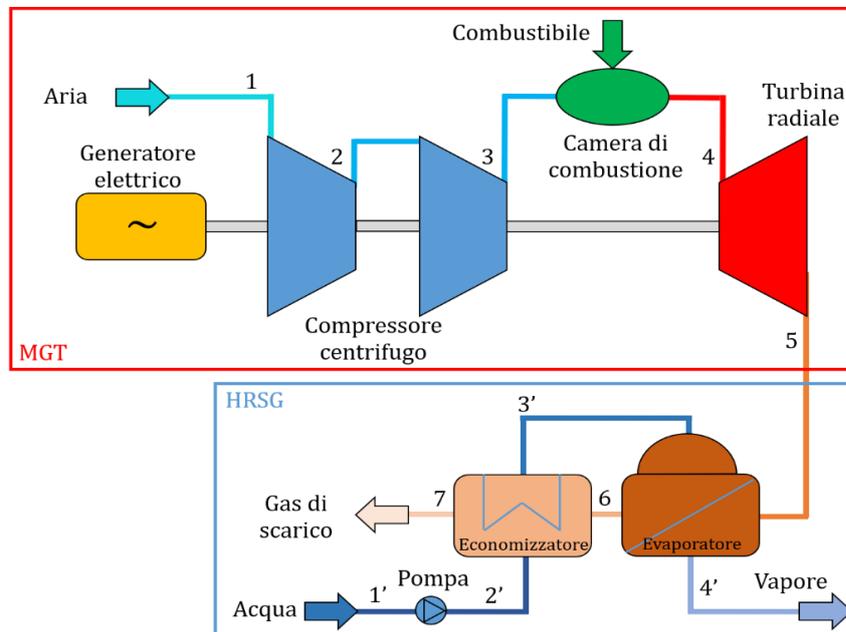
Ce paragraphe présente quelques exemples d'applications potentielles concernant les centrales de cogénération ou de trigénération dans les zones portuaires des régions d'intérêt du projet. Comme souligné dans les paragraphes précédents, l'analyse des infrastructures présentes dans le port de Gênes a quantifié l'impact énergétique associé aux utilisateurs, que l'on peut qualifier d'«énergivore»: ceux-ci sont associés à la consommation d'électricité et de chaleur, pour la plupart des structures. Les interventions possibles sur le contexte décrit agissent principalement à deux niveaux: un objectif est de réduire la dépense liée à l'achat d'électricité, par la rationalisation de la consommation; une deuxième option impliquerait l'installation de systèmes d'autoproduction de l'énergie consommée, bénéficiant de solutions à haut rendement. À cette fin, on peut se référer à une technologie de cogénération, grâce à laquelle la production combinée d'électricité et de chaleur est rendue disponible.

Plus précisément, en ce qui concerne le port de Gênes, il a été possible de procéder à la rédaction de deux analyses de faisabilité concernant une centrale de cogénération au service des opérateurs de terminaux opérant dans le domaine de la manutention de vrac liquide et une centrale de type trigénérative au service des bâtiments pour Usage de bureau.

Pour les deux applications, après une analyse des besoins des utilisateurs au cours de l'année, il a été possible de faire l'hypothèse de la configuration de deux systèmes. Le premier, de type cogénératif, capable de produire de l'électricité et de la chaleur, transporté au moyen de vapeur, utilisé comme vecteur énergétique, et le second, de type trigénératif, capable de produire de l'électricité et de l'énergie thermique. Cette énergie thermique est utilisée à la fois pour la production de chaleur et pour la production de froid, au moyen de l'utilisation d'un refroidisseur à absorption, afin de conditionner les immeubles de bureaux.

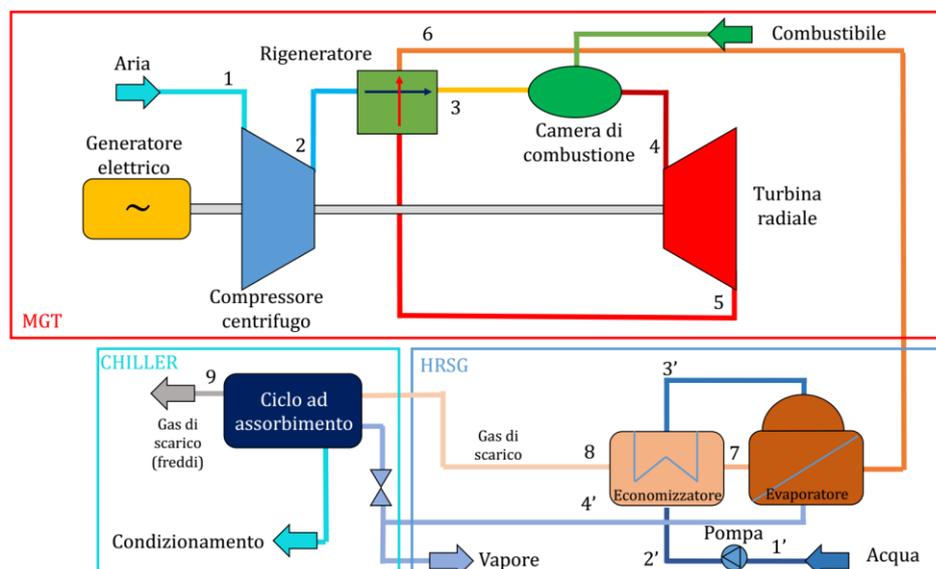
Les deux systèmes, bien que de tailles différentes, reposent sur l'utilisation de micro-turbines à gaz, qui présentent un rapport puissance / poids élevé et alimentent l'échappement en fumées haute température (de l'ordre de 500 ° C pour un cycle simple et 300 ° C pour cycle régénéré). À titre d'exemple, dans la Figure 49 le schéma d'une centrale de cogénération est montré, tandis qu'en Figure 50 le schéma simplifié du module constituant le système de trigénération proposé est représenté.

Figure 49: Schéma d'une centrale de cogénération pour la production combinée d'électricité et de chaleur (vapeur)



Source: notre élaboration.

Figure 50: Schéma de la centrale de trigénération proposée



Source: notre élaboration.

Pour les deux solutions, les effets liés au remplacement des systèmes traditionnels par ceux proposés ont été évalués à la fois du point de vue des aspects économiques, et donc du temps de retour sur investissement, et du point de vue des délais de construction.

8.7. État de la technique et examen des profils empiriques liés aux applications des usines de co- et de trigénération de GNL dans les portes maritimes au niveau national



Au niveau national, la technologie de cogénération qui implique l'utilisation du GNL, appliquée dans les secteurs maritime et portuaire, est encore dans un état plutôt embryonnaire; la situation est encore plus évidente en ce qui concerne la technologie de trigénération au GNL, puisqu'il n'y a à ce jour aucun cas concret, ni réalisé ni prévu dans le secteur maritime portuaire.

Revenant à l'examen de l'état de l'art concernant la conception et la construction de centrales de cogénération dans la zone maritime-portuaire, les activités de recherche menées dans le cadre du projet TDI RETE-GNL ont mis en évidence quelques premières études de cas intéressantes en rapport avec projets nationaux et internationaux qui envisagent l'utilisation de la technologie de la cogénération pour la réutilisation et la gestion du BOG (boil off gas) généré par les terminaux maritimes de regazéification, de stockage et de soutage de GNL.

En Italie, au cours des 20 dernières années, il y a eu trois grands projets liés aux centrales de cogénération au GNL (cf. Tableau 63).

En ce qui concerne le terminal Panigaglia à La Spezia, il a été présenté en 2006 par GNL Italia S.p.A. une étude d'impact environnemental sur l'installation dans la zone portuaire de Panigaglia d'une centrale de cogénération pour l'autoproduction d'électricité. La centrale de cogénération choisie pour l'analyse d'impact environnemental se compose de:

- ✓ Un système de production d'électricité, en parallèle du réseau, avec un turbogénérateur d'environ 31 745 MW aux conditions environnementales de référence (15 ° C au niveau de la mer).
- ✓ Un système de récupération de chaleur sur les gaz d'échappement constitué d'un échangeur de chaleur d'une puissance d'environ 35 MW dans les mêmes conditions, pour chauffer l'eau des vaporisateurs.
- ✓ Auxiliaires et accessoires nécessaires au fonctionnement sûr et efficace de l'équipement fourni.

Tableau 63: Projets nationaux de cogénération dans le secteur maritime portuaire

PAESE	PORTO	TERMINAL	ANNO PROGETTO	PROPONENTE	NOTE
ITALIA	La Spezia	Terminal SNAM di Panigaglia	2006	GNL italia S.p.a.	L'impianto di cogenerazione scelto per l'analisi di impatto ambientale è costituito da: - Un sistema di produzione di energia elettrica, in parallelo con la rete, con un turbogeneratore di taglia pari a circa 31.745 MW alle condizioni ambientali di riferimento (15 °C al livello del mare). - Un sistema di recupero termico sui gas esausti composto da uno scambiatore di calore di capacità pari a circa 35 MW alle stesse condizioni, per il riscaldamento dell'acqua dei vaporizzatori. - Ausiliari e accessori necessari all'esercizio in sicurezza ed efficienza delle apparecchiature fornite.
ITALIA	Livorno	Terminal OLT Offshore LNG Toscana	2019	OLT	Il sistema di cogenerazione progettato è composto da un sistema di generazione elettrica composto da due turbogeneratori a vapore della potenza di 10 MW ciascuno, da due turbogeneratori a vapore della potenza di 3,35 MW ciascuno e da generatori diesel di emergenza.
ITALIA	Porto Torres	Terminal di Porto Torres	2017	Matrica S.p.a	Il progetto consiste nella realizzazione di una centrale dual-fuel, alimentata a gas naturale o Gpl, che permetta l'autonomia energetica degli impianti di Matrica nell'ambito degli interventi previsti sulla chimica verde a Porto Torres. La centrale sarà costituita da un turbogeneratore da 5,5 MW e da una caldaia per la generazione di vapore. L'alimentazione a Gpl sarà garantita attraverso un sistema di collegamento con la rete di stabilimento già esistente.

Source: notre élaboration⁹

⁹ Les informations contenues dans le tableau 4 ont été obtenues auprès des sources suivantes: Plan réglementaire du port de Livourne année 2014, rapport «projet final transfert de GNL à petite échelle OLT» mars 2019, rapport «modernisation et adaptation de l'usine de GNL de Panigaglia» année 2006, site <https://www.ccj-online.com/4q-2012/plant-reports-ecoeletrica-lp/> et <http://www.gasprocessingnews.com/news/ferc-approves-lng-import-terminal-expansion-in-puerto-rico.aspx>



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Le fonctionnement de la centrale de cogénération et du système de récupération est le suivant: la chaleur contenue dans les fumées d'échappement de la turbine est envoyée au moyen de conduits isolés vers un récupérateur pour chauffer un fluide intermédiaire (H₂O). L'eau chauffée est ensuite acheminée vers les réservoirs des vaporisateurs à flamme immergée 5 + 1 type 20-XF-02 A / B / C / D / E / F au moyen de conduits traversants à *rack*¹⁰, contribuant à fournir la chaleur nécessaire à la vaporisation de GNL.

L'eau déminéralisée, après avoir transféré la chaleur de vaporisation sensible au GNL, est collectée dans un réservoir d'accumulation / de remplissage et renvoyée vers l'échangeur de chaleur à l'aide des pompes 20-P-02A / B pour être à nouveau chauffée. L'usine est donc équipée d'un système de récupération de chaleur sur les gaz d'échappement de la turbine dans le procédé de regazéification du GNL (chauffage de l'eau des vaporisateurs), ce qui garantit d'importantes économies de chaleur (environ 35000 kW) et donc d'essence. Le GNL vaporisé avec récupération est d'environ 183 t / h (tonnes / heure).

À ce jour, le projet du terminal de Panigaglia n'a pas encore été approuvé et le projet est resté en discussion.

Un autre projet concernant la construction d'une centrale de cogénération GNL dans la zone portuaire maritime au niveau national est celui du terminal OLT Offshore LNG Toscana. Le projet présenté en mars 2019 par OLT prévoit d'équiper le terminal d'un système de gestion et de valorisation BOG de type cogénération.

Le système de cogénération conçu est composé d'un système de génération électrique composé d'une centrale à vapeur composée de deux turbogénérateurs à vapeur d'une puissance de 10 MW chacun, de deux turbogénérateurs à vapeur d'une puissance de 3,35 MW chacun et de générateurs diesel de secours. La vapeur nécessaire pour alimenter les turbines est produite par deux chaudières à gaz combustible (chacune d'une taille de 40 MWt). Ces chaudières sont conçues pour utiliser du GN (Gaz Naturel) dérivant du BOG du GNL comme fluide combustible primaire et du MGO (Marine Gas Oil) en cas de fonctionnement anormal. Le projet relatif à la centrale de cogénération au GNL mentionné dans l'OLT est toujours en discussion.

Enfin, un autre exemple de projet de centrale de cogénération GNL dans la zone portuaire au niveau national, déposé pour autorisation environnementale auprès du service des évaluations environnementales de la Direction régionale de la défense environnementale en 2017, est l'étude environnementale préliminaire relative à projet «Installation d'une nouvelle centrale de cogénération desservant l'usine de Matrìca à Porto Torres» présenté par la société Matrìca SpA.

Le projet consiste en la construction d'une centrale bicarburant, alimentée au gaz naturel ou au GPL, qui permet l'autonomie énergétique des usines de Matrìca dans le cadre des interventions prévues sur la chimie verte à Porto Torres. La centrale sera composée d'un turbogénérateur de 5,5 MW et d'une chaudière pour la production de vapeur. Le ravitaillement en GPL sera garanti par un système de connexion avec le réseau existant de l'usine. Dans le cas de l'utilisation du méthane, cependant, l'approvisionnement se fera avec un système spécifique de stockage et de vaporisation de GNL.

Le projet a été approuvé par la région Sardaigne à la fin de 2017, donnant à l'entreprise proposante cinq ans pour construire l'usine.

¹⁰ Les structures de menuiserie métalliques industrielles de type Pipe Rack (ou «pipe holder») remplissent la double fonction de sécurisation des systèmes et d'optimisation des espaces, et peuvent être utilisées aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur du lieu de travail.



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



8.8. Co- et tri-génération dans le domaine port maritime: bonnes pratiques au niveau international

Comme déjà indiqué, à ce jour, il n'y a pas de cas d'application de centrales de trigénération GNL en milieu portuaire maritime, même pas au niveau international, sur la base des premières analyses préliminaires réalisées dans le cadre du projet TDI RETE-GNL; cependant les activités de recherche menées ont mis en évidence l'existence de différents cas de centrales de cogénération au GNL, soulignant que dans certaines circonstances ce type de centrale peut être une solution technologique valable d'un point de vue environnemental mais aussi économiquement durable.

Parmi les différents cas relevés au niveau international, l'étude de l'analyse de rentabilisation du terminal GNL de Porto Rico est jugée digne, en raison du fort impact que ce terminal a dans la production d'électricité desservant le réseau national et d'eau douce.

Au début des années 90, la Puerto Rico Electric Power Authority (PREPA) a reconnu la nécessité d'ajouter 1 200 MW de nouvelle capacité électrique d'ici 2000 pour suivre le rythme de la croissance annuelle prévue de la demande d'énergie de 3 à 4%.

En juin 1995, PREPA avait une capacité énergétique disponible qui dépassait légèrement sa charge maximale de 2748 MW et ne pouvait pas financer la capacité de nouvelle génération sans risquer une dégradation de sa note de crédit (la dette senior non garantie de PREPA était notée BBB + de Standard and Poor's et Baa1 de Moody's).

En réponse aux défis financiers, techniques et environnementaux de l'ajout de nouvelles capacités de production, PREPA s'est tourné vers l'industrie énergétique indépendante internationale. PREPA a évalué plus d'une dizaine de propositions de projets énergétiques indépendants.

La proposition d'EcoEléctrica à PREPA était opportune et approuvée en 1994: importer du GNL sur l'île de Porto Rico et l'utiliser pour alimenter une centrale électrique à turbine à gaz à cycle combiné de 500 MW, avec du GPL comme combustible de secours.

La construction du terminal, achevée en 2000, a produit un terminal avec des installations nominales de réception, de stockage et de regazéification de GNL de deux millions de barils (318000 m³), un réservoir de stockage brut de GNL d'un million de barils (159000 m³) une installation d'amarrage de méthaniers de classe mondiale (15 000 m³ à 137 000 m³) et un quai de 533 m (Figure 51).

Figure 51: Projet EcoEléctrica sur l'île de Porto Rico; Terminal GNL couplé à une centrale électrique à turbine à gaz à cycle combiné



Source: <https://www.ccj-online.com/4q-2012/plant-reports-ecoelectrica-lp/>

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Étude pour un plan d'action conjoint pour le GNL en zone portuaire"

L'électricité produite par EcoEléctrica, qui constitue 20% de l'énergie totale produite sur l'île de Porto Rico, est acheminée vers le réseau électrique géré par la Puerto Rico Electric Power Authority (PREPA); précisément, il est transféré à la centrale thermique PREPA de Costa Sur à environ 2-3 miles de distance via un pipeline de 20 pouces à la frontière de la centrale de Costa Sur.

La centrale électrique EcoEléctrica attachée au terminal se compose de deux turbines à combustion Westinghouse 501F¹¹ d'une puissance nominale de 160 MW; et une turbine à vapeur Toshiba, puissance nominale de 214 MW, cette dernière en fonctionnement grâce à l'énergie générée par la chaleur résiduelle des gaz d'échappement sous forme de vapeur utilisée à la fois pour alimenter cette turbine à vapeur et une usine de dessalement .

La solution EcoEléctrica pour Porto Rico comprend également un avantage supplémentaire pour l'île: l'eau douce. La côte sud de Porto Rico est naturellement sèche et l'Autorité des aqueducs et des égouts de Porto Rico (PRASA), ainsi que PREPA, ont besoin de nouvelles sources d'approvisionnement en eau douce. EcoEléctrica, utilisant l'énergie thermique sous forme de vapeur basse pression produite par le système de cogénération combiné, a construit et exploite une usine de distillation multiple (MED) de 2,0 millions de gallons / jour (7570 m³ / jour) pour répondre vos besoins en eau douce et approvisionnez en eau PRASA.

En 2017, EcoElectrica a obtenu l'autorisation d'extension de la capacité de regazéification du terminal auprès de la "Federal Energy Regulatory Commission" américaine. L'expansion s'élève à environ 93 millions de pieds cubes standard par jour (scfd¹²) qui servira principalement à alimenter en combustible deux unités à vapeur conventionnelles nominales de 400 MW de la centrale électrique de Costa Sur de la Puerto Rico Electric Power Authority (PREPA).

¹¹ L'énergie cryogénique produite par le terminal GNL (transférée via un circuit de refroidissement eau / glycol en circulation), en plus de produire de l'énergie électrique et thermique, est utilisée pour refroidir l'air entrant des turbines à combustion Westinghouse dans le climat tropical de Porto Rico (température moyenne de l'air sur le site de 27 ° C (80 ° F)). L'utilisation du refroidissement par air d'admission sur les turbines à combustion se traduit par une puissance supplémentaire et une efficacité énergétique accrue. À son tour, la chaleur ambiante rejetée par l'air entrant de la turbine de combustion et d'autres sources de chaleur résiduelle est utilisée pour vaporiser le GNL pour l'utiliser comme carburant dans les turbines à combustion.

¹² Le pied cube standard est une unité de mesure de la quantité de gaz, généralement définie comme la quantité d'un gaz par le volume d'un pied cube, à une température de 60 ° F (15,56 ° C) et une pression de 14,7 livres par pouce carré (1,013418 bar).

9. FICHE RÉCAPITULATIVE PRODUIT T2.4.1 "RAPPORT DE CLASSIFICATION ET EXAMEN DES RISQUES DES INSTALLATIONS DE GNL DANS LA ZONE PORTUAIRE"

9.1. Objectif du produit T2.4.1

Le produit T2.4.1 "Rapport de classification et d'examen des risques des installations de GNL dans l'environnement portuaire" est divisé en une première section qui définit le cadre réglementaire applicable au système de soutage du GNL, suivie d'un cadre conceptuel et technique pour l'analyse et l'évaluation des risques. La section suivante vise à illustrer tous les risques possibles découlant de l'utilisation de la substance GNL, en fournissant une description détaillée des différentes options technologiques pour le soutage et le stockage du GNL dans l'environnement marin et portuaire. En outre, la gestion des risques dans le scénario spécifique de la chaîne d'approvisionnement en GNL à petite échelle dans les zones portuaires est examinée en profondeur, illustrant les méthodologies et pratiques établies pour définir les zones de sûreté et de contrôle autour des installations afin de prévenir les effets des événements indésirables. La section suivante est consacrée à la contextualisation de toutes les approches présentées, dans laquelle les profils de risque des différentes solutions technologiques de soutage sont comparés sur une base qualitative, afin d'introduire quelques éléments de base associés aux spécificités des zones portuaires impliquées dans ce projet.

9.2. Les principes réglementaires internationaux, européens et nationaux

Afin de répondre aux graves préoccupations environnementales causées par les niveaux croissants de pollution dus au secteur des transports maritimes dans le monde entier, un certain nombre de mesures et de dispositions réglementaires ont été prises au fil du temps par les organismes internationaux et les autorités compétentes pour réduire les émissions de polluants qui ont un impact négatif sur l'air, la santé humaine et le climat. Dans cette optique, l'Organisation maritime internationale (OMI) a introduit en 1973 la "Convention internationale pour la prévention de la pollution par les navires", connue sous le nom de MARPOL 73/78, dont l'annexe VI introduit des limites de teneur en soufre plus strictes que par le passé en ce qui concerne les combustibles marins dans les zones SECA (1 % à partir du 1.07.2010 et 0,1 % à partir du 01.01.2015) ainsi que dans les zones maritimes hors SECA (3,5 % à partir du 01.01.2012 et 0,5 % à partir du 01.01.2020). En particulier, en ce qui concerne les sujets abordés, l'importance du règlement n° 14 sur les concentrations d'émissions de SO_x et de particules et du règlement n° 13 sur les concentrations d'émissions de No_x est mise en évidence. Afin d'assurer la cohérence avec le droit international et l'application correcte dans l'Union européenne des normes de teneur en soufre établies au niveau international, la directive 2016/802/UE (directive sur le soufre) du 11 mai 2016 exige la réduction des émissions de dioxyde de soufre provenant de la combustion de certains types de combustibles liquides, réduisant ainsi les effets néfastes de ces émissions sur les personnes et l'environnement, conformément aux politiques européennes en matière de protection du climat. Dans le même cadre réglementaire de l'UE, la directive 2014/94/UE (DAFI) du 22 octobre 2014 relative à la mise en œuvre d'un système d'infrastructure destiné à favoriser le déploiement de carburants de substitution. Au niveau national, l'Italie a mis en œuvre la directive 2014/94/UE (DAFI) du 22 octobre 2014 relative à la construction d'une infrastructure pour les carburants de substitution avec le décret législatif 257/2016, afin de réduire la dépendance au pétrole et d'atténuer l'impact environnemental dans le secteur des transports.



En outre, le produit T2.4.1 fournit une liste de base non exhaustive des principales réglementations et directives internationales et européennes en matière de sécurité et de sûreté des opérations de soutage, des installations, des machines et des infrastructures portuaires, ainsi que des principales réglementations et normes techniques relatives au "navire". Pour chacune des références normatives et chacun des documents mentionnés, une brève description du contenu le plus pertinent est également fournie. Le tableau ci-dessous (Tableau 64) fournit des détails sur les réglementations et les lignes directrices de référence pour le GNL.

Tableau 64. Réglementation de référence pour le GNL

	<i>Denominazione</i>	<i>Ente di normazione</i>	<i>Anno</i>
Livello internazionale	<i>Marpol 73/78</i>	IMO	1973
	<i>Solas</i>	IMO	1974
	<i>International code of safety for ships using Gases or other low-flashpoint fuels constructions & bunkering of LNG Fueled vessels</i>	IMO	2017
	<i>International code for the construction and equipment of ships carrying liquefied Gases in bulk construction of LNG Carrier vessels code</i>	IMO	1986
	<i>International Maritime Dangerous Goods code</i>	IMO	2018
	<i>Convenzione Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers</i>	IMO	1978
	<i>International Ship and Port facility Security Code</i>	IMO	2002
Livello europeo	<i>Direttiva 2016/802/UE (Sulphur Directive)</i>	UE	2016
	<i>Direttiva 2014/94/UE (DAFI)</i>	UE	2014
	<i>Direttiva 2012/18/UE (Seveso III)</i>	UE	2018
Livello nazionale	<i>Dlgs 257/2016</i>	PdR	2016
Norme tecniche	<i>ISO 8943:2007</i>	ISO	2007
	<i>ISO 10976:2012</i>	ISO	2012
	<i>ISO 12991:2016</i>	ISO	2016
	<i>ISO 18132-1:2011</i>	ISO	2011
	<i>EN 1474-1: 2008</i>	EN	2008
	<i>EN 1474-2: 2008</i>	EN	2008
	<i>BS EN 1160 1997</i>	BS EN	1997
	<i>UNI EN ISO 23251:2008</i>	UNI EN ISO	2008
	<i>UNI EN ISO 28460:2011</i>	UNI EN ISO	2011
	<i>UNI EN 1160:1998</i>	UNI EN	1998
	<i>UNI EN 1473:2007</i>	UNI EN	2007
	<i>UNI EN 1474-1:2009</i>	UNI EN	2009
	<i>UNI EN 1474-2:2009</i>	UNI EN	2009
	<i>UNI EN 1474-3:2009</i>	UNI EN	2009
	<i>UNI EN 12065:1999</i>	UNI EN	1999
	<i>UNI EN 12066:1999</i>	UNI EN	1999
	<i>UNI EN 12308:2001</i>	UNI EN	2001
	<i>UNI EN 12567:2002</i>	UNI EN	2002
	<i>UNI EN 12838:2003</i>	UNI EN	2003
	<i>UNI EN 13645:2006</i>	UNI EN	2006
<i>UNI EN 13766:2010</i>	UNI EN	2010	
<i>UNI EN 14620-1:2006</i>	UNI EN	2006	
<i>IEC60092-502:1999</i>	IEC	1999	
Linee guida	<i>Interim guidelines on safety for natural gas fuelled engine installations in ships</i>	IMO	1986
	<i>Esd arrangements and linked ship/shore systems for liquefied gas carriers</i>	SIGTTO	2009
	<i>Guidelines for LNG bunkering safety, simultaneous operations, and personnel training</i>	SGMF	2017
	<i>Protection against ignitions arising out of static, lightning, and stray currents</i>	API	2015
	<i>Linee guida per i sistemi di ormeggio</i>	OCIMF	2008

Source : élaboration CIELI

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Étude pour un plan d'action conjoint pour le GNL en zone portuaire"

9.3. Méthodologie d'analyse des risques

Le rapport T2.4.1 "Rapport de classification et d'examen des risques des installations de GNL" définit également des lignes directrices importantes pour l'évaluation des externalités et des impacts environnementaux possibles causés par d'éventuels accidents et dysfonctionnements. De ce point de vue, il commence par un examen du concept de risque et illustre ensuite les différentes méthodes utilisées pour identifier et quantifier ces risques.

9.3.1. Le concept de risque

En identifiant le risque comme la probabilité de survenance d'un certain événement susceptible de causer des dommages aux biens et aux personnes, il peut être quantifié, comme l'exige la gestion des risques - risk management, par le biais du produit suivant :

$$\text{Niveau de risque [R]} = \text{Fréquence [F]} * \text{Magnitude [M]}$$

9.3.2. Méthodes d'évaluation

En ce qui concerne les méthodes d'évaluation des risques, elles varient en fonction du niveau de détail à atteindre dans l'évaluation elle-même et peuvent être classées en deux macro-ensembles, à savoir : les méthodes de niveau supérieur de nature déterministe et qualitative, visant à évaluer la faisabilité et le déroulement du processus d'autorisation (méthodes Consequence-Based), et les méthodes de niveau de conception de nature probabiliste et quantitative, qui comprennent toutes les analyses ponctuelles sur le système/l'installation/le site, en tenant compte également de la probabilité de défaillance/rupture/perte (méthodes metodi Risk-Based).

Si les méthodes qualitatives sont utilisées selon le domaine d'applicabilité indiqué par la norme ISO / TS18683, c'est-à-dire aux usines de soutage correspondant aux scénarios standards (installations TTS, PTS ou STS respectant certaines conditions d'utilisation, de construction et d'implantation), les méthodes quantitatives sont appliquées pour toutes les usines de soutage qui s'écartent de ces scénarios «standards», c'est-à-dire qui ne satisfont pas à toutes les exigences requises. La première catégorie comprend les méthodes qualitatives d'«Évaluation des conséquences» - QualRA, dont l'approche est basée sur l'évaluation des conséquences d'accidents hypothétiques, et d'«Évaluation des conséquences simplifiées» - SQualRA, qui est réalisée sur des scénarios codifiés et simplifiés. La deuxième catégorie, en revanche, comprend les méthodes quantitatives d'«Évaluation de type probabiliste» - QRA, basée sur les conséquences produites par une série d'accidents possibles et la probabilité que des accidents se produisent, et d'«Évaluation semi-quantitative ou hybride» - HQRA, selon laquelle, généralement, la probabilité d'occurrence est évaluée de manière plus qualitative, c'est-à-dire en utilisant des classes ou des catégories, plutôt que des nombres ou des quantifications précises.

Pour les méthodes d'évaluation qualitative des risques, les profils suivants doivent être définis comme objectifs :

- obtenir un niveau de risque compatible avec les seuils fixés et, en tout état de cause, aussi faible qu'il est raisonnablement possible de l'atteindre, en démontrant que toutes les menaces pour l'homme et l'environnement ont été analysées, évaluées, éliminées lorsque cela était possible ou atténuées lorsque cela était nécessaire ;
- définition des mesures, indications et informations permettant de classer les zones autour des infrastructures et superstructures de soutage et des "opérations" connexes

La norme ISO/TS 18683, qui est la référence technique pour l'élaboration d'une évaluation déterministe ou qualitative, indique les éléments minimums suivants à prendre en compte dans ce type d'évaluation :

- A. le champ d'application, c'est-à-dire la définition des limites de la batterie de l'évaluation, la familiarisation - entendue comme la prise de connaissance et de maîtrise - avec la conception et le fonctionnement de la structure de soutage
- B. HAZID, c'est-à-dire l'analyse approfondie visant à identifier les dangers et à évaluer les risques à l'aide d'une matrice des risques
- C. zone de sécurité
- D. le matériel technique, c'est-à-dire le traitement selon les normes internationales des rapports, plans, etc.

D'autre part, pour l'application des méthodes d'évaluation quantitative des risques, il est nécessaire de procéder comme suit :

- Quantifier le niveau des risques de sécurité (pour les personnes ou les choses) associés à l'exploitation d'une usine ou à des activités impliquant la manipulation de matières dangereuses ;
- vérifier que les niveaux de risque sont conformes aux critères d'acceptation des risques convenus avec les autorités ;
- définir les mesures de réduction et de gestion des risques et évaluer leur efficacité.

L'évaluation quantitative exige également que les éléments suivants soient présents :

- A. domaines d'application, c'est-à-dire la définition des limites de la batterie d'évaluation et la familiarisation avec la conception / le fonctionnement de la structure de soutage
- B. HAZID
- C. zone de sécurité
- D. matériel technique

9.3.3. Valeurs seuils et critères d'acceptabilité

Dans les évaluations tant qualitatives que quantitatives, les critères et les limites permettant de comparer le niveau de risque calculé doivent être établis, de manière à permettre l'évaluation et l'approbation d'un projet donné, y compris les mesures d'atténuation et un plan de gestion. Les critères de seuil qui peuvent être utilisés pour évaluer le niveau de risque, définissant l'acceptabilité du risque lui-même, sont souvent aussi utilisés pour établir des distances de sécurité externes ou internes. Ces critères seuils ou valeurs limites doivent être limités, qu'ils aient une valeur non juridique, c'est-à-dire qu'ils constituent un objectif de conception, ou qu'ils représentent une valeur juridiquement contraignante. En général, il est possible de distinguer les types de critères suivants.

- Les valeurs génériques, c'est-à-dire un schéma de définition du niveau de risque consistant en une échelle à deux ou trois bandes, qui divise avec un critère intérieur/extérieur, et un seul niveau de risque, les risques tolérables de ceux qui sont intolérables (c'est-à-dire les activités acceptables de celles qui sont inacceptables).
- Valeurs exprimées comme la distance à laquelle le dommage est considéré comme intolérable, c'est-à-dire un système qui implique comment différents niveaux de seuil peuvent être différents d'un projet à l'autre même en tenant compte des mêmes événements générateurs.

- Les valeurs de référence exprimées dans les normes techniques, pour lesquelles, du point de vue de la norme ISO18683, les valeurs seuils de risque individuelles sont mises en évidence, ce qui est particulièrement utile dans le cas où une évaluation des résultats d'une méthode EQR appliquée aux scénarios dangereux sélectionnés doit être effectuée.
- Le risque individuel, qui définit la probabilité annuelle qu'un individu subisse un certain niveau de dommage à proximité d'un élément ou d'un système à la suite d'un événement de toute nature qui provient des activités de processus ou les affecte.
- Le risque social, qui fait référence à des méthodologies qui sont généralement progressives et complémentaires des approches définies ci-dessus comme "risque individuel".

9.4. Caractéristiques des GNL et taxonomie des risques

L'utilisation du GNL comme carburant alternatif pour la propulsion marine permet de répondre à de multiples exigences environnementales et économiques. Composé principalement de méthane et, de façon minoritaire, d'éthane, de propane, de butane et d'azote, le GNL subit un processus de liquéfaction pour être déposé et stocké à température cryogénique. Par conséquent, les phases de stockage et d'utilisation du GNL nécessitent des mesures d'installation et de gestion pour surmonter les risques spécifiques encourus.

Afin de procéder à l'identification et à l'évaluation ultérieure des risques associés à l'utilisation du GNL comme carburant pour la propulsion marine et au développement des infrastructures et superstructures connexes pour le soutage du GNL, le produit technique T2.4.1 explore les principaux types de risques associés à l'utilisation du GNL, en considérant également les applications spécifiques liées à son emplacement dans l'environnement marin et portuaire. À cette fin, le produit susmentionné prend tout d'abord en considération les propriétés du GNL et, par conséquent, les conditions de base qui conduisent à l'apparition des dangers et des risques associés à l'utilisation de ce carburant.

9.4.1. Limites d'inflammabilité

Alors que le GNL à l'état liquide (c'est-à-dire à la température cryogénique) ne présente pas les caractéristiques d'inflammabilité et d'explosivité, les caractéristiques du GNL à l'état gazeux sont identiques à celles du méthane pur, c'est-à-dire l'inflammabilité dans le cas d'une concentration dans l'air identique égale à une valeur comprise entre le niveau inférieur d'inflammabilité (Lower Flammability Level LFL), qui s'élève à 5 % (un pourcentage inférieur de gaz serait trop dilué pour permettre l'inflammation) et le niveau supérieur d'inflammabilité (Upper Flammability Level UFL), qui s'élève à 15 % ; En fait, une quantité de gaz plus importante entraînerait une concentration en oxygène trop faible pour entretenir la flamme.

9.4.2. Comparaison GNL/GPL

Le GNL diffère du GPL en ce que ce dernier est constitué d'un mélange de gaz liquéfiés par compression, refroidissement ou compression suivie d'un refroidissement car ils ont une température critique beaucoup plus élevée que la température ambiante. Le GNL, en revanche, a une température critique très basse, il ne peut en fait être liquéfié qu'à une température de - 162°C. Par conséquent, alors que le GPL peut être stocké dans des conteneurs en acier au carbone non isolés avec des pressions maximales allant jusqu'à 30 bars, le GNL est stocké à des températures proches de -160°C à l'intérieur de conteneurs thermiquement isolés en acier spécial. En raison notamment de leurs caractéristiques physiques différentes, le GPL et le GNL diffèrent également dans leurs applications complémentaires



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



car le GNL est utilisé pour des utilisateurs beaucoup plus importants que le GPL (par exemple, dans le transport routier, le GPL est utilisé pour l'alimentation des véhicules légers alors que le GNL est principalement utilisé pour l'alimentation des véhicules lourds).

9.4.3. Gaz d'évaporation (boil-off gas)

Le Boil-Off Gas (BOG) de l'extérieur du réservoir au produit stocké à l'intérieur de celui-ci. Le BOG contient les composants inflammables les plus lourds du mélange en petites traces, c'est-à-dire ceux dont la température d'ébullition à la pression atmosphérique est beaucoup plus élevée que celle du méthane (-89°C pour l'éthane, -40°C pour le propane). En outre, la BOG a une densité plus élevée que l'air pour des températures inférieures à -113°C, en l'absence d'azote, ou à -85°C, en présence de 20% d'azote. Afin d'éviter la manifestation du BOG, des systèmes de "re-liquéfaction" sont souvent introduits dans le but de reliquéfier le gaz qui se forme inévitablement dans l'espace entre la surface de la cargaison et le toit de la citerne, qui, autrement, en l'absence de ce système, augmenterait la pression à l'intérieur de la citerne, déclenchant la soupape de sécurité et se dispersant ensuite dans l'atmosphère.

9.4.4. Contact GNL

Comme le GNL à la pression atmosphérique reste à l'état liquide jusqu'à environ -162°C, des "brûlures de gel" peuvent se produire si le GNL entre en contact avec la peau, mais aussi de graves dommages aux poumons et au système respiratoire en raison de l'inhalation de vapeur à des températures extrêmement basses. En outre, le contact entre le GNL et la coque du navire, sans parler de tous les autres matériaux, instruments ou composants non adaptés aux températures cryogéniques, peut entraîner des dommages et même la rupture de ces objets. Pour cette raison, il est nécessaire que le personnel employé dans les activités de soutage et de stockage de GNL soit équipé d'instruments et d'équipements de protection appropriés (y compris des gants, des masques, des vêtements appropriés, etc.) et que, en ce qui concerne les risques associés aux instruments et aux équipements, des systèmes de confinement des liquides soient mis en place pour séparer le réservoir de l'environnement extérieur et donc des autres machines et équipements à proximité.

9.4.5. Stratification et roll-over

Le phénomène de " rollover " se produit principalement lors des opérations de remplissage d'un réservoir de stockage de GNL car, lorsqu'il est introduit dans le réservoir de GNL à une densité différente de celle qui est déjà présente, le GNL de densité plus élevée aura tendance à se stratifier sur le fond. Cependant, le fond du réservoir commencera à augmenter sa température, ce qui entraînera non seulement une réduction de la densité présente, mais aussi une forte augmentation du taux d'évaporation, entraînant l'émission de quantités importantes de gaz. Afin de prévenir ce phénomène, il est essentiel, pendant la phase de soutage, de veiller à ce que le produit frais soit mélangé au produit déjà présent dans la cuve (par exemple au moyen d'un système de pistolets), ou d'utiliser des systèmes de remplissage au-dessus et au-dessous de la cuve, en fonction de la densité du GNL à introduire dans la cuve (si le GNL introduit a une densité inférieure à celle déjà présente dans la cuve, le système de remplissage "inférieur" doit être utilisé, sinon le système de remplissage "supérieur" doit être utilisé).

9.4.6. Sloshing

Ce phénomène se produit lorsque les réservoirs de GNL des navires ne sont pas complètement remplis, en fait, pendant la navigation et, par exemple, en présence de conditions météorologiques défavorables, le carburant dans les réservoirs frappe avec une pression élevée sur la surface et les parois du réservoir,

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Étude pour un plan d'action conjoint pour le GNL en zone portuaire"

ce qui entraîne de graves dommages à la structure. Afin de limiter le phénomène d'affaissement, la technologie SPB (Self Supporting Prismatic IMO type B) a été développée, qui fournit aux réservoirs prismatiques des éléments de renforcement structurel à l'intérieur du réservoir.

9.4.7. Transition rapide de phase (Rapid Phase Transition)

Le phénomène connu sous le nom de "transition de phase rapide" (ou Rapid Phase Transition - RPT), consiste en un changement physique de phase d'un liquide en vapeur : il se produit normalement lorsque deux liquides, de températures très différentes, entrent en contact, car le liquide à basse température (GNL), une fois en contact avec celui à plus haute température, subit une transition rapide de l'état liquide à l'état gazeux (une véritable ébullition), produisant de la vapeur à une vitesse explosive (par exemple lorsqu'une grande quantité de GNL est versée dans l'eau).

9.4.8. BLEVE (boiling liquid expanding vapour explosion)

Le BLEVE indique l'explosion de vapeurs qui se dilatent en raison de l'ébullition d'un liquide, c'est-à-dire un type d'explosion qui se produit en conjonction avec la rupture d'un récipient sous pression. Cela peut se produire en cas de fuite rapide, si une explosion de gaz à grande vitesse avec un mouvement turbulent est générée, mais aussi en cas d'impact à partir duquel des fragments sont formés.

9.4.9. Explosion d'un nuage de vapeur (Vapor Cloud Explosion - VCE)

L'explosion de nuage de vapeur désigne le phénomène par lequel une grande quantité de vapeur de GNL est enflammée dans un environnement confiné (ou presque confiné), provoquant une explosion. Lorsque le GNL commence à se réchauffer au contact de l'air (plus léger et à une température plus élevée que le GNL), il se mélange à l'air et commence à se disperser, créant une sorte de nuage de vapeur qui, en cas de contact avec une source d'inflammation et en présence d'une concentration de GNL dans la plage d'inflammabilité, peut également être sujet à une explosion.

9.4.10. Jet fire, pool fire e flash fire

Le phénomène connu sous le nom de "jet fire" ou "spray fire" consiste en la formation d'un jet de feu avec une diffusion assez violente générée par l'allumage d'un mélange composé d'un agent de combustion et d'un combustible gazeux libéré en continu, au moyen d'une force importante, dans une ou plusieurs directions. Dans ce cas, le gaz est enflammé immédiatement en aval de la perte de GNL. Au contraire, en cas d'allumage retardé, il se produit un phénomène de feu flash qui, en remontant à l'origine, pourrait conduire à un phénomène de feu de jet. En fait, le terme "feu flash" désigne le phénomène de combustion "rapide" non explosive provenant de la formation d'un nuage de gaz dans un environnement où la concentration de GNL dépasse la limite inférieure d'inflammabilité.

D'autre part, le terme "pool fire" fait référence au phénomène dit de "feu de piscine" (peu probable en raison de la vaporisation rapide du GNL qui est rejeté) puisqu'il peut se produire en présence d'une quantité de GNL présente sur une surface solide horizontale plane ou à la surface de l'eau suite à une fuite. Dans ce contexte, le liquide constituant ce bassin commence à s'évaporer en se mélangeant à l'air ambiant et, si la concentration minimale pour la combustion est atteinte en présence d'une source d'inflammation, le gaz commence à brûler, générant ainsi de la chaleur.

9.4.11. Asphyxie

Bien que le gaz naturel ne soit pas toxique ou cancérigène, il peut être étouffant, car il contribue à réduire le pourcentage d'oxygène dans l'air et le remplace directement.



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



9.4.12. Terrorisme

La probabilité d'une attaque terroriste sur un terminal GNL est liée à un incendie, par opposition à une explosion. Afin de limiter le risque de dommages aux personnes, aux installations et aux équipements, il est essentiel de définir des distances de sécurité spécifiques et des procédures d'autorisation spécifiques pour l'accès aux zones les plus sensibles et les plus critiques. Les inspections, les patrouilles, les plans de sécurité en cas de violation de la sécurité et les systèmes de communication d'urgence constituent d'autres contre-mesures visant à prévenir les attaques terroristes ou d'autres actes violents.

9.4.13. Tremblements de terre

En outre, il est possible qu'en cas de tremblement de terre, les structures des centrales soient gravement endommagées, ce qui pourrait être suivi d'accidents majeurs. En fait, une évaluation adéquate des risques associés à une éventuelle activité sismique dans la zone où se trouve l'usine de soutirage et de stockage de GNL est nécessaire pendant la phase de conception.

9.4.14. Pertes de GNL

Le produit T2.4.1 montre que les principaux risques associés au soutage et au stockage de GNL dans l'environnement portuaire maritime sont dus à l'apparition de fuites de liquides cryogéniques, à l'origine de différents scénarios d'incidents possibles. Les pertes se produisent normalement lors des opérations de soutage, mais elles peuvent aussi résulter d'une erreur humaine, d'une défaillance technique ou dans d'autres contextes tels qu'un trafic maritime excessif dans des conditions météorologiques extrêmes ou lors de la navigation à proximité d'une zone portuaire.

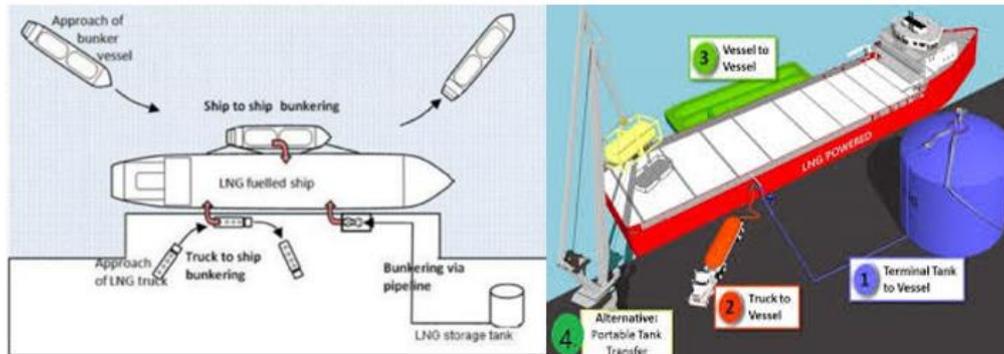
9.5. Systèmes de transfert de gaz naturel liquéfié

Le produit T2.4.1 fournit également une analyse détaillée des spécificités de l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement en GNL, en identifiant tous les différents types de moyens de transport utilisés tout au long de la chaîne d'approvisionnement. En raison des caractéristiques techniques du GNL et des risques associés, il est possible d'identifier quatre configurations principales pour le soutage du GNL dans l'environnement maritime portuaire, résumées dans la liste ci-dessous et dans la Figure 52 :

- Configuration Ship to Ship (STS),
- Configuration Truck to Ship (TTS),
- Configuration Via Pipeline o Terminal /Port To Ship(TPS),
- Configuration Mobile Fuel Tanks.



Figure 52. Configurations potentielles de soutage de GNL



Source: DNV, 2015 (“LNG Bunkering. Regulatory Framework and LNG bunker procedures”).

La configuration technologique de Ship To Ship (STS) prévoit le transfert de GNL d'une barge d'approvisionnement ou d'un navire-citerne/ravitailleur à un navire propulsé par du GNL. Parmi les principaux avantages de cette option technologique, la possibilité d'opérer en mer même sans avoir à entrer dans le port, si les conditions météorologiques et le mouvement des vagues le permettent, et la possibilité de déplacer de grands volumes de produits en un temps rapide, jouent un rôle important.

La configuration technologique Truck To Ship (TTS), quant à elle, implique le transfert de GNL d'un camion-citerne ou d'un pétrolier à un navire propulsé par le GNL et amarré à la jetée ou au quai au moyen d'une tuyauterie flexible cryogénique. Parmi les avantages de la configuration technologique de type TTS figurent la grande flexibilité géographique et le faible investissement requis pour la mise en œuvre. Au contraire, en raison des petites quantités de produit qui peuvent être transférées grâce à cette configuration, elle est particulièrement adaptée à l'approvisionnement des navires équipés de petites citernes, tels que les remorqueurs, les bateaux de pêche ou les petits bateaux.

La configuration technologique du type Shore/Pipeline To Ship (PTS) prévoit le transfert de GNL d'un réservoir de stockage fixe à terre à un navire propulsé par le GNL par l'utilisation d'une ligne cryogénique équipée de bras de chargement caractérisés par une extrémité flexible (Pipeline) ou par l'utilisation de pipelines appartenant au navire amarré (Shore). Par rapport à la solution TTS, la configuration Pipeline To Ship assure un débit plus élevé, adapté à l'approvisionnement de grands navires.

La configuration technologique qui prévoit l'utilisation de réservoirs mobiles ou de conteneurs ISO cryogéniques permet, d'autre part, l'utilisation de tels réservoirs comme dépôts de carburant GNL, en fait ils peuvent être facilement chargés sur des navires, au moyen de grues à conteneurs dédiées, ou sur des camions en mode Ro-Ro.

9.6. La gestion des risques dans le secteur portuaire

En analysant la gestion des risques liés au processus de soutage et de stockage du GNL, les domaines d'application de la gestion des risques (le contexte réglementaire, l'analyse des menaces, l'historique des événements négatifs et la formation) doivent être détaillés en tenant compte des spécificités techniques et de localisation ainsi que des spécificités opérationnelles et de gestion qui caractérisent les applications portuaires. Étant donné que l'activité de soutage représente une activité mondiale, les environnements réglementaires qu'elle implique doivent être alignés et s'interfacier les uns avec les autres. En fait, le



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



développement de réglementations internationales, comme le code IGF, adopté en juin 2015, est essentiel pour établir des exigences basées sur l'analyse des risques.

La sécurité de l'utilisation du GNL dans l'environnement maritime-portuaire, en particulier, dépend directement de la compréhension des aspects et des situations qui représentent une menace pendant l'exploitation des systèmes de soutage. En effet, grâce à la connaissance et à l'analyse des événements, il est possible de parvenir à la valorisation d'un risque et par conséquent à la définition de méthodes appropriées pour le gérer. Le signalement des incidents ou des défaillances dans l'utilisation du soutage de GNL (et de la chaîne d'approvisionnement) est utile pour apprendre et améliorer les procédures, rendre les calculs de prévision plus efficaces et plus précis, améliorer la conception des équipements et des systèmes et développer de nouvelles approches d'évaluation. Comme l'élément humain représente un facteur central pour effectuer toutes les opérations de soutage de GNL en toute sécurité, il est nécessaire que les différents acteurs concernés du processus contribuent à la préparation des procédures et réglementations nécessaires, depuis les procédures d'urgence jusqu'à la maintenance à bord, du fonctionnement des machines à la communication entre les opérateurs, etc. Pour cette raison, il est essentiel que l'équipage à bord et le personnel au sol non seulement aient toutes les compétences nécessaires mais soient également bien formés pour assurer à la fois l'opération et le système de gestion des risques.

9.6.1. La définition des zones

En matière de soutage de GNL, la définition des zones de contrôle est une question importante car elles contribuent à fournir des garanties de sécurité pendant l'exploitation. Au niveau réglementaire et technique, les zones de contrôle sont définies dans les normes ISO/TS 18683 et EN ISO 20519 et prévoient 3 niveaux de risque décroissant, les zones dangereuses (*hazardous zone*), la zone de sécurité (*safety zone*) et la zone de surveillance et de sécurité (*monitoring and security area*), auxquels s'ajoutent, comme récemment établi par les lignes directrices SGMF, v2, 2017, deux autres zones externes appelées zone marine et zone externe.

Les zones de contrôle sont décrites ci-dessous et représentées graphiquement dans la Figure 53.

La zone de danger est l'espace tridimensionnel dans lequel une atmosphère inflammable peut exister à tout moment. Les zones dangereuses, qui sont une caractéristique de l'installation car elles décrivent un volume dans lequel une atmosphère "explosive/inflammable" sera présente (en un lieu donné avec une certaine fréquence d'occurrence), n'ont pas de distances de référence et nécessitent un calcul spécifique dans la pratique.

La zone de sécurité, qui n'existe que pendant le fonctionnement du système de soutage du GNL, est constituée par la zone tridimensionnelle autour du système de transfert du GNL déterminée par le résultat d'une fuite, d'une urgence lors du déchargement du GNL ou du retour de la vapeur. Les objectifs liés à la mise en œuvre d'une zone sûre peuvent être définis comme suit:

- le contrôle des sources d'inflammation afin de réduire la probabilité d'inflammation d'un nuage de gaz inflammable dispersé après un rejet accidentel de GNL ou de gaz naturel lors du ravitaillement
- la limitation de l'exposition du personnel non essentiel, pendant la phase de soutage, en cas d'effets potentiellement dangereux (par exemple, un incendie)



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



- évaluation des infrastructures locales pour l'identification des éventuels points de piégeage du gaz, où la formation d'atmosphères explosives est plus susceptible de se produire à la suite d'un rejet accidentel de GNL.

Pour le calcul de l'étendue de ces zones, il convient de se référer aux normes ISO/TS 18683 et ISO 20519 qui renvoient les méthodes de calcul à deux approches possibles pour la détermination des différentes zones, similaires à l'évaluation des risques, à savoir l'approche déterministe basée sur le calcul de la distance par rapport à la condition limite d'inflammabilité inférieure en cas de rejet de GNL le plus crédible et l'approche basée sur les risques ou probabiliste.

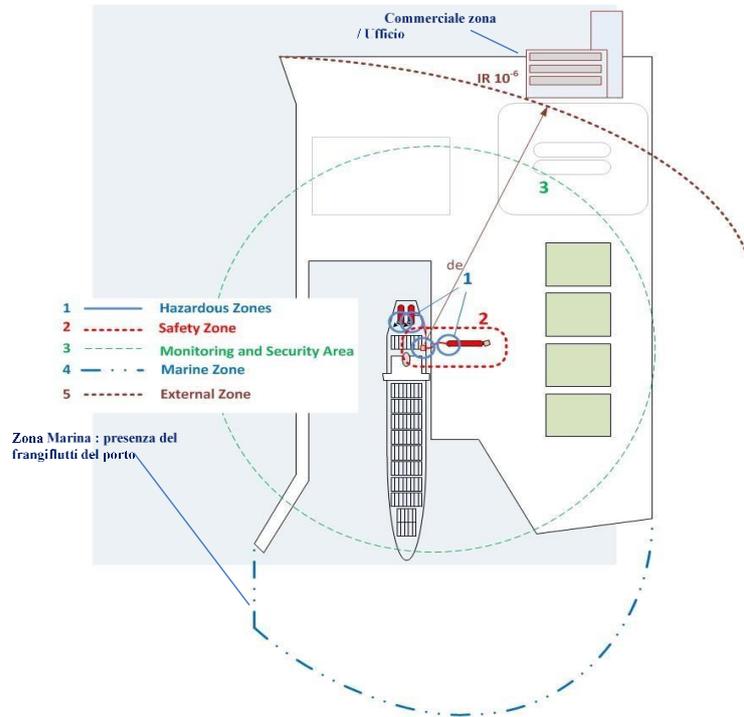
Contrairement aux zones de danger et aux zones de sécurité, qui sont déterminées par la probabilité de la présence d'une atmosphère explosive dans les zones de contrôle respectives et la nécessité d'atténuer le risque d'inflammation et d'escalade des accidents, la zone de surveillance et de sécurité tient compte des facteurs externes car elle est constituée de la zone entourant la zone où le transfert de GNL a lieu, qui doit être surveillée par mesure de précaution pour éviter toute interférence avec l'opération de transfert de GNL. Les objectifs de la zone de surveillance et de contrôle sont donc :

- définition d'une zone dans laquelle activer la surveillance d'autres activités et opérations à proximité du site de soutage de GNL,
- l'identification des risques potentiels associés à l'opération de soutage du GNL et découlant des activités en cours ou prévues dans la zone portuaire,
- définition d'une zone où des arrangements spéciaux sont possibles, pour une période limitée, juste avant les opérations de soutage de GNL jusqu'à peu de temps après (du pré-soutage au post-soutage).

La zone maritime est suffisamment étendue pour empêcher d'autres navires de heurter le navire pendant les opérations de transfert de GNL, tandis que la zone extérieure est constituée par la distance par rapport à un niveau de risque défini, y compris les endroits où la population et le personnel non formés au GNL peuvent normalement être présents pendant les activités de soutage.



Figure 53. Zones de contrôle - Zones dangereuses, de sécurité, de surveillance, marines et extérieures.



Source: Adattato da ISO / TS 18683 + LG SGMF

9.7. Application préliminaire dans la zone portuaire

Les travaux développés au sein du produit T2.4.1 dans le cadre de l'évaluation des risques des différentes solutions technologiques de soutage de GNL consistent en l'identification des risques, suivie de la phase de quantification de ceux-ci et de la phase finale d'évaluation de l'acceptabilité risque.

En relation avec les différentes configurations de soutage de GNL, tous les dangers liés à l'activité en question et les facteurs de risque associés sont systématiquement identifiés (Tableau 65).

Tableau 65 Identification des risques par solution technologique

Technologie de réalisation	Risque identifié
SHIP TO SHIP:	Conditions de mer défavorables (collision); Mouvement brusque du navire pouvant entraîner une tension excessive sur le tuyau d'avitaillement (rupture du tuyau); Perte de GNL pendant les phases de chargement / déchargement; Augmentation du trafic maritime; Rupture de réservoir cryogénique; Allumage d'un incendie ou explosion de fuite de GNL accidentellement.
TRUCK TO SHIP:	Rupture de réservoir cryogénique; Allumage d'un incendie ou explosion de GNL déversé accidentellement; Effet domino; Augmentation du trafic routier; Vulnérabilité aux attaques terroristes.
PORT TO SHIP VIA PIPELINE	Rupture de réservoir cryogénique; Tuyaux cassés;

Technologie de réalisation	Risque identifié
	Allumage d'un incendie ou explosion de GNL déversé accidentellement; Effet domino; Vulnérabilité aux attaques terroristes

Source: élaboration de TECNOCREO

Ces risques ont ensuite été placés dans des macro-zones distinctes afin de pouvoir comparer les résultats de l'évaluation préliminaire entre eux: environnemental, lié à l'installation, sociopolitique, activités interférentes internes, accidentelles externes (Tableau 66).

Afin d'estimer le risque pour chaque catégorie de danger identifiée, ce rapport a produit une classification de la fréquence d'occurrence et une classification des dommages (Tableau 67 et Tableau 68).

Tableau 66. Répartition des risques majeurs en macro-zones

TYPE	ENVIRONNEMENTAL	LIÉ À L'INSTALLATION	SOCIOPOLITIQUE	ACTIVITÉS INTERFÉRENTES	ACCIDENTS ALL'EXTÉRIEUR
STS	Conditions de mer défavorables (collision) Tremblements de terre Les raz-de-marée	Rupture d'un réservoir cryogénique Incendie ou explosion du GNL déversé Dysfonctionnement des systèmes d'urgence Perte de GNL pendant les phases de chargement/déchargement	Vulnérabilité aux attaques terroristes	Augmentation du trafic maritime	Erreurs de manoeuvre des autres navires présents
TTS	L'effet domino Tremblements de terre Les raz-de-marée	Rupture d'un réservoir cryogénique Incendie ou explosion du GNL déversé Dysfonctionnement des systèmes d'urgence Perte de GNL pendant les phases de chargement/déchargement	Vulnérabilité aux attaques terroristes	Présence d'activités logistiques dans la zone portuaire (Chargement et déchargement des marchandises)	Possibilité que des véhicules hors de contrôle entrent en collision avec le système
PTS	L'effet domino Tremblements de terre Les raz-de-marée	Rupture d'un réservoir cryogénique Allumage ou explosion accidentels de GNL déversés Interférence extérieure d'usage Perte de GNL pendant les phases de chargement/déchargement	Vulnérabilité aux attaques terroristes	Collisions avec des structures fixes de moyens de transport dédiés à la logistique	Possibilité de collision entre des véhicules hors de contrôle et le système Présence de sociétés ERIR à proximité des usines

Source: élaboration de TECNOCREO

*Tableau 67. Classification des fréquences d'occurrence*

FREQUENCE F [Scenari/anno]	DÉFINITION	CLASSE	VALEUR
F >= 1.0 E-03	Scénario non négligeable	F1	5
1.0 E-04 <= F < 1.0 E-03	Scénario improbable	F2	4
1.0 E-05 <= F < 1.0 E-04	Scénario rare	F3	3
1.0 E-05 <= F < 1.0 E-06	Scénario très rare	F4	2
F < 1.0 E-06	Scénario extrêmement rare	F5	1

Source: elaborazione di TECNOCREO da dati “General Guidance on Emergency Planning within the CIMAH regulation for chlorine installation CIA” – “Capitolo 2 dell'Allegato III al D.P.C.M. 31/03/89” – Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 9 maggio 2001, “Requisiti min”

Tableau 68. Classification des dommages

DÉFINITION CLASSE	CLASSE DE DOMMAGES	VALEUR
Létalité élevée près de la libération (5 ÷ 15 m), début de la létalité dans les limites de l'installation.	A	1
Létalité élevée dans les limites de l'installation, début de létalité dans les limites de la propriété, blessures irréversibles en dehors de la propriété, mais dans les limites du port.	B	2
Létalité élevée à l'intérieur des limites de la propriété, début de létalité près des bureaux et des salles de contrôle non blindés, effets domino sur les grands réservoirs et les structures élevées, blessures irréversibles en dehors des limites du port.	C	3
Létalité élevée dans les zones industrielles en dehors de la propriété, début de létalité en dehors des limites du port.	D	4
Létalité élevée dans les zones non industrielles situées en dehors des limites du port, événements donnant lieu à des surpressions dépassant la pression nominale dans les salles de contrôle blindées, effets domino sur les grands réservoirs de stockage de produits liquéfiés, début de létalité sur les systèmes de protection (pompes à incendie), début de létalité dans les zones habitées	E	5

Source : élaboration du TENCOCREO sur la référence réglementaire Tab.2 Décret ministériel 9/05/2001

En conséquence, le produit T2.4.1 représente au moyen de "diagrammes de Kivat" ou de "diggrammes radar" les résultats obtenus afin de montrer la pertinence d'un certain phénomène qui s'éloigne d'autant plus du centre du diagramme (évidemment sur une base théorique et à des fins purement "illustratives").

Pour chaque configuration de technologie de soutage de GNL, adoptant nécessairement une approche "théorique" visant à proposer une méthodologie à appliquer à chaque cas empirique pertinent, une quantification du risque est réalisée pour chaque macro-zone et un "diagramme radar" capable d'identifier la sensibilité plus ou moins grande du système par rapport à une macro-zone de risque particulière. Vous trouverez ci-dessous les diagrammes radar se rapportant aux différentes options technologiques examinées : STS, TTS et PTS (Figure 54).

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 “Étude pour un plan d'action conjoint pour le GNL en zone portuaire”

Figure 54. Diagramme radar faisant référence au soutage STS (orange), TTS (vert) et PTS (bleu)

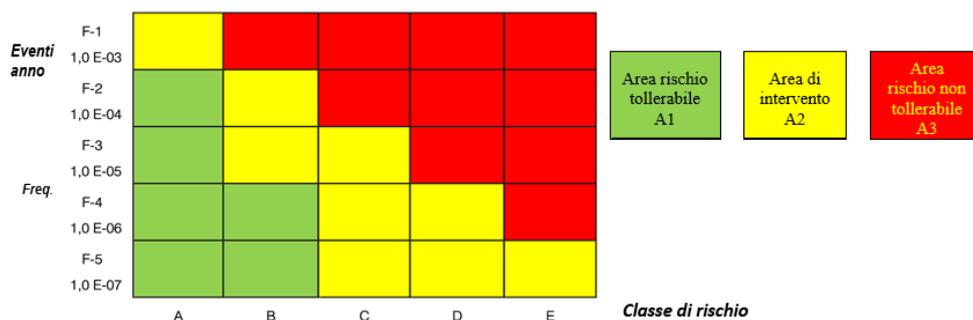


Source: élaboration de TECNOCREO

Chaque scénario fortuit identifié a été classé par une paire de valeurs (fréquence et conséquences) et par conséquent placé dans l'une des trois régions de la matrice d'acceptation des risques (A1, A2 et A3). Par rapport à son positionnement, il a alors été possible de classer le risque comme tolérable, ou de définir un plan d'amélioration pour réduire le niveau de risque identifié. La combinaison de la fréquence d'occurrence prévue du scénario et de la gravité des conséquences des scénarios eux-mêmes a ensuite été évaluée à l'aide d'une matrice des risques, dans laquelle les trois domaines de risque ont été pris en compte :

- A1 zone de risque tolérable, c'est-à-dire lorsque le risque est considéré comme étant déjà suffisamment atténué et donc gérable sans autre intervention
- A2 zone d'intervention, c'est-à-dire lorsqu'il est nécessaire de prévoir une intervention avec des mesures de prévention ou d'atténuation selon le concept ALARP/ALARA
- A3 zone de risque non tolérable, c'est-à-dire lorsqu'il est nécessaire de prévoir des mesures de prévention et de protection adéquates pour l'atténuation des risques et la surveillance de suivi ainsi que la vérification de l'efficacité des mesures correctives également sur des installations similaires.

Figure 55 Matrice d'acceptabilité des risques utilisée



Source: élaboration de TECNOCREO

Tableau 69. Comparaison des risques pour chaque macro-zone

ID:RISK	Zone du risque	SHIP TO SHIP	TRUCK TO SHIP	PORT TO SHIP
R1	ENVIRONNEMENTAL	10 (Red)	5 (Yellow)	5 (Yellow)
R2	ENVIRONNEMENTAL	10 (Red)	6 (Yellow)	10 (Red)
R3	INSTALLATION	6 (Yellow)	6 (Yellow)	6 (Yellow)
R4	INSTALLATION	6 (Yellow)	6 (Yellow)	4 (Green)
R5	INSTALLATION	6 (Yellow)	6 (Yellow)	4 (Green)
R6	INSTALLATION	8 (Yellow)	8 (Yellow)	6 (Yellow)
R7	SOCIO-POLITIQUE	5 (Yellow)	5 (Yellow)	10 (Red)
R8	INTERFÉRENCES	6 (Yellow)	12 (Red)	9 (Yellow)
R9	ACCIDENTEL EXTERNE	9 (Yellow)	6 (Yellow)	8 (Yellow)

Source: élaboration de TECNOCREO



Tableau 70. Système d'évaluation des risques à appliquer dans le bunker

N.	Phase	Technique	Documents de base
1	Identification/sélection de l'événement accidentel	<ol style="list-style-type: none"> Analyse d'opérabilité (HAZOP) Méthode d'indexation pour l'identification des zones critiques Analyse historique interne et externe 	<ol style="list-style-type: none"> Diagrammes de processus, données de conception et de fonctionnement Diagrammes de processus, données de conception et de fonctionnement Collecte d'informations à partir d'événements historiques au sein de l'usine et de bases de données internationales
2	Fréquence des événements accidentels	<ol style="list-style-type: none"> Arbre de défaillances (événement de processus) Libération de la ligne/équipement (événement aléatoire) 	<ol style="list-style-type: none"> Taux de défaillance des systèmes d'instrumentation et de traitement Cumul des pertes aléatoires
3	Termes sources de l'accident	Définition des conditions d'exploitation (composition, pression et température) régissant le taux de libération de la substance dangereuse	Diagrammes de processus, données sur les installations
4	Fréquence des scénarios alternatives accidentelles	Arbre des événements	Probabilité d'inflammation de la substance dangereuse libérée dans l'atmosphère
5	Conséquence des scénarios accidentels	Modélisation physique des conséquences des scénarios d'accident possibles (incendie, explosion, dispersion toxique)	Conditions météorologiques dans la région, disponibilité de systèmes de détection des substances dangereuses dans l'air, présence de systèmes d'atténuation et de confinement
6	L'effet domino (Domino interne et Domino Externe)	<p>Estimation de la propagation possible des effets d'un scénario d'incendie (fréquences et conséquences) par rapport à :</p> <ol style="list-style-type: none"> installations / matériels/ personnel à l'intérieur de l'usine. installations d/ matériels/ personnel sur des éléments territoriaux voisins à l'extérieur de l'usine. 	<ol style="list-style-type: none"> Conception du système, analyse des systèmes de protection active et passive contre l'incendie, cartographie des scénarios d'incidents et de leur durée Plan de l'établissement avec indication des éléments territoriaux particulièrement vulnérables et/ou sensibles, cartographie des scénarios accidentels et de leur durée.
7	Scénarios environnementaux	Estimation des conséquences possibles du rejet de substances écotoxiques	Caractéristiques du sol et du sous-sol
8	Risques naturels	Évaluation des risques liés à des événements naturels particuliers (par exemple, un tremblement de terre, une tornade, etc.)	Analyses historiques liées au domaine et bibliographie spécialisée sur le sujet.
9	Présentation des risques	Combinaison de la fréquence et des conséquences de chaque accident.	Critères d'acceptabilité des risques.

Source: élaboration de TECNOCREO



Interreg



UNION EUROPÉENNE
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



En raison de l'analyse des risques effectuée, il est également nécessaire d'identifier d'autres aspects à prendre en compte lors de l'évaluation de l'installation de systèmes de soutage de GNL dans les ports de la zone cible. Des caractéristiques telles que la proximité des voies publiques, les activités commerciales et résidentielles et la présence d'autres navires pouvant engager la zone de sécurité distinguent notamment toutes les zones portuaires de la haute mer Tyrrhénienne et de la mer de Ligurie mais aussi les réalités corses et sardes. Par conséquent, afin de répondre aux besoins en question, il est nécessaire d'intervenir pour éviter les dangers. Par exemple, lorsque la zone de sécurité est traversée par des voies de communication qui ne peuvent être fermées à la circulation pendant de longues périodes, la solution consiste à créer des carrefours à feux spécifiques. D'autre part, en cas de proximité des activités commerciales et résidentielles par rapport à la station de soutage de GNL, les opérations de ravitaillement doivent de préférence avoir lieu pendant les périodes où les activités sont fermées ou aussi loin que possible des heures de pointe et du trafic maximum. En outre, en présence d'autres navires dans la zone de sécurité, soit parce qu'ils la traversent, soit parce qu'ils se ravitaillent en carburant, il convient d'accélérer la traversée de la zone de sécurité de la manière la plus sûre possible ou de créer une zone d'exclusion marine.

En conclusion, l'analyse des risques objet de ce produit T2.4.1 "Rapport de classification et d'examen des risques des installations de GNL" est sans aucun doute un élément de protection prioritaire pour l'ensemble de la communauté concernée par le projet individuel de soutage de GNL, mais représente également un soutien important pour parvenir à l'acceptabilité sociale.

10. FICHE RÉCAPITULATIVE PRODUIT T2.4.2 " BASE DE DONNÉES DES ACCIDENTS ET DES RISQUES"

10.1. Objectif du produit T2.4.2

Le produit T2.4.2 "Base de données des accidents et des risques" inclus dans le projet TDI RETE-GNL dans le cadre du programme maritime Interreg Italie-France 2014-2020 est un document dans lequel sont analysés les principaux événements à risque et/ou accidents effectivement survenus au cours des années, en particulier en ce qui concerne la gestion des infrastructures GNL ou des véhicules alimentés au GNL. L'activité de recherche proposée au sein de ce produit permet également d'apprécier la comparaison et les différences qui en découlent en ce qui concerne la gestion d'autres substances considérées comme dangereuses, telles que le GPL. Le lecteur pourra ainsi approfondir ses connaissances sur le GNL et les risques liés à sa gestion dans l'environnement portuaire maritime, notamment par une analyse des données historiques.

10.2. Classification des différents types de risques et dangers

Le produit T2.4.2. utilise la classification des risques liés à la gestion du GNL proposée par la Chambre de Commerce et d'Industrie du VAR (CCIVAR) et ensuite intégrée à celle développée par le sujet P1/CF (UNIGE-CIELI), avec le soutien du consultant externe TECNOCREO SRL, et utilisée pour étiqueter les événements examinés dans la base de données à laquelle se réfère le produit T2.4.2. En ce sens, une première classification des risques et dangers potentiellement liés au GNL est proposée, en 3 macro-typologies (dangers liés aux caractéristiques physico-chimiques du produit, risques opérationnels et risques environnementaux) puis il est fait référence à la classification détaillée conformément à la documentation du projet.

Dans l'analyse des dangers associés au produit, les caractéristiques de la composition moléculaire du GNL et les processus que subissent ses composants pendant la transition entre les phases gazeuse et liquide sont d'abord brièvement décrits ; le GNL a également des propriétés physiques différentes selon son origine et son lieu d'extraction.

En poursuivant l'analyse des dangers associés au produit, il convient de noter que le GNL est un liquide inflammable, tout comme ses vapeurs, et que les facteurs suivants sont donc analysés :

- **Plage d'inflammabilité** : dans un mélange méthane/air, il n'est susceptible de s'enflammer que si sa concentration se situe entre 5 et 15 % environ ; ces valeurs sont fiables si le contexte prévoit des conditions environnementales, en cas de changement de température et de pression, les données peuvent varier.
- **Sensibilité à l'inflammation** : Le document montre que le GNL, comparé à d'autres substances, est nettement moins sensible à l'inflammation, raison pour laquelle il est considéré comme "faible" en termes d'inflammabilité et "moyen" en termes de réactivité. En général, plus la température du mélange méthane/air est basse, plus l'énergie nécessaire pour enflammer le mélange lui-même est importante.
- **Énergie libérée et taux de combustion** : En ce qui concerne le phénomène d'explosion, le méthane est classé comme un gaz "de faible réactivité" et le taux de combustion est inférieur à celui de gaz tels que le propane ou l'hydrogène.

Le produit T2.4.2 explore ensuite les spécificités des risques/dangers qui proviennent des "processus", c'est-à-dire qui sont liés à la gestion opérationnelle du GNL pour les activités de soutage et de stockage dans l'environnement portuaire. Dans ce sens, la division en dangers liés à la phase de transfert et en



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



dangers liés à la phase de stockage du gaz est importante. Il existe également des spécificités liées à l'état pressurisé ou non pressurisé qui caractérise le GNL dans la gestion de ces opérations.

En ce qui concerne les risques associés à la phase de transfert, le cas de surremplissage de l'unité de réception est pris en compte, ce qui peut conduire à une série de scénarios allant de la présence de légers déversements de liquide sans conséquences à des dommages (parfois des ruptures) à l'unité de réception. En outre, les opérations de soutage impliquent au moins une unité mobile et cela comporte le risque d'une éventuelle rupture du système de connexion, avec pour conséquence le déversement du liquide dans la mer ou sur terre : le contact avec l'eau et un changement soudain de température peuvent provoquer plusieurs dangers et accidents potentiels.

Les dangers liés au stockage du GNL sous forme pressurisée proviennent du fait qu'il est stocké à certaines températures et à une certaine pression. En cas de perte de confinement, différents scénarios peuvent se présenter selon que la perte est plus abrupte ou plus progressive. Dans le cas d'une inflammation concomitante, les effets de pression associés à une perte de confinement pourraient très rapidement étendre les flammes.

Les dangers liés au stockage du GNL sous forme non pressurisée peuvent être attribués à des événements impliquant un choc thermique associé à une perte de confinement ou à un écoulement incontrôlé, où le gaz passe d'une température d'environ -160°C à des températures plus proches de celles du milieu environnant. Ces transferts de chaleur intenses peuvent donner lieu à divers phénomènes qui affaiblissent le métal et les structures dans lesquelles le GNL est contenu, surtout s'ils agissent sur de grandes surfaces comme la coque d'un navire, provoquant ainsi d'éventuelles pertes et fuites.

Enfin, la classification des dangers inclut les dangers liés aux facteurs environnementaux. Ils se subdivisent en dangers liés aux conditions naturelles tels que les tremblements de terre, la foudre ou les inondations ; ces phénomènes doivent être inclus dans une analyse des risques et doivent être accompagnés de mesures de prévention spécifiques en cas de survenance de tels événements. Les mesures de prévention concernent principalement le dimensionnement de l'installation et son emplacement, en tenant compte des réglementations nationales et internationales.

D'autres dangers liés aux facteurs environnementaux sont ceux liés à la présence d'activités anthropiques à proximité des installations et des sites où les opérations de relocalisation ont lieu. Ces activités comprennent les transports et les activités industrielles, qui ont des implications notamment au niveau de la localisation, afin d'éviter les accidents liés à la présence de ces activités ou de contenir les effets d'un accident sans qu'il ne se propage à d'autres sites, créant ainsi un "effet domino".

10.3. Classification des risques adoptée dans la base de données et autres profils méthodologiques

Le paragraphe 3 du produit T2.4.2 décrit tous les profils méthodologiques relatifs aux 17 variables qui constituent le cadre conceptuel sur lequel repose la base de données. Chaque variable incluse dans la base de données est dûment décrite et une brève description de sa catégorisation est expliquée.

- ✓ **Date de l'événement (année)** : année au cours de laquelle le risque/accident s'est produit.
- ✓ **Macro Type d'événement (risque/accident)** : Type d'événement, classé soit comme un risque, si aucun dommage aux biens ou aux tiers n'est survenu, soit comme un accident, si des dommages aux biens ou aux tiers sont survenus.
- ✓ **Pays** : pays où le risque ou l'accident s'est produit.
- ✓ **Port / navire / terminal d'approvisionnement** : nom du port, du navire ou de l'infrastructure impliqué dans le risque/accident.

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Étude pour un plan d'action conjoint pour le GNL en zone portuaire"



Interreg



UNION EUROPÉENNE
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



- ✓ **Lieu** : coordonnées géographiques, latitude et longitude, où l'accident s'est produit.
- ✓ **Navire GNL/Typologie de l'installation** : nom du navire ou de l'installation impliqué dans le risque/incident.
- ✓ **Type d'installation** : type de bien/infrastructure soumis au risque/accident (dépôt, navire, terminal, pipeline, usine de liquéfaction, usine d'exportation, laboratoire, navire, terminal).
- ✓ **Degré de risque/accident** : degré de risque de l'événement, faible-haut-moyen, dépendant principalement du type de risque/accident chimique survenu, mais aussi du nombre de victimes, de blessés et de l'ampleur des dégâts matériels.
- ✓ **Risque opérationnel/accident** : phase de production au cours de laquelle le risque survient (en mer, chargement/déchargement, terminal, stockage, amarrage, dans le port, dépôt de GNL, construction d'une infrastructure GNL).
- ✓ **Risque/accident chimique** : type de risque/accident chimique survenu ; 11 types de risques/accidents chimiques mis en évidence (voir par. 3).
- ✓ **Description de l'événement** : brève description de l'événement dans lequel les principaux faits sont traités, y compris le lieu, les causes, le risque chimique et opérationnel, les implications.
- ✓ **Causes** : cause du risque/accident (collision, erreur humaine, événement naturel, panne d'équipement (navire/terminal/dépôt), échouement).
- ✓ **Implications/conséquences** : gravité du risque/accident, classée sur une échelle de 1 à 5 selon qu'il s'agit d'un risque ou d'un accident et, dans ce dernier cas, selon qu'il y a eu ou non des dommages matériels, des blessures ou des pertes humaines.
- ✓ **Nombre de victimes** : nombre de personnes impliquées dans l'accident.
- ✓ **Nombre de blessés** : nombre de personnes blessées impliquées dans l'accident.
- ✓ **Dommages aux installations** : variable qui peut prendre une valeur "oui" ou "non" selon que des dommages matériels sont survenus ou non.
- ✓ **Rejet/déversement de GNL** : variable qui peut prendre une valeur "oui" ou "non" selon que le rejet ou le déversement de GNL s'est produit ou non.

En ce qui concerne la "Base de données sur les accidents et les risques", la catégorisation des risques déjà utilisée dans le produit T.2.4.1. proposé par le CF conjointement avec le cabinet de conseil externe "Tecnocreo SRL" et évalué par l'ensemble du partenariat a été retenue. La classification ci-dessus comprend :

- **Gaz d'évaporation (boil-off gas)**: des solutions techniques pour la récupération du BOG (Boil-Off Gas) sont adoptées afin d'éviter l'émission de gaz naturel pendant les procédures de transfert normales ou en cas d'événements exceptionnels. Le BOG est produit par l'évaporation du gaz naturel lorsque celui-ci est soumis aux effets du transfert de chaleur de l'extérieur ; de petites traces de composants inflammables plus lourds sont présentes dans le BOG que dans le mélange.
- **Contact avec le GNL**: Le GNL, à la pression atmosphérique, reste à l'état liquide jusqu'à -162°C ; par conséquent, en tant que liquide cryogénique, il peut causer ce qu'on appelle des "brûlures par gel" et d'autres effets nocifs sur la santé humaine en cas d'exposition et de contact avec le corps. En outre, le contact entre le GNL et d'autres structures ou équipements qui ne sont pas adaptés pour résister à des températures cryogéniques (par exemple, la coque du navire) peut entraîner de graves dommages et ruptures.
- **Stratification et roll-over**: Le phénomène de roll-over se produit lorsque deux volumes de GNL de densités différentes entrent en contact dans un même conteneur. À ce moment-là, le GNL de plus forte densité aura tendance à se stratifier sur le fond avec une augmentation soudaine de la vitesse d'évaporation qui entraînera une augmentation rapide de la pression dans le

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Étude pour un plan d'action conjoint pour le GNL en zone portuaire"



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



réservoir. Cet environnement est atténué par des systèmes spéciaux de vannes de purge qui, s'ils ne sont pas gérés par des composants et des procédures spéciales, peuvent présenter de graves dangers pour le personnel et les installations environnantes.

- **Sloshing**: le phénomène de sloshing se produit lorsque les réservoirs ne sont pas complètement remplis et que le liquide à l'intérieur de ceux-ci, en raison du mouvement des vagues, frappe avec une forte pression sur les surfaces, ce qui peut endommager gravement la structure..
- **Transition rapide de phase (RPT o Rapid Phase Transition)**: Le phénomène consiste en un changement de phase rapide d'un liquide en vapeur ; il se produit lorsque deux liquides de températures très différentes entrent en contact, comme cela peut être le cas, par exemple, du GNL qui se déverse dans la mer. Cette transformation soudaine libère une quantité d'énergie telle qu'elle provoque des ondes de pression semblables à celles d'une explosion.
- **BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion)**: Le phénomène de BLEVE fait référence à l'explosion de vapeurs qui se dilatent en raison de l'ébullition d'un liquide, c'est-à-dire un type d'explosion qui se produit en même temps que la rupture d'un récipient sous pression. Elle peut se produire en cas de déversement rapide ou d'impact avec formation de fragments qui peuvent être projetés en raison de l'onde de choc.
- **Explosion de nuage de vapeur (VCE o Vapour Cloud Explosion)**: est le phénomène par lequel une grande quantité de vapeur de GNL s'enflamme dans un environnement confiné, provoquant une explosion. Lorsque le GNL se réchauffe au contact de l'air, il se met à mâcher l'air et commence à se disperser, créant un nuage de vapeur. Si sa concentration se situe dans la plage d'inflammabilité et qu'elle entre en contact avec une source d'inflammation, elle est alors susceptible d'exploser.
- **Jet fire, pool fire, flash fire**: en cas de rejet de GNL, le déclenchement immédiat du GNL entraîne un "jet fire" (également appelé "spray fire") ou un "pool fire", selon la phase rejetée et la fraction de liquide capable de s'accumuler sur le sol. Si ces événements ne se produisent pas, la dispersion du jet de gaz ou l'évaporation de la masse de matière inflammable crée un nuage inflammable capable de produire un "flash fire" en cas d'allumage retardé. On parle de "jet fire" ou "spray fire" pour indiquer la formation d'un jet de feu avec une diffusion assez violente. Le phénomène est généré par l'allumage d'un mélange composé d'un agent de combustion et d'un carburant gazeux libéré en continu, au moyen d'une force importante, dans une ou plusieurs directions. Au contraire, en cas d'allumage retardé, il se produit le phénomène de flash fire, c'est-à-dire le phénomène de combustion "rapide" non explosive provenant de la formation d'un nuage de gaz dans un environnement où la concentration de GNL dépasse la limite inférieure d'inflammabilité.
- **Asphyxie** : Le gaz naturel peut être étouffant car il contribue à réduire le pourcentage d'oxygène dans l'air, le remplaçant directement. Le risque d'asphyxie semble plus élevé lorsque vous vous trouvez dans des espaces fermés ou en présence d'un dégagement important de gaz dans un espace ouvert mais à proximité de personnes.
- **Terrorisme** : de nombreux actes de violence ou de terrorisme sont commis à l'encontre des installations et des équipements de GNL. Cependant, selon les règles et réglementations imposées, les réservoirs au sol nécessitent d'importantes quantités d'énergie pour leur manipulation, de sorte que la probabilité d'attaques terroristes est liée à un incendie plutôt qu'à une explosion. Afin de réduire le risque de dommages aux personnes, aux structures et aux équipements, il est essentiel de définir des distances de sécurité appropriées et des procédures d'autorisation spécifiques pour l'accès aux zones les plus sensibles et les plus critiques, ainsi

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Étude pour un plan d'action conjoint pour le GNL en zone portuaire"



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



que des inspections, des patrouilles, des plans de sécurité en cas de violation de la sécurité et des systèmes de communication d'urgence.

- Tremblements de terre : l'évaluation des risques doit tenir compte de toute activité sismique présente dans la zone où l'installation est située et cette évaluation doit être effectuée au stade de la conception.

La section qui suit l'examen des approches méthodologiques utilisées et la description des principales sources de données consultées pour la mise en œuvre de la BD montre que l'échantillon final est représenté par 83 observations dans le monde entier concernant des événements à risque, des accidents ou des situations à risque potentiel qui ont eu lieu entre 1944 et 2020. Cette section fournit des informations supplémentaires sur la structure logique de la base de données elle-même.

10.4. Résumé des principaux résultats observés

Le produit T2.4.2 examine ensuite certains des principaux profils pertinents liés à l'examen des risques et accidents liés à la gestion des infrastructures de soutage et de stockage du GNL ou en référence aux moyens de transport de tout type qui utilisent ce type de combustible pour sa propulsion.

Les données historiques sur les observations des accidents et des risques liés au GNL entre 1944 et 2020 dans l'environnement maritime et portuaire montrent que, bien que des progrès significatifs aient été réalisés sur le profil de sécurité et de sûreté, ces événements ont partiellement augmenté. Toutefois, cela est probablement dû à l'augmentation de la production et du commerce de cette marchandise au cours des dix dernières années, ainsi qu'à une plus grande transparence de la communication et à la visibilité médiatique en relation avec ces événements.

L'analyse des 83 observations de la DB a montré que 74 d'entre elles étaient dues à des accidents qui se sont effectivement produits et 9 à des risques qui ne se sont pas matérialisés. Les événements en question sont également classés en fonction du niveau de risque et du niveau d'impact (faible, moyen, élevé). À cet égard, les résultats de l'analyse montrent que 75 % des observations peuvent être classées comme ayant un risque/impact "moyen à faible", tandis que les 25 % restants sont classés comme ayant un risque/impact "élevé". Toutefois, il convient de souligner que la plupart des événements à haut risque se rapportent à des événements qui se sont produits avant 2000, ce qui témoigne du fait qu'après cette date, il y a eu une augmentation significative des normes technologiques et davantage de formation sur la définition des procédures et des meilleures pratiques liées aux profils de sûreté et de sécurité.

La Figure 56 montre, en général, la corrélation entre la catégorisation des risques et le type de risque associé à la gestion du GNL :



Figure 56: Corrélation entre la classe de risque et le type de risques chimiques

Rischio specifico	Classe di rischio
<i>Sloshing</i>	Rischio alto
<i>Bleve</i>	Rischio alto
<i>Esplosione nube di vapore</i>	Rischio alto
<i>Fire (jet, pool, flash)</i>	Rischio alto
<i>Asfissia</i>	Rischio basso
<i>Terrorismo</i>	Rischio basso
<i>Terremoti</i>	Rischio basso
<i>Gas di evaporazione</i>	Rischio medio
<i>Contatto</i>	Rischio medio
<i>Roll-over</i>	Rischio medio
<i>Transizione rapida di fase</i>	Rischio medio

Source : Notre élaboration à partir de la BD sur les risques et les accidents.

L'analyse des résultats montre que le type de risques chimiques prédominant associé au GNL relève de la catégorie "contact avec le GNL", suivie de la catégorie "explosion et incendie du nuage de vapeur".

En revanche, en ce qui concerne la classification des risques/incidents en fonction de la phase opérationnelle dans laquelle ils se sont produits, l'analyse des données suggère que les phases du cycle marine-port les plus touchées par des événements de ce type sont principalement celles du chargement/déchargement de GNL, des opérations des terminaux dans les usines de regazéification et de liquéfaction et des cas relatifs à la navigation en mer.

En ce qui concerne les causes des risques/accidents dans la gestion du GNL dans les ports, les principales causes sont les défaillances des équipements des terminaux et des navires et les collisions entre navires. Ce constat porte sur la nécessité de se doter d'équipements de pointe mais aussi sur le niveau de professionnalisme des opérateurs économiques concernés, la définition de procédures de sûreté et de sécurité conformes aux techniques les plus récentes du secteur et l'organisation de cours de formation continue pour soutenir le personnel employé dans les activités en question.

Le groupe de travail de l'ESA a ensuite également analysé les implications/conséquences des risques/accidents selon une échelle d'intensité allant de 1 à 5 dans la Figure 57.

Figure 57: Classification des implications/conséquences des risques/incidents dans la gestion du GNL

Implicazioni/conseguenze	Definizione
1	Non si tratta di incidente ma di rischio
2	Incidente senza vittime/feriti/danni
3	Incidente con danni
4	Incidente con feriti ma non vittime
5	Incidente con vittime

Source : Notre élaboration à partir de la BD sur les risques et les accidents.

Les données présentées dans la figure suivante (Figure 58) montrent que plus de 50 % des événements cartographiés sont classés comme des accidents du troisième degré (dommages matériels aux structures matérielles) ; dans 10 % des accidents, il y a eu des victimes, tandis que dans 20 % des cas, l'événement est classé comme un accident sans victimes/blessures/dommages..



Figure 58: Degré de gravité des implications/conséquences des risques/accidents liés à la gestion du GNL

Grado Implicazioni/conseguenze	Numero
Livello 3	48
Livello 5	12
Livello 1	9
Livello 2	9
Livello 4	5
Totale complessivo	83

Source : Notre élaboration à partir de la BD sur les risques et les accidents.

L'analyse de la DB se poursuit en présentant des données sur les événements mortels et sans victimes, montrant un nombre relativement faible de décès par rapport à l'horizon temporel des observations. Le nombre de blessures liées aux risques/accidents liés à la gestion du GNL suit également la même tendance que celui des victimes.

D'autre part, les données montrant les dommages causés par les risques/accidents dans la gestion du GNL suggèrent que dans de nombreux cas, les événements en question ont causé des dommages matériels, alors que dans environ la moitié des cas, seul un déversement de GNL sans conséquences s'est produit.

La dernière analyse effectuée sur le DB concerne la zone géographique dans laquelle ces événements à risque ou ces accidents se sont produits le plus fréquemment : Les États-Unis, l'Algérie et le Japon sont les pays où le nombre de cas est le plus élevé ; ces chiffres sont liés au fait que les deux premiers pays sont d'importants pays importateurs et exportateurs, tandis que le Japon possède les plus grandes usines de transformation.

10.5. Un exemple d'application de l'analyse des risques : le cas français

Dans le dernier chapitre du produit T2.4.2. il est proposé une application de l'analyse de risque centrée sur les spécificités du contexte français, selon des méthodologies et des normes reproductibles aux contextes portuaires italiens d'intérêt.

De ce point de vue, après avoir précisé les profils d'introduction relatifs à la méthodologie utilisée et aux critères retenus pour l'évaluation des risques (probabilité ou fréquence de transformation du risque en accident ou en événement dangereux ; gravité des effets associés aux accidents ou autres phénomènes liés au risque), le produit T2.4.2 présente des modèles empiriques pour l'évaluation des risques en utilisant la matrice MMR, utilisée en France.

Les fréquences sont indiquées, en tant qu'unité universelle, en "cas par an" tandis que les niveaux de gravité sont classés en fonction de :

- la portée ou la distance des effets
- le nombre de personnes exposées aux effets

Dans le document, en particulier, la gravité de l'effet sera mesurée en fonction de la distance (exprimée en m) et en tenant compte de certains seuils proposés dans le Tableau 71.

*Tableau 71: Niveaux d'effet critique basés sur les expositions dangereuses*

Tipo di effetti	Soglia per i cosiddetti effetti letali significativi o SELS	Soglia di 1° effetti letali o SEL	Soglia per effetti irreversibili letali (non letali) o SEI
Terminali a causa di un'esposizione superiore a 2 minuti	8 kW/m ²	5 kW/m ²	3 kW/m ²
Terminali a causa di un'esposizione inferiore a 2 minuti	1800 (kW/m ²) ^{4/3} .s	1000 (kW/m ²) ^{4/3} .s	600 (kW/m ²) ^{4/3} .s
Termico dovuto a VCE	Distanza dal LIE	Distanza dal LIE	La distanza dal LIE è aumentata del 10%.
Meccanica dovuta alla sovrappressione	20 kPa	14 kPa	5 kPa

Source : CCI del VAR, 2020 (“Lotto 3 – Analyse des risques liés aux installations de GNL dans les zones portuaires”)

En ce qui concerne le tableau mentionné ci-dessus, il convient de noter que :

- le seuil SELS correspond à 5 % des effets létaux possibles pour une population exposée à ce seuil,
- le seuil SEL correspond à 1 % des effets létaux possibles ou de l'apparition d'effets létaux pour une population exposée à ce seuil,
- le seuil de SEI correspond généralement aux effets avec séquelles pour une population exposée à ce seuil.

Ensuite, le document décrit les hypothèses et les approches de calcul des distances d'effet, en précisant l'utilisation du logiciel PHAST pour mettre en œuvre le modèle. Parmi les hypothèses analysées, il y a :

- Flux vers la fuite
- Vaporisation avec épandage au sol
- Vaporisation avec épandage dans l'eau
- Dispersion atmosphérique
- Explosion du nuage de vapeur (VCE)
- BLEVE

Toutes les hypothèses susmentionnées sont analysées plus en détail dans le document.

Les distances d'effet relatives aux phénomènes de BLEVE, VCE ou de jet fire sont répertoriées dans le document au moyen de tableaux spéciaux qui distinguent le volume de GNL concerné, le contexte typique dans lequel ces phénomènes pourraient se produire, et les données relatives aux seuils SELS, SEL et SEI énumérés ci-dessus.

En ce qui concerne l'analyse de l'autre dimension utilisée dans l'évaluation des risques, c'est-à-dire la fréquence des événements dangereux, le document distingue le cas d'un phénomène BLEVE de l'approche générale utilisée en cas de pertes.

Les bases de données de référence pour les valeurs guides de fréquence sont essentiellement le document néerlandais "Drink Reference Manual Risk Assessment" (RIVM, 2009), et le document britannique HSE "Failure Rate and Event Data for use within Risk Assessment (HSE, 2012)", en plus du retour d'information fourni par SHELL sur la base des indications proposées par ses clients.

Les données sur la fréquence des événements dangereux sont ensuite résumées au moyen de tableaux spécifiques dans le document dans lequel elles sont indiquées :

- les conditions de stockage du GNL (pressurisé ou non pressurisé)
- le type de phénomène ou d'événement dangereux associé
- le contexte dans lequel ces phénomènes ou événements pourraient se produire
- les classes de fréquence associées

Le chapitre se termine par un résumé des données de l'analyse de risque présentées sous la forme d'un tableau :

- les conditions de stockage du GNL (pressurisé ou non pressurisé)
- le type de phénomène ou d'événement dangereux associé
- le contexte dans lequel ces phénomènes ou événements pourraient se produire
- les distances d'effet réparties en fonction des seuils SELS, SEL et SEI
- les classes de fréquence associées

Veillez-vous référer à la version complète du document pour l'examen détaillé des tableaux ci-dessus et de leur contenu technique précis.

11. FICHE RÉCAPITULATIVE PRODUIT T2.4.3 "LIGNES DIRECTRICES POUR LA MÉTHODOLOGIE ACV DANS LES SYSTÈMES D'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE"

11.1. Objectif du produit T2.4.3

Le produit T2.4.3 est basé sur une approche interdisciplinaire qui combine les dimensions techniques, économiques et juridiques et l'utilisation d'une logique commune pour éviter la duplication des investissements et le risque de non-interopérabilité entre les différentes installations. Ce produit est divisé en une première section définissant la portée de l'analyse ACV pour les systèmes de soutage/stockage de GNL dans les zones portuaires en ce qui concerne une chaîne logistique à petite échelle (GNL à petite échelle), suivie d'une section générale sur le cadre conceptuel et réglementaire de l'approche ACV et de sections analytiques visant à contextualiser cette approche à la fois par rapport aux différentes options technologiques pour le soutage et le stockage de GNL dans l'environnement maritime-portuaire et par rapport à la portée géographique spécifique. Le document conclut en introduisant quelques éléments de base liés à l'acceptabilité sociale de ce type d'infrastructure énergétique.

L'objectif du document tel qu'indiqué est d'utiliser la méthodologie ACV pour identifier les principaux impacts et les éventuelles criticités environnementales associées aux technologies de soutage du GNL par rapport aux zones portuaires au sein d'une chaîne logistique à petite échelle (SSLNG), en tenant compte en particulier de la réalité des ports de l'espace maritime IT-FR transfrontalier de la Méditerranée du Nord qui adhèrent au projet "TDI LNG NETWORK". En outre, le rapport définit des lignes directrices pour reproduire ce type d'analyse dans des cas empiriques spécifiques soumis à une évaluation de la faisabilité technique par les organismes et acteurs concernés. Le produit semble donc clairement profiter aux groupes cibles du projet, tels que les autorités portuaires et les AdSP, les entités publiques locales intéressées par la construction d'installations de ravitaillement en GNL, les capitaineries, etc.

11.2. Aspects généraux de l'avitaillement en GNL

11.2.1. Nature et caractéristiques du gaz naturel liquéfié (GNL)

Obtenu par liquéfaction du gaz naturel (GN), le GNL, dont le principal composant est le méthane, est purifié des hydrocarbures plus complexes (tels que les composés sulfurés, le dioxyde de carbone et les hydrocarbures lourds) et d'une grande partie de l'éthane, du propane et du butane qui, comme pour l'eau, le mercure et le soufre, doivent être limités afin d'éviter, par exemple, les problèmes de corrosion, les risques de solidification lors du refroidissement, etc.

Transporté par mer sous forme liquide (liquéfié à température cryogénique pour le rendre plus léger et moins encombrant) par des méthaniers, le GNL, une fois arrivé à destination, est déchargé dans des installations de stockage qui le remettent sous forme gazeuse afin de le rendre disponible pour la consommation traditionnelle.

11.2.2. Avantages environnementaux du GNL

L'utilisation du GNL comme carburant de substitution peut aider à surmonter les produits énergétiques caractérisés par un impact environnemental globalement plus important, ce qui se traduit par des effets positifs non seulement en termes de réduction des émissions polluantes et de changements climatiques



Interreg



UNION EUROPÉENNE
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



(la purification des gaz acides, CO₂ et SO_x et l'élimination presque complète des particules et des NO_x permettent une réduction des émissions de gaz à effet de serre, de particules et de substances dangereuses pour l'environnement et la santé), mais aussi en ce qui concerne le secteur des transports. Ce dernier domaine d'application du GNL est relativement récent, en effet, en ce qui concerne le transport maritime, il permet non seulement d'atteindre plus facilement les objectifs de réduction de l'impact de la présence de soufre dans les carburants, conformément aux objectifs fixés par la directive européenne 2012/33/UE (transposée en Italie par le décret législatif n° 112 /2014), mais aussi pour accroître l'utilisation de carburants alternatifs dans le secteur des transports, conformément à la directive 2014/94/UE (créée dans le cadre du paquet "Énergie propre pour les transports", élaboré par la Commission européenne) dans le but de minimiser la dépendance au pétrole et d'atténuer l'impact environnemental dans le secteur tant pour l'amélioration de la qualité de l'air que pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

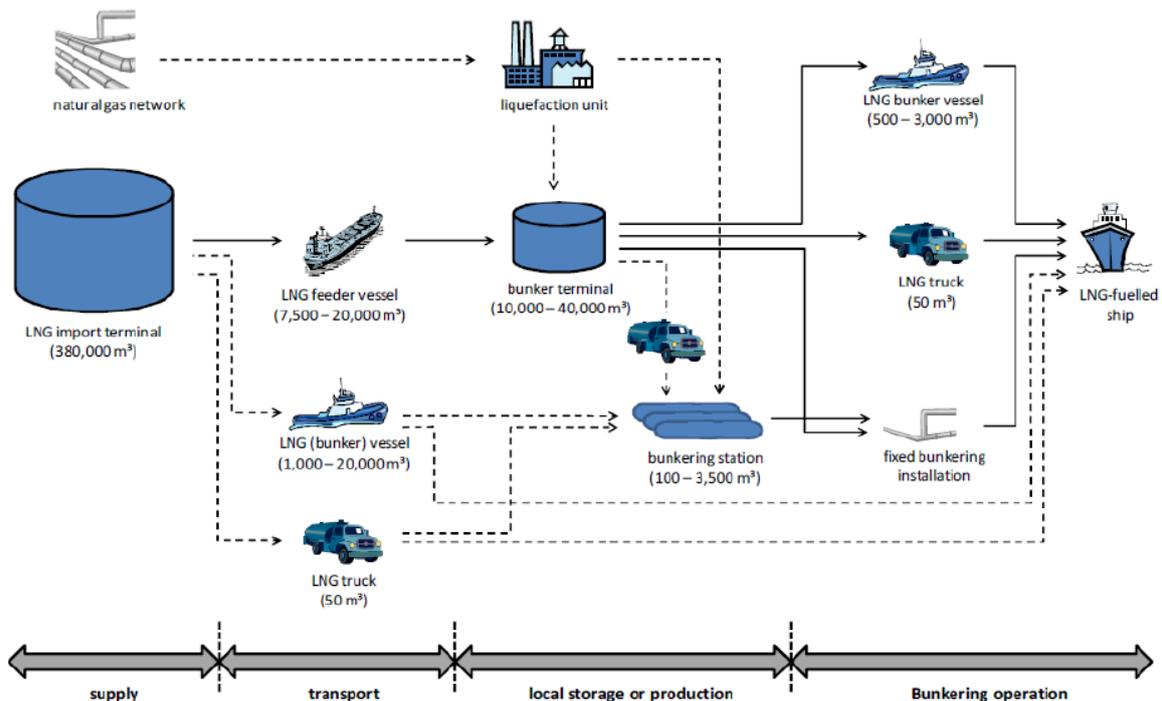
Le GNL étant toujours un combustible fossile, il n'est pas exempt d'émissions de gaz à effet de serre et d'autres émissions nuisibles à la santé humaine et aux écosystèmes (par exemple, fuites potentielles ou rejets involontaires de méthane). Cette considération, en particulier, conduit à penser que l'application d'une approche "analyse du cycle de vie" (ACV) pour évaluer les impacts de l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement est particulièrement utile.

11.2.3. Chaîne logistique du GNL

Afin de développer une approche de type ACV, la Figure 59

simplifie la chaîne de valeur du GNL, divisée selon les différentes étapes de la chaîne d'approvisionnement en tant que carburant pour le secteur maritime, c'est-à-dire l'approvisionnement, le stockage ou la production locale, le ravitaillement.

Figure 59. Aperçu des différentes étapes de la chaîne d'approvisionnement en GNL comme carburant pour la navigation



Source : Guide EMSA 2018.

Dans le cadre de ce produit, la chaîne de valeur prise comme référence, c'est-à-dire le champ d'application de l'approche ACV, coïncide avec les opérations de soutage qui ont lieu dans les ports. En ce sens, il s'agit d'une chaîne logistique de GNL à petite échelle, techniquement appelée "Small Scale LNG" (SSLNG), dont les capacités de stockage de GNL, dans des réservoirs pressurisés ou atmosphériques, sont inférieures à 20 000 m³ par an. Le seuil identifié pour l'analyse semble cohérent avec le dimensionnement considéré comme prévalant dans les ports d'intérêt ainsi qu'avec les premiers projets réalisés ou en cours dans les ports de la zone cible.

11.2.4. Mode de soutage du GNL

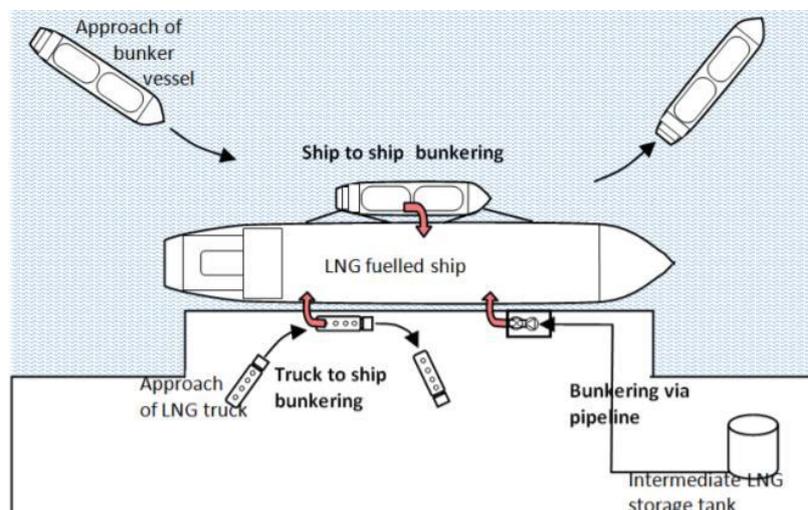
Pour les besoins du document relatif au soutage et au stockage du GNL, les analyses effectuées selon l'approche ACV ont été réalisées par le consultant externe TENCOCREO en ce qui concerne l'approvisionnement en GNL par un navire de réception par le biais des quatre différents modes/configurations technologiques considérés dans le cadre de l'ensemble du projet TDI RETE-GNL:

1. La configuration technologique de type Ship-to-Ship (STS) implique le transfert de GNL d'un navire-citerne ou d'une barge à un navire propulsé par du GNL. Parmi les principaux avantages de l'option technologique STS figurent la possibilité d'opérer en mer même sans avoir à entrer

- dans le port, si les conditions météorologiques et les vagues le permettent, et la possibilité de transporter de grands volumes de produits dans des délais rapides.
2. La configuration technologique "Truck-to-Ship" (TTS) implique le transfert de GNL d'un camion-citerne à un navire propulsé par le GNL et amarré à la jetée ou au quai au moyen d'un pipeline flexible cryogénique. Parmi les avantages de cette configuration figurent la grande flexibilité géographique et le faible investissement nécessaire à la mise en œuvre. Au contraire, en raison des petites quantités de produit qui peuvent être transférées grâce à cette configuration, elle est particulièrement adaptée à l'approvisionnement des navires dotés de petits réservoirs, tels que les remorqueurs, les bateaux de pêche ou les petits bateaux.
 3. La configuration technologique Shore/Pipeline-to-Ship (PTS) implique le transfert de GNL d'un réservoir de stockage fixe à terre à un navire propulsé par le GNL grâce à l'utilisation d'une ligne cryogénique avec des bras de chargement équipés d'une extrémité flexible (Pipeline) ou d'une tuyauterie à partir d'un navire amarré (Terre). Par rapport à la solution TTS, la configuration PTS assure un débit plus élevé, adapté à l'approvisionnement des grands navires.
 4. La configuration technologique des réservoirs mobiles ou des conteneurs ISO cryogéniques permet d'utiliser ces réservoirs comme des dépôts de carburant manipulables, car ils peuvent être chargés sur un navire à l'aide de grues à conteneurs ou de camions en mode Ro-Ro.

La Figure 33 et le Tableau 72 montrent schématiquement les principales configurations de la technologie de soutage du GNL et les comparent entre elles.

Figure 60. Représentation schématique des principales options de soutage du GNL



Source: IMO - International Maritime Organization, "Studies on the feasibility and use of LNG as a fuel for shipping" 2016, London



Tableau 72. Comparaison des performances des quatre options de soutage pour des utilisations spécifiques

Tipologia	Capacità (mc)	Flusso (mc/h)	Tipo di cliente	Capacità cliente (mc)	Numero carichi
TTS	40	50	traghetti	200	5
		50	OSV	300	8
		ND	porta-container	2400	-
PTS	500	50	traghetti	200	1
		200	OSV	300	1
		600	porta-container	2400	5
STS	300-2400	67	traghetti	200	1
		200	OSV	300	1
		600	porta-container	2400	1
LNG ISO container	40	40	traghetti	200	5
		40	OSV	300	8
		N/A	porta-container	2400	-

Source: MISE, "Document de consultation pour une stratégie nationale en matière de GNL"

11.3. La méthode d'Analyse du Cycle de Vie (ACV)

11.3.1. Généralités et objectifs de la méthode d'analyse du cycle de vie (ACV)

Développée depuis 1990 dans le secteur industriel (SETAC - Society of Environmental Toxicology and Chemistry), l'analyse du cycle de vie (ACV) est une méthodologie internationale capable de considérer le cycle de vie d'un produit dans le but de réduire son impact environnemental global, tout en essayant d'éviter que des initiatives centrées sur des phases individuelles du cycle de vie ne transfèrent simplement la charge environnementale à d'autres phases en amont ou en aval de l'ensemble du processus.

Au fil du temps, le rôle de l'ACV s'est accru dans le secteur industriel pour aider à réduire les effets négatifs globaux sur l'environnement tout au long du cycle de vie des biens et des services. Dans le cadre de la planification stratégique, l'ACV est désormais un outil d'aide à la décision pour améliorer, par exemple, la conception des produits, le choix des matières premières, la sélection des options technologiques, la définition de critères spécifiques pour la conception et le recyclage des marchandises, etc.

Il s'ensuit que le principal avantage d'une telle approche est qu'elle fournit un outil unique pour mieux comprendre l'impact environnemental d'un produit et son effet à chaque étape de la chaîne de production, dans le but ultime de montrer les avantages concurrentiels d'un système de produit spécifique par rapport à un autre système concurrent ou substituable.

11.3.2. La norme de référence pour l'analyse du cycle de vie

La méthodologie d'ACV a été codifiée par les normes UNI EN ISO 14040:2006 "Analyse du cycle de vie - Principes et cadre" et 14044:2018 "Analyse du cycle de vie - Exigences et lignes directrices" qui constituent donc les normes internationales de référence. En outre, au niveau européen, l'importance stratégique de l'adoption de la méthodologie ACV en tant qu'outil scientifiquement adapté pour l'identification des aspects environnementaux significatifs est exprimée dans le Livre vert COM (2001)



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



68CE et COM (2003) 302 CE sur la politique intégrée des produits, et est également suggérée, au moins indirectement, dans les règlements européens : EMAS (Reg. 1221/2009) et Ecolabel (Reg. 66/2010).

En ce qui concerne les systèmes d'approvisionnement et de stockage du GNL dans les zones portuaires, l'ACV permet d'indiquer les synergies qui réduisent l'impact environnemental global, en partageant les ressources d'infrastructure et en utilisant des produits et services collatéraux pour réduire l'impact environnemental cumulé au niveau local. En fait, l'objectif du produit T2.4.3 est précisément de développer un ensemble de critères et d'outils de base préparatoires à la définition de lignes directrices spécifiques pour l'application opérationnelle de l'ACV aux différentes configurations de soutage de GNL dans le secteur maritime portuaire de la zone transfrontalière. En ce qui concerne l'adoption du GNL comme carburant de substitution pour la navigation, la législation de référence est le "Guide sur l'avitaillement en GNL des autorités et administrations portuaires" préparé par l'AESM, en collaboration avec la DG Mobilité et Transports de la Commission européenne, les États membres et l'industrie dans le cadre du Forum européen de la navigation durable (FESD), dans le contexte de la mise en œuvre de la directive 2014/94/UE.

En référence aux pratiques environnementales liées au soutage du GNL couvert par le produit T2.4.3 en question, l'impact associé à l'utilisation du GNL comme carburant de transport peut être étudié sous deux profils:

- le bénéfice net dérivant du GNL en remplacement des carburants traditionnels en termes de pollution atmosphérique locale (SOx, NOx et particules),
- le fort potentiel d'émission de gaz à effet de serre du méthane (principal composant du GNL).

Par rapport au premier profil, le GNL occupe une position de premier plan en termes de combustible de substitution, mais il convient également de souligner les préoccupations concernant les avantages réels des gaz à effet de serre sur le cycle de vie, y compris le GNL en tant que combustible fossile. Les préoccupations relatives à l'utilisation du GNL exigent que l'on se penche sur l'élaboration de mesures appropriées pour surveiller et atténuer les émissions de méthane dans l'atmosphère.

Le défi consiste à renforcer les avantages de l'utilisation du GNL comme carburant, tout en réduisant les effets négatifs potentiels de son utilisation sur l'environnement : selon le guide de l'AESM, des facteurs tels que la technologie des moteurs, la qualité et la composition du GNL et l'analyse du cycle de vie du GNL (source de GN, production, liquéfaction, chaîne de transport/distribution, efficacité globale de la propulsion d'un navire) doivent être pris en compte.

11.3.3. Cadre de référence conceptuel pour l'ACV de soutage de GNL

L'ACV façonne le cycle de vie d'un produit comme un "système de produit" caractérisé par une ou plusieurs de ses propres fonctions. Ces systèmes de produits sont articulés en processus unitaires capables d'identifier les éléments d'entrée et de sortie et reliés à la fois entre eux par des flux intermédiaires et avec d'autres systèmes de produits par des flux de produits et avec l'environnement par des flux élémentaires. En référence à ce rapport, on entend par "système de produit" l'option technologique choisie pour le soutirage de GNL dans le cadre des services de GNL à petite échelle. Par conséquent, les unités de processus sont représentées par les opérations individuelles qui configurent, respectivement, ces méthodes de soutage de GNL.



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Afin d'analyser le cycle de vie du soutage du GNL, il est nécessaire d'examiner non seulement les effets de la production de GNL et de son transport sur de longues distances par navire, mais aussi l'impact potentiel que les émissions de méthane (qui peuvent se produire pendant toutes les phases du cycle de vie du GNL) peuvent avoir sur le GNL en tant que potentiel de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Le rapport en question porte essentiellement sur la quantification des effets du changement climatique dans le cadre d'une analyse ACV de l'ensemble de la chaîne de valeur du GNL :

- Les émissions de CO₂ provenant de l'énergie dépensée pour l'extraction, la transformation, la liquéfaction, le transport et la distribution du GNL ;
- Émissions de CH₄ liées aux rejets accidentels de méthane tout au long du cycle de vie et de la chaîne d'approvisionnement du GNL.

11.3.3.1. Phase 1 de l'ACV : définition de l'objectif et du champ d'application

L'identification des destinataires de l'enquête établit que l'ACV doit s'interfacer avec d'autres instruments, par exemple d'autres normes ou enquêtes d'ordre économique, technologique, social, etc. (en vertu de la législation applicable, l'ACV traite des aspects et impacts environnementaux d'un système de produits, tandis que les aspects et impacts économiques et sociaux sont généralement en dehors du champ d'application de l'ACV, de sorte que d'autres instruments peuvent être combinés avec l'ACV pour des évaluations plus approfondies).

En ce qui concerne les objectifs du produit T2.4.3, les objectifs d'aide à la décision associés à la question du GNL dans la zone portuaire maritime auxquels la méthodologie d'ACV pourrait répondre sont identifiés dans :

- comparaison entre le GNL et les combustibles marins conventionnels,
- examiner les avantages et les obstacles potentiels du GNL par rapport aux combustibles marins classiques,
- le choix des méthodes de soutirage du GNL, en observant également la possibilité de contrôler le rejet de méthane dans l'atmosphère,
- comment adapter un terminal de regazéification pour qu'il puisse également assurer le stockage et le réapprovisionnement des navires en GNL,
- l'évaluation des points critiques liés aux infrastructures,
- Mise en place d'instruments de financement externe pour le développement des services SSLNG,
- la vérification du respect des réglementations technico-environnementales pertinentes,
- la participation des acteurs publics et privés,
- l'évaluation de l'acceptabilité sociale des investissements.

Les éléments qui peuvent être inclus dans le champ d'application du modèle d'ACV relatif à l'utilisation du GNL comme combustible marin sont les suivants :

- le "système de produit" coïncidant avec l'option technologique choisie pour le soutage du GNL dans des contextes technologiques à petite échelle,
- les fonctions que le "système de produit" est appelé à remplir ou les fonctions des multiples options technologiques de soutage,

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Étude pour un plan d'action conjoint pour le GNL en zone portuaire"

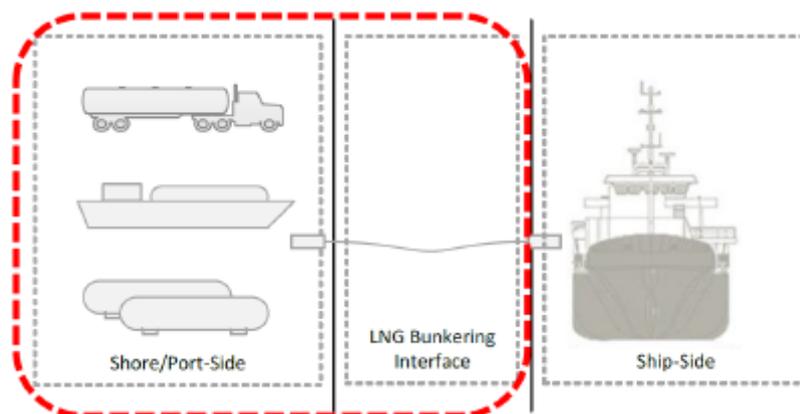
- d'autres services visant à la mise en œuvre d'une infrastructure SSLNG complémentaire/intégrale (pontons, barrages de déchargement, travaux d'accostage des navires à propulsion GNL, infrastructure de récupération du gaz d'évaporation, autres modifications des installations),
- l'expression quantitative de la performance environnementale du système de produit à déterminer, c'est-à-dire le service que le produit offre à son utilisateur,
- les catégories d'impact que vous souhaitez prendre en compte (les questions environnementales qui vous intéressent),
- les exigences en matière de collecte et de téléchargement des données environnementales dans l'inventaire du cycle de vie,
- la nature et le format du rapport qui sera produit à la fin de l'étude du cycle de vie.

Par rapport à l'objectif et à la portée assignés à l'ACV, un "produit" peut avoir une ou plusieurs fonctions, qui représentent les avantages de son utilisation. Dans ce cas, les fonctions du soutage de GNL sont les avantages environnementaux de l'utilisation du GNL par rapport aux combustibles et carburants marins classiques.

En outre, l'unité fonctionnelle, c'est-à-dire l'expression quantitative des performances d'un système de produit à utiliser comme unité de référence, ou dans ce cas la fonction de soutage du GNL, pourrait être exprimée en capacité des réservoirs de stockage (m^3), vitesse de chargement (m^3/h), capacité de chargement des navires propulsés au GNL (m^3), nombre de navires (du même type/débit) alimentés en GNL dans un délai donné (n/jour ou n/heure), pouvoir calorifique du combustible fourni à l'utilisateur final (MJ).

Pour la réalisation du produit T2.4.3, il a également été nécessaire de définir les limites du "système de produits" à analyser dans son ensemble afin d'identifier les processus unitaires à inclure dans le système et donc les flux élémentaires entrant et sortant de ses limites (dans la Figure 34, le champ d'application à l'intérieur de la hachure rouge)..

Figure 61. Champ d'application de ce rapport (dans les hachures rouges)



Source: Guida EMSA 2018

La dernière activité de base de l'ACV concerne la définition des exigences relatives aux données à inventorier, qui doivent être précisées en termes tant quantitatifs que qualitatifs (représentativité par

rapport au phénomène, exactitude, exhaustivité, cohérence, reproductibilité, origine/source, certitude des informations), afin d'atteindre les objectifs et la portée de l'analyse.

11.3.3.2. Phase 2 de l'ACV : Analyse de l'inventaire du cycle de vie (ICV)

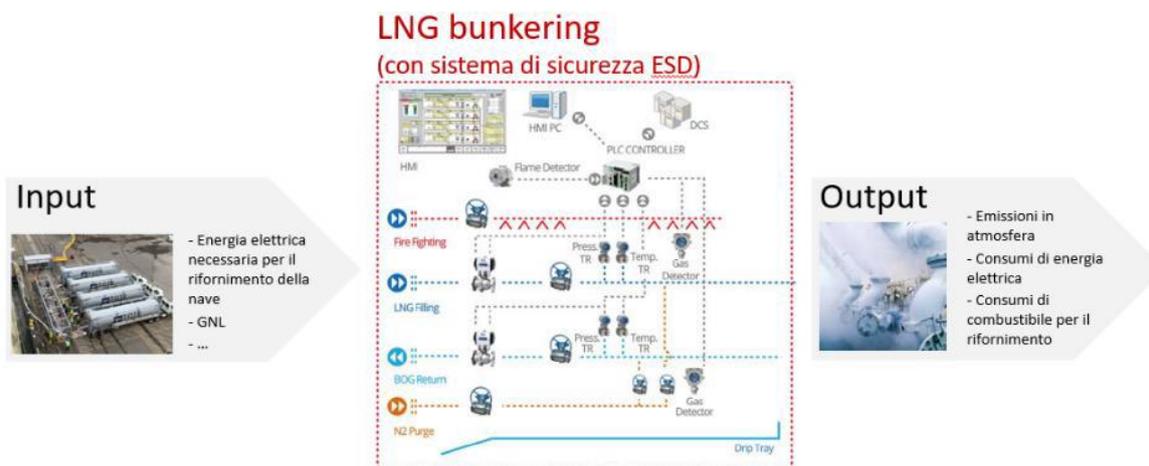
La deuxième phase de la méthodologie examinée comprend les activités de collecte des données et la définition des procédures de calcul des éléments d'entrée et de sortie des processus unitaires du système de produit, c'est-à-dire la création du modèle d'éco-bilan du système étudié (éco-bilan du produit), c'est-à-dire un schéma de comparaison analytique entre les flux d'entrée et de sortie élémentaires relatifs aux processus unitaires dont le système de produit est composé, toujours dans les limites identifiées dans la phase précédemment mentionnée.

En ce qui concerne l'activité de collecte de données et l'analyse du type et de la nature des données, les données pertinentes pour l'ACV peuvent être rattachées à quatre macro-catégories :

- des apports d'énergie, de matières premières, de matières auxiliaires ou d'autres entités physiques ;
- produits, co-produits et déchets ;
- émissions dans l'air, les rejets dans l'eau et le sol ;
- d'autres aspects environnementaux.

En ce qui concerne l'objet du processus unitaire de soutage, le schéma pourrait prendre une configuration du type de celle présentée à la Figure 62..

Figure 62. Exemple de construction d'un LCI - Schéma du processus de soutage unitaire



Source : élaboration de TECNOCREO à partir des images tirées du guide EMSA 2018

Afin d'obtenir des résultats d'inventaire pour chaque processus unitaire et unité fonctionnelle définis du système de produit dont le modèle est construit, il est nécessaire de lancer certaines procédures de calcul. La première consiste à valider les données collectées afin de confirmer et d'apporter la preuve du respect des exigences de qualité des données ; la deuxième consiste à corréler les données aux processus unitaires ; la troisième étape consiste à corréler les données au flux de référence de l'unité fonctionnelle.



Interreg



UNION EUROPÉENNE
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

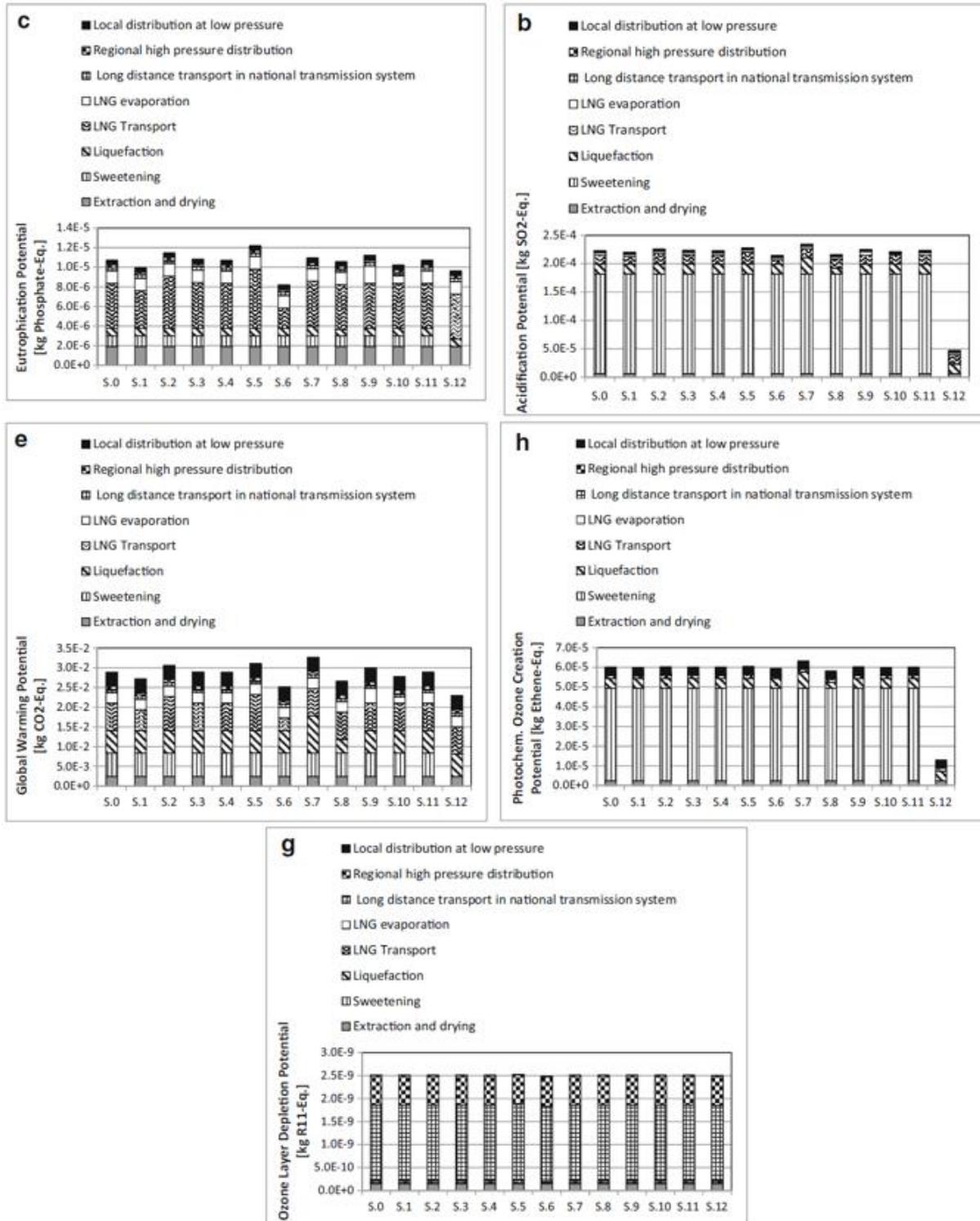


11.3.3.3. Phase 3 de l'ACV : évaluation de l'impact du cycle de vie (LCIA – Life Cycle Impact Assessment)

La troisième étape requise dans le cadre de l'adoption de la méthodologie ACV est de comprendre et d'évaluer l'intensité et l'étendue des impacts potentiels d'un système de produits sur son cycle de vie, en utilisant les résultats de LCI et en fournissant des informations pour la phase d'interprétation de l'ACV du système modélisé. En termes généraux, cela permet d'associer les données d'inventaire à des catégories spécifiques d'impacts environnementaux (questions environnementales d'intérêt) et à des indicateurs de catégorie (représentation quantifiable des catégories d'impact) et d'approfondir la compréhension des impacts émergents.

La In Figure 63 donne un exemple de la manière dont la phase LCIA comprend la collecte des résultats des indicateurs pour les différentes catégories d'impact, qui, prises ensemble, constituent le profil LCIA pour le système de produits. En particulier, dans le cas en question lié au soutage de GNL, ces indicateurs représentent, en termes quantitatifs, la contribution de la chaîne de ce carburant alternatif sur le phénomène de réchauffement climatique.

Figure 63. Évaluation du cycle de vie de la chaîne d'approvisionnement en GNL pour l'utilisateur final (valeurs par unité fonctionnelle égales à 1 MJ de GNL livré à l'utilisateur final).



Source: Tagliaferri C., Clift R., Lettieri P. et al “Liquefied natural gas for the UK: a life cycle assessment”

TDI RETE-GNL

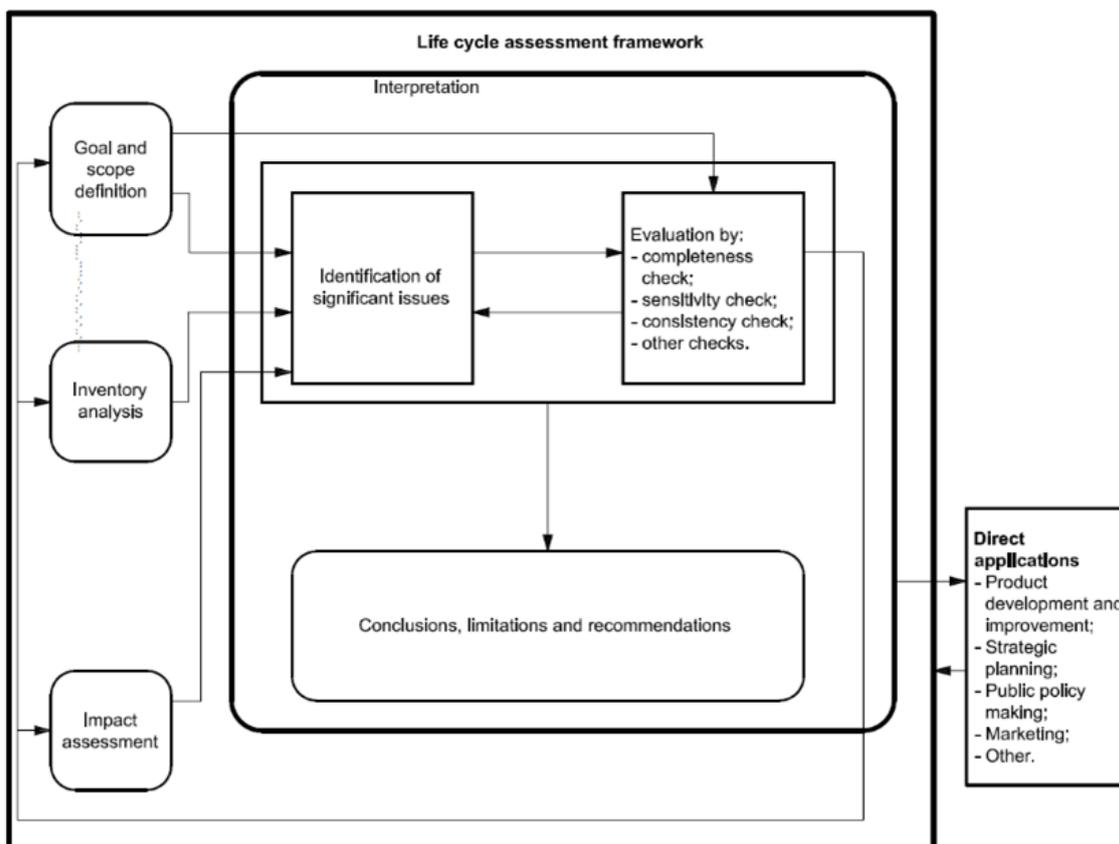
Output T2.1.1 “Étude pour un plan d'action conjoint pour le GNL en zone portuaire”

11.3.3.4. Phase 4 de l'ACV: interprétation du cycle de vie (Life Cycle Interpretation)

La phase d'interprétation du cycle de vie est la phase finale de l'étude ACV, où les résultats de l'analyse de l'inventaire (LCI) et de l'évaluation du cycle de vie (LCIA) sont combinés et étudiés d'une manière cohérente avec l'objectif et le champ d'application définis afin de tirer des conclusions et des recommandations, fournissant ainsi une aide à la décision. La phase d'interprétation ci-dessus implique la rédaction du rapport final et, puisqu'elle exprime les résultats et les conclusions de l'ACV, elle est fonctionnelle à la communication des résultats de l'ACV au public.

La norme ISO 14044 fournit plus de détails sur chacun des éléments inclus dans la phase d'interprétation qui doivent être respectés, en particulier lorsque les résultats sont destinés à être utilisés pour faire des allégations comparatives en vue d'une divulgation publique. En fait, les interrelations de la phase d'interprétation avec les autres phases de l'ACV sont schématisées dans la Figure 64, tirée de la norme ISO 14044 (point 4.5.1.1).

Figure 64. Relation entre les éléments de la phase d'interprétation et les autres phases de l'ACV



Source: ISO 14044:2018 – Point 4.5.1.1

Un rapport efficace doit couvrir les différentes phases de l'étude en question et le type et le format doivent être définis lors de la détermination de la portée de l'étude. Une transparence maximale en termes de choix de valeur, de résultats, de données, de méthodes, d'hypothèses et de limites, d'inférences logiques et de jugements d'experts doit être strictement respectée lors de la rédaction du rapport final. Le rapport doit ensuite communiquer les résultats et les conclusions de l'ACV au public cible sous une



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



forme appropriée, compréhensible, complète et précise, sans parti pris, et avec suffisamment de détails pour permettre au lecteur de prendre connaissance des complexités et des compromis inhérents à l'ACV.

11.4. Éléments d'impact environnemental liés à l'utilisation du GNL

Lorsque l'on examine les éventuels impacts environnementaux liés à l'utilisation du GNL, l'impact du méthane en tant que gaz à effet de serre sur le réchauffement climatique ressort. Cela dépend non seulement de l'efficacité avec laquelle ce gaz peut piéger le rayonnement infrarouge, mais aussi de sa concentration en termes de présence et de persistance dans le temps. En fait, parmi les indicateurs utilisés, nous soulignons le Potentiel de Réchauffement Global (PRG), qui est le rapport entre l'impact causé par un gaz dans une période de temps donnée (20, 50, 100 ans), par rapport à celui causé dans la même période par la même quantité de dioxyde de carbone.

Selon de multiples analyses en ce sens, avec le même apport énergétique, le méthane est responsable de moins d'émissions de dioxyde de carbone que le pétrole (environ 25% de moins) et le charbon (environ 50% de moins), mais, comme pour tous les autres combustibles, il est également nécessaire d'évaluer comment et dans quel pourcentage les pertes de méthane tout au long de la chaîne de production, c'est-à-dire de l'extraction à l'utilisation comme combustible, peuvent contribuer négativement en réduisant les avantages climatiques de ce combustible fossile par rapport aux autres.

En fait, en ce qui concerne les émissions directes dues à des fuites de méthane dans l'atmosphère le long de la chaîne de distribution du GNL, il est nécessaire de distinguer entre le *methane slip*, c'est-à-dire les quantités de méthane non brûlé trouvées dans les gaz d'échappement des moteurs à la suite d'un phénomène de combustion inefficace dans les cylindres, et le *methane leakage*, c'est-à-dire toutes les émissions de méthane dans l'atmosphère dues à des fuites provenant de l'installation (joints, soupapes, tuyaux ou événements). En ce qui concerne le premier effet, le *methane slip* attribué aux moteurs de bateaux a été estimé entre 1,9% et 2,6%, bien que des mesures plus récentes aient vérifié des valeurs plus importantes avec des variations encore plus grandes, 2,3% (1,6% -3,3%) et 4,1% (2,7% -5,8%) pour les moteurs 4 temps LBSI et LPDF respectivement. Toutefois, il convient de souligner que dans les moteurs, il existe sans aucun doute encore la possibilité d'intervenir technologiquement pour réduire de manière significative la valeur absolue de cette émission, à la fois par des systèmes actifs (contrôle du processus de combustion) et des systèmes passifs (introduction de catalyseurs sur les gaz d'échappement). En ce qui concerne le *methane leakage*, ce n'est qu'en limitant drastiquement ces pertes que le bilan des émissions de gaz à effet de serre du GNL peut être considéré comme pleinement avantageux par rapport au fioul lourd ou au diesel dans le transport maritime, et, de ce point de vue, la phase de soutage représente l'une des étapes de la chaîne d'approvisionnement à laquelle il faut prêter davantage attention. En fait, en comparant les phases du cycle de vie du GNL de manière paramétrique avec celles qui caractérisent le cycle de vie du MDO (Marine Fuel Oil), il est confirmé que le GNL, d'après les données initiales optimistes (environ 20% d'émissions de CO₂ en moins par rapport au MDO) produit en fait un avantage beaucoup plus modeste, égal à environ 10%.

11.4.1. Système d'interface entre les ports et les navires

En concentrant l'analyse uniquement sur les aspects relatifs aux activités de soutage du GNL, c'est-à-dire de l'arrivée au port (côté port) jusqu'à la livraison de la bride du navire destinataire (côté navire), il faut définir un ensemble de mesures techniques et opérationnelles qui seront évaluées afin de définir le degré de réduction des pertes de GNL dans des conditions normales d'exploitation. Le produit T2.4.3



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



traite en effet d'un point de vue technologique des systèmes de transfert et des opérations de raccordement, d'une bride à l'autre et des éléments statiques au port (les systèmes de stockage temporaire et mobile avec lesquels le GNL est mis à disposition au port).

Toutes les différentes phases d'une procédure/opération de soutage de GNL sont liées à différents risques potentiels d'émission de méthane, depuis le raccordement des conduites jusqu'à leur déconnexion. Il est donc essentiel de gérer le moment particulier où le rejet ou la perte de méthane est potentiellement le plus probable, en mettant ainsi en œuvre toutes les mesures susceptibles d'atténuer cette menace. Vous trouverez ci-dessous le diagramme synoptique (Tableau 73) qui illustre, pour chaque procédure/phase d'opération de soutage du GNL, les différents risques potentiels de rejet de méthane et les activités/actions connexes à mettre en œuvre pour les limiter.



Tableau 73. Risques potentiels d'émissions de méthane liés au soutage du GNL

Phase de soutage	Objectif de l'activité	Substance présente à la fin	Température présente à la fin	Événement de rejet potentiel	Actions à mettre en œuvre
Raccordement des tuyaux de soutage	Après les vérifications préliminaires, les tuyaux de soutage sont raccordés. Les tubes de transfert principaux et les tubes de retour de vapeur peuvent être pris en compte	Air	Environnement	Aucune émission potentielle de méthane	Les tuyaux d'avitaillement doivent être correctement raccordés. Norme QC / DC à utiliser Inspection des brides avant le raccordement pour vérifier l'absence de saleté, d'humidité ou de condensation
Inertage de la tuyauterie (pour l'élimination de l'oxygène)	Inertisation des lignes de soutage pour déplacer l'oxygène de l'intérieur de la ligne de soutage - évitant la formation d'une atmosphère explosive. Gaz inerte utilisé	Gaz Inerte	Environnement	Aucune émission potentielle de méthane	Vérifiez les connexions pour détecter les fuites. Si vous soupçonnez une fuite, arrêtez l'inertage pour le resserrage / la réparation. Test de pression pour ligne de soutage
Purge et refroidissement à la vapeur de GNL	Également connu sous le nom de "Gassing-up" ou "Gas Filling". Il peut être réalisé avec une ligne de purge ou avec de petits volumes de nouveau GNL. Aide à éviter les chocs thermiques	Gaz Méthane	Environ 160°C en dessous de zéro	Libération potentielle de méthane si les connexions ne sont pas suffisamment resserrées.	Vérifiez les connexions pour détecter les fuites. Si vous soupçonnez une fuite, arrêtez le refroidissement en resserrant / réparant. Test de pression pour la ligne de soutage et d'inertage.
Démarrage du transfert de GNL	Avec des conduites et des réservoirs froids des deux côtés du système de soutage, le transfert à des températures similaires commence.	GNL	LNG	Augmentation potentielle de la pression si le réservoir de réception n'est pas assez froid Libération potentielle de méthane si les connexions ne sont pas assez serrées.	Le transfert de soutage ne commence que lorsque les températures sont contrôlées et convenues pour un transfert stable. Vérifiez soigneusement la pression à la réception
Le remplissage effectué	Lorsque le réservoir du navire de réception est rempli et approche de son niveau maximum, la vitesse doit être réduite et la pression constamment surveillée. Procédure à convenir entre le donneur et le receveur	GNL	LNG	Le dégagement de méthane peut se produire si la vitesse de remplissage n'est pas ajustée / réduite lorsque le remplissage du réservoir est supérieur à 90%. Surremplissage du réservoir entraînant la libération de la soupape de sécurité.	Les deux unités s'accordent sur le niveau du réservoir atteint. Surveillance attentive de la pression et du niveau du réservoir pendant le transfert N'utilisez pas de système d'arrêt d'urgence pour vous arrêter automatiquement en cas de niveau élevé du réservoir.

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Étude pour un plan d'action conjoint pour le GNL en zone portuaire"



Interruption du transfert	Une fois qu'il a été établi qu'il ne reste plus de GNL dans les lignes de soutage, le transfert est interrompu. Le système de verrouillage d'urgence ne doit pas être utilisé pour interrompre le transfert de soutage.	Gaz Méthane	Vapeurs LNG	Libération potentielle de méthane due à la surpression dans la ligne de transfert de soutage (volume piégé). Le risque de rejet est plus élevé si un système d'arrêt d'urgence est utilisé pour arrêter le soutage.	La vanne côté navire doit rester ouverte pour la purge. Contrôle à bâbord nécessaire pour garantir que le réservoir d'alimentation reste à la température et à la pression appropriées.
Drainage des lignes	Vider les conduites de soutage pour permettre l'évacuation de tout le GNL liquide de la conduite de soutage vers le réservoir de réception. Le GNL se vaporise dans les conduites alors que les vannes menant au réservoir de carburant du navire sont laissées ouvertes	Gaz Méthane	Environ 160°C en dessous de zéro	Le GNL liquide dans la conduite de soutage peut se vaporiser dans le réservoir de réception. Si la pression dans le réservoir de réception a été dépassée (en raison d'un excès de vapeur de GNL), la soupape de sécurité peut être libérée	La procédure de déchargement doit être correctement vérifiée. Veiller à ce que la quantité maximale de GNL soit déchargée sous forme liquide, en minimisant la nécessité de la vaporiser. Évitez les tracés non rectilignes pour éviter l'accumulation de GNL.
Inertage (pour la purge du gaz naturel)	Inertez les conduites de soutage du GNL pour éviter l'accumulation d'un mélange gazeux inflammable dans les tuyaux ou les flexibles d'interconnexion. L'azote est généralement utilisé. Activité également connue sous le nom de "Purge"	Gaz Inerte	Environnement	C'est l'opération qui présente le plus fort potentiel de libération de méthane. En déplaçant la vapeur de GNL des conduites de soutage avec de l'azote, il y a un risque d'envoyer des mélanges dans l'atmosphère.	Les navires et les soutes doivent s'entendre sur la manière de manipuler et d'éliminer correctement le mélange d'inertage restant afin d'éviter le dégagement de méthane. Le mélange N2/NG doit de préférence être comprimé dans un réservoir ou brûlé dans un système approprié.
Déconnexion des pipelines	Les conduites de soutage ne sont déconnectées qu'après avoir vérifié et confirmé la présence de moins de 2% de méthane à l'intérieur des lignes d'interconnexion	Air	Environnement	La libération de méthane dans l'atmosphère est possible si la confirmation de la lecture du gaz <2 % de méthane n'a pas été correctement effectuée.	Mesure minutieuse de la concentration de méthane avant de débrancher les tuyaux. Répétez la procédure d'inertage si la concentration est > 2 %.

Source: élaboration de TECNOCREO



Interreg



UNION EUROPÉENNE
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



11.4.2. Installation côté port (Port Side)

Une analyse plus approfondie des différentes configurations technologiques de soutage du GNL montre que l'option STS, par rapport au système TTS, se caractérise par une capacité et une vitesse de transfert du carburant plus importantes ; par conséquent, plus les volumes de GNL stockés à bord sont importants, plus la vitesse de transfert est élevée et, par conséquent, plus la quantité de GNL qui peut théoriquement être libérée dans l'atmosphère en cas d'événements négatifs est importante. D'autre part, dans le cas des réservoirs mobiles de carburant, la clé du succès est représentée non seulement par la modularité des conteneurs normalisés ISO, dont découle la facilité d'installation, mais aussi par leur simplicité de mise en œuvre puisque ces "conteneurs" sont contenus dans un cadre ISO qui permet de les transporter à travers une chaîne logistique bien établie.

Vous trouverez ci-dessous les diagrammes synoptiques qui illustrent, en ce qui concerne les phases les plus critiques du fonctionnement des systèmes de soutage de type Ship To Ship (Tableau 74), Truck To Ship (Tableau 75), Port To Ship (Tableau 76), Mobile Fuel Tank to Ship (Tableau 77), les situations ou scénarios possibles dans lesquels un rejet ou une perte de méthane dans l'atmosphère est possible et les activités/actions connexes à mettre en œuvre afin de les limiter.

Tableau 74. Risques potentiels d'émission de méthane associés au soutage de GNL via le mode STS

Phase envisagée pour le soutage du GNL	Scénario de rejet potentiel	Actions et/ou systèmes de réduction des menaces	Phase considérée dans le soutage de GNL
		à l'usine	Liée à la Gestion
Ravitaillement du navire à partir d'une installation fixe de stockage de GNL	Si le réservoir n'est pas dans les bonnes conditions thermiques (température de BOG <120°C), le remplissage avec du nouveau GNL générera une production supplémentaire de BOG. Le dégagement de GNL peut se produire si le niveau d'intervention des scellés de sécurité est dépassé.	Fournir des moyens techniques pour refroidir en utilisant directement le GNL à bord ou le gaz inerte/azote.	Planifier le chargement du GNL uniquement après la date limite vérifiée. Évitez les temps d'attente lorsque la température des chars est plus élevée.
	Lors d'un ravitaillement en carburant à des volumes plus élevés, si la pression du BOG n'est pas vérifiée, elle peut dépasser la valeur seuil de sécurité. Le GNL peut être rejeté si le niveau d'intervention du sceau de sécurité est dépassé.	Système de contrôle de la pression des réservoirs Système de communication entre les appareils des deux navires.	Remplir le réservoir de GNL par le haut pour permettre au côté vapeur supérieur du réservoir de refroidir.
	Si le réservoir de carburant contient déjà du GNL plus ancien, il existe une possibilité de stratification. Probabilité de "roll-over" avec un pic excessif de génération de BOG.	Suivre les mesures techniques SIGTTO: <i>Guidance for the Prevention of Rollover in LNG Ships</i>	Définition de procédures claires à bord pour les actions correctives une fois que la stratification est détectée. Suivre les mesures techniques SIGTTO: <i>Guidance for the Prevention of Rollover in LNG Ships</i>
	Si le réservoir de carburant est chargé d'un mélange de GNL et d'azote, il y aura une possibilité d'auto-stratification. Probabilité de "roll-over" avec un pic excessif de génération de BOG.		
Ravitaillement du navire à partir du pétrolier	Pendant le soutage de GNL vers le navire de réception, en particulier pour de grands volumes de soutage à des taux de transfert plus élevés, une grande quantité de BOG peut être générée. Le méthane peut être libéré si la pression de retour du GNL est telle qu'elle dépasse la valeur seuil.	Utilisation d'une ou de plusieurs des solutions suivantes : -Réservoir de retenue pour les surpressions -Retour du système de reliquéfaction de la vapeur de GNL -La combustion de l'oxygène dans une unité de combustion (torche, moteur diesel, etc.). -Refroidir la charge de carburant GNL	Convenir d'un plan de remplissage approprié pour éviter la surpression et l'ouverture des systèmes de sécurité. Liste de contrôle spécifique à effectuer à chaque ravitaillement.

	<p>la ligne de soutage de GNL est excessivement longue (par exemple, lorsque les brides de livraison et de réception sont éloignées) une pression de vapeur de GNL excessive peut s'accumuler dans la ligne de soutage. Le dégagement de GNL peut se produire si le niveau d'intervention des scellés de sécurité est dépassé. La pression de vapeur générée dans la conduite de soutage reviendra par la conduite de retour de la vapeur de GNL.</p>	<p>Minimiser la longueur des lignes de soutage de GNL. Utilisez un tuyau correctement isolé. Pour les bras rigides, utilisez si possible des tuyaux d'alimentation isolés et sous vide.</p>	<p>Le collecteur de livraison doit être aussi proche que possible du poste de ravitaillement du navire destinataire. Minimiser le volume piégé.</p>
	<p>Si la procédure de vidange / purge / inertage n'est pas effectuée correctement, une partie du GNL peut rester dans la ligne de soutage. Le dégagement de vapeur de GNL peut se produire si les tuyaux de soutage sont déconnectés alors que le GNL / GN se trouve encore quelque part sur la ligne.</p>	<p>Mesurez le gaz à effectuer avant de débrancher le tuyau. Évitez la formation de tuyaux en forme de U où le GNL pourrait stagner.</p>	<p>Des procédures adéquates pour s'assurer que les opérations de drainage et de purge ont été efficaces. Vérifier l'existence de la calotte glaciaire extérieure (comme indicateur de la présence de GNL à l'intérieur de la ligne).</p>

Source : élaboration de TECNOCREO

Tableau 75. Risques potentiels d'émission de méthane associés au soutage de GNL via le mode TTS

Phase du soutage de GNL	Scénario de rejet potentiel	Actions et/ou systèmes de réduction des menaces	Phase du soutage de GNL
		à l'usine	Liée à la Gestion
Chargement du GNL dans le camion	Pendant le remplissage, sur place. La libération de GNL peut se produire si un système de gestion des stocks approprié n'est pas mis en œuvre.	Possibilité de pulvériser du GNL pour refroidir la vapeur de GNL sur le dessus du réservoir. Le camion GNL doit être équipé d'un économiseur.	Surveiller la pression et la température Système de remplissage supérieur et inférieur.
	Le temps passé dans le réservoir de la remorque du camion GNL est limité. Lorsque le GNL est stationnaire, le BOG est généré et la pression à l'intérieur augmente. Le GNL peut être libéré si le niveau d'intervention des scellés de sécurité est dépassé.	Une isolation adéquate pour augmenter le temps de maintenance. Préférer l'utilisation de camions à double paroi Possibilité de pulvériser du GNL pour refroidir la vapeur de GNL sur le dessus du réservoir.	Planifier et programmer les réapprovisionnements pour éviter les temps d'attente inutiles pendant les activités.
	Si le réservoir n'est pas dans les bonnes conditions thermiques (température de BOG <120°C), le remplissage avec du nouveau GNL générera une production supplémentaire de BOG. Le dégagement de GNL peut se produire si le niveau d'intervention des scellés de sécurité est dépassé.	Fournir des moyens techniques pour refroidir en utilisant directement le GNL à bord ou le gaz inerte/azote.	Planifier le chargement du GNL uniquement après vérification de l'achèvement. Évitez les temps d'attente lorsque la température des chars est plus élevée.
	Le coefficient de remplissage doit être ajusté (au-dessus de 90%,). Un taux de remplissage insuffisant peut entraîner un remplissage excessif du camion de GNL.	Surveillance du niveau des réservoirs de GNL. Moniteur de pression GNL. Mécanisme de contrôle de la vitesse de remplissage approprié à la station de remplissage des camions de GNL	Convenir d'un plan adapté au système de remplissage afin d'éviter les surpressions et les ouvertures des systèmes de sécurité.
Camions GNL Déchargement/ ravitaillement navire	Les camions peuvent utiliser des systèmes d'accumulation de pression pour le transfert vers l'interconnexion et le navire. Si la pression d'accumulation dépasse les seuils de sécurité, elle est relâchée dans l'atmosphère en raison de l'ouverture des joints.	Moniteurs de pression pour le GNL Régulateur de pression du système d'accumulation de pression.	Procédures opérationnelles de gestion précises.



Interreg



UNION EUROPÉENNE
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

TDI RETE-GNL



	<p>Dysfonctionnement du système de stockage côté navire, de sorte que les systèmes de sécurité du navire sont déclenchés par la fermeture de la vanne d'admission.</p> <p>Il peut en résulter une accumulation de gaz dans l'interconnexion et, par conséquent, l'activation de la soupape de sécurité côté camion (contre-pression).</p>	<p>Vérifiez la compatibilité des spécifications des systèmes de navires et de camions. Surveillez la pression pour vous assurer qu'aucun excédent de gaz naturel liquéfié n'est généré dans la citerne du camion-citerne de GNL après que le soutage a été bloqué par le système du navire. Insérez un régulateur de contre-pression spécifique dans le circuit.</p>	<p>Des procédures appropriées doivent être adoptées pour éviter la production excessive de BOG et le rejet de méthane après l'arrêt du soutage.</p>
	<p>Pendant le soutage du GNL, si le réservoir de réception est à une température plus élevée que le réservoir initial, il y aura une production excessive de BOG.</p> <p>Si le camion reçoit de la vapeur de GNL en retour, il en résultera une augmentation de la pression dans le réservoir du camion avec activation éventuelle des soupapes de sécurité.</p>	<p>Système de surveillance pour l'égalisation thermique correcte des deux systèmes de stockage et de l'interconnexion.</p>	<p>Des procédures appropriées doivent être adoptées pour éviter la dérive thermique des systèmes. Des procédures d'étalonnage et de validation appropriées pour les systèmes de surveillance de la température.</p>
	<p>Si la procédure de vidange / purge / inertage n'est pas effectuée correctement, une partie du GNL peut rester dans la ligne de soutage.</p> <p>Le dégagement de vapeur de GNL peut se produire si les tuyaux de soutirage sont déconnectés alors que le GNL / GN se trouve encore quelque part sur la ligne.</p>	<p>Mesurez le gaz à effectuer avant de débrancher le tuyau. Évitez la formation de tuyaux en forme de U où le GNL pourrait stagner.</p>	<p>Des procédures adéquates pour s'assurer que les opérations de drainage et de purge ont été efficaces</p> <p>Vérifier l'existence de la calotte glaciaire extérieure (comme indicateur de la présence de GNL à l'intérieur de la ligne)</p>

Source : élaboration de TECNOCREO

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Étude pour un plan d'action conjoint pour le GNL en zone portuaire"

Tableau 76. Risques potentiels d'émission de méthane associés au soutage de GNL via le mode STS

Phase du soutage de GNL	Scénario de rejet potentiel	Actions et/ou systèmes de réduction des menaces	Phase du soutage de GNL
		à l'usine	Liée à la Gestional
Utilisation des stockages / des dépôts fixes	Si le réservoir de carburant contient déjà du GNL plus ancien, il existe une possibilité de stratification.	Si le réservoir de carburant contient déjà du GNL plus ancien, il existe une possibilité de stratification.	Si le réservoir de carburant contient déjà du GNL plus ancien, il existe une possibilité de stratification.
	Si le réservoir de carburant est chargé d'un mélange de GNL et d'azote, il y aura une possibilité d'auto-stratification. Probabilité de " roll over " avec un pic excessif de génération de BOG.		
	Pour les réservoirs atmosphériques, si la gestion de la vapeur de GNL ne répond pas au taux de liquéfaction (ou de condensation/réfrigération) requis, un excès de BOG sera généré. À la pression atmosphérique, le réservoir n'a pas la capacité de supporter une augmentation de la pression. Le dégagement de vapeur de GNL se produira si la soupape de sécurité est actionnée.	Le réservoir de stockage doit être conçu de manière à obtenir un temps de rétention adéquat (temps entre le chargement et le déchargement). Isolation, reliquéfaction et réfrigération pour une gestion adéquate de la vapeur de GNL.	Une planification adéquate pour éviter de dépasser le temps limite de fonctionnement.
	Pour les réservoirs sous pression, si un excès de BOG s'accumule, cela entraîne une augmentation de la pression du réservoir. (Le BOG peut être causé ici soit par le chargement, le déchargement ou pendant la période de maintenance). Les réservoirs sous pression auront une certaine capacité (limitée) à supporter des pressions de vapeur plus élevées. Le dégagement de vapeur de GNL se produira si la soupape de sécurité est actionnée.	Mesures techniques possibles pour limiter la production de gaz naturel liquéfié dans les réservoirs de GNL sous pression : Isolation (isolation sous vide) Vaporiser par le haut pour refroidir / condenser la vapeur de GNL Réfrigération avec des batteries internes.	Contrôle adéquat des propriétés du GNL à l'intérieur du réservoir. Procédure mise en place pour empêcher la libération de BOG par les soupapes de sécurité. Planification d'une consommation adéquate de GNL pour éviter les longs temps de stationnement.

Source: élaboration de TECNOCREO

Tableau 77. Risques potentiels d'émissions de méthane associés au soutage de GNL du mode "Mobile Fuel Tank to Ship"

Phase du soutage de GNL	Scénario de rejet potentiel	Actions et/ou systèmes de réduction des menaces	Phase du soutage de GNL
		Liées à l'usine	Liée à la Gestion
Chargement du conteneur	Si le réservoir n'est pas dans les bonnes conditions thermiques (température du BOG <120°C), le remplissage avec du GNL neuf générera un volume important de gaz de retour. Le dégagement de GNL peut se produire si le niveau d'intervention des scellés de sécurité est dépassé.	Fournir des moyens techniques pour refroidir en utilisant directement le GNL à bord ou le gaz inerte/azote. Refroidir à l'azote avant les opérations de remplissage.	Planifier le chargement du GNL uniquement après vérification de l'achèvement. Évitez les temps d'attente lorsque la température des réservoirs est plus élevée.
	Pendant le soutage du GNL au navire de réception, en particulier pour les gros volumes de soutage, à des taux de transfert plus élevés, une grande quantité de BOG peut être générée. Le méthane peut être libéré si la pression de retour du GNL est telle qu'elle dépasse la valeur seuil.	Système de surveillance du niveau de pression du réservoir à l'intérieur du conteneur.	Remplir le réservoir de GNL par le haut pour permettre au côté vapeur supérieur du réservoir de refroidir.
Stationnement des conteneurs	Si les réservoirs ISO LNG sont maintenus pleins, en attendant plus longtemps que le temps spécifié, une vapeur de GNL excédentaire sera générée. Le méthane peut être libéré si la pression de retour du GNL est telle que la valeur seuil est dépassée.	Mesures techniques possibles pour limiter la production de gaz naturel liquéfié dans les réservoirs de GNL sous pression : Isolation (isolation sous vide) Vaporiser par le haut pour refroidir / condenser la vapeur de GNL Réfrigération avec des batteries internes.	Contrôle adéquat des propriétés du GNL à l'intérieur du réservoir. Procédure mise en place pour empêcher la libération de BOG par les soupapes de sécurité. Planification d'une consommation adéquate de GNL pour éviter les longs temps de stationnement.
Ravitaillement du navire destinataire à partir de conteneurs	Pendant le soutage du GNL, si le réservoir de réception est à une température plus élevée que le réservoir initial, il y aura une production excessive de BOG. Si le conteneur reçoit de la vapeur de GNL en retour, il en résultera une augmentation de la pression dans le réservoir intérieur avec activation éventuelle des soupapes de sécurité.	Système de surveillance pour la bonne égalisation thermique des deux systèmes de stockage et du système d'interconnexion.	Des procédures appropriées doivent être adoptées pour éviter la dérive thermique des systèmes. Des procédures d'étalonnage et de validation appropriées pour les systèmes de surveillance de la température.
	Si les réservoirs ISO LNG sont maintenus pleins, en attendant plus longtemps que le temps spécifié, une vapeur de GNL excédentaire sera générée. Le méthane peut être libéré si la pression de retour du GNL est telle que la valeur seuil est dépassée.	LNG pressure monitor LNG regulator before pressure build-up unit.	Procédure d'exploitation adéquate pour le transfert de GNL par pressure build-up

	<p>Dysfonctionnement du système de stockage côté navire, de sorte que les systèmes de sécurité du navire sont déclenchés par la fermeture de la vanne d'admission.</p> <p>Il peut en résulter une accumulation de gaz dans l'interconnexion et, par conséquent, l'activation de la soupape de sécurité côté camion (contre-pression).</p>	<p>Vérifiez la compatibilité des spécifications des systèmes de navires et de camions.</p> <p>Surveillez la pression pour vous assurer qu'aucun excédent de gaz naturel liquéfié n'est généré dans la citerne du camion-citerne de GNL après que le soutage a été bloqué par le système du navire.</p> <p>Insérez un régulateur de contre-pression spécifique dans le circuit.</p>	<p>Des procédures appropriées doivent être adoptées pour éviter la production excessive de BOG et le rejet de méthane après l'arrêt du soutage.</p>
--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Source : élaboration de TECNOCREO

11.4.3. BREF - Best Available Techniques Reference

Dans le produit T2.4.3, on trouve également la comparaison entre les techniques mises en œuvre pour le projet et les indications des lignes directrices italiennes et des documents de référence européens sur les meilleures techniques disponibles (MTD/BAT) relatives aux sections d'installations individuelles. Cette comparaison est effectuée en analysant différents BREF et lignes directrices, ainsi qu'en recherchant des informations sur les MTD/ MTD relatives à des sections de plantes individuelles.

Le tableau ci-dessous (Tableau 78) compare les techniques couramment utilisées en matière de stockage de GNL avec le BREF "Emissions provenant du stockage" (IPPC, 2006).

Tableau 78. Comparaison entre les techniques couramment utilisées en matière de stockage du GNL et le BREF "Emission from Storage"

ASPECT	DISPOSITIONS BREF
Équilibrage de la vapeur	Équilibrage de la vapeur pendant les opérations de déchargement
Principes généraux pour la prévention et la réduction des émissions (contrôle et entretien)	Il est MTD d'appliquer un outil pour déterminer les plans de maintenance et pour développer des plans de contrôle des risques
Principes généraux pour la prévention et la réduction des émissions et des rejets dans le sol	En ce qui concerne les sols, l'objectif est d'appliquer des mesures techniques adéquates aux réservoirs présentant un risque potentiel de pollution des sols
Considérations spécifiques sur les réservoirs - réservoirs de réfrigérant	Émissions non significatives des réservoirs de réfrigérant
prévention des accidents et des blessures Sécurité et gestion des risques	Il est MTD d'appliquer un système de gestion de la sécurité
Prévention des accidents et des blessures Procédures opérationnelles et formation	Il est de la MTD de mettre en œuvre et de suivre des mesures organisationnelles adéquates pour permettre la formation du personnel
Prévention des accidents et des blessures Procédures d'exploitation et instruments pour éviter le « surremplissage »	Il est de la MTD de mettre en œuvre et de maintenir des procédures opérationnelles pour éviter les « débordements »
Prévention des accidents et des blessures Instrumentation et automatisation pour détecter les fuites	Il est MTD d'appliquer un système de détection des fuites dans les réservoirs de stockage contenant des liquides susceptibles de polluer le sol
Considérations sur les techniques de transfert et de manutention Piping	Il est MTD de fournir une tuyauterie hors sol dans les nouvelles constructions.

Source : IPPC, 2006

11.5. Lignes directrices pour l'application de la méthode lca au soutage de GNL

En partant des considérations ci-dessus concernant l'utilisation d'une approche ACV du GNL pour le transport maritime, en mettant l'accent sur le système de soutage, l'objectif et le champ d'action ont été définis dans le produit P T2.4.3 et l'ACV obtenue a ensuite été interprétée. En ce qui concerne le système de produits, la chaîne d'approvisionnement côtière du GNL comprend toutes les infrastructures logistiques du GNL, c'est-à-dire le regazéifieur, le navire méthanier, le dépôt côtier, le pétrolier. Par conséquent, le champ d'application de l'étude de cas couvre le système de produit et ses processus unitaires, les fonctions du système, les limites du système, les catégories d'impact sélectionnées et la méthodologie d'évaluation d'impact proposée, à travers une série de matrices et d'indicateurs de performance.

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Étude pour un plan d'action conjoint pour le GNL en zone portuaire"

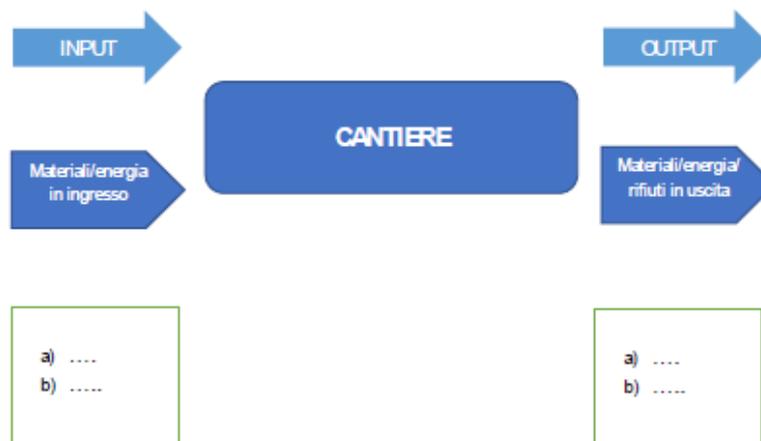
11.5.1. *Éléments pour l'analyse de l'inventaire (LCI) et l'évaluation de l'impact du cycle de vie (LCIA)*

11.5.1.1. *Construction d'infrastructures de stockage et de services auxiliaires*

En ce qui concerne la construction d'une installation de stockage local destinée à recevoir le GNL des méthaniers et à le distribuer ensuite par soutage de navires propulsés au GNL, les activités de construction des infrastructures de service, des zones logistiques et du réseau de routes de chantier sont modélisées. En ce qui concerne l'infrastructure de service, le dépôt côtier est divisé en trois zones fonctionnelles (zone de l'usine, zone des torches, zone des réservoirs d'incendie/de réutilisation) divisées en zones. En ce qui concerne, d'autre part, les zones logistiques et le réseau routier des chantiers de construction, il convient de distinguer au sein du chantier les zones logistiques destinées à abriter les préparatifs du chantier et les éventuels systèmes de production d'électricité et à garantir le stockage des matériaux nécessaires à la construction.

Ensuite, sur la base des activités décrites ci-dessus, on procède à une estimation des flux de matériaux et d'énergie entrant et sortant du site de construction, qui peuvent être représentés par des schémas de flux comme, par exemple, celui présenté ci-dessous. (Figure 65).

Figure 65. Flux d'entrée et de sortie sur le site.



Source : élaboration de TECNOCREO

En outre, le produit T2.4.3 vise à fournir une sorte de matrice d'évaluation capable d'identifier les éventuels impacts environnementaux découlant de la phase de construction et de proposer, pour chacun d'eux, des KPI à utiliser pour leur quantification.

Vous trouverez ci-dessous la matrice d'évaluation (proposée dans le produit T2.4.3) qui identifie les éventuels impacts environnementaux découlant de la phase de construction et, pour chacun d'eux, les indicateurs KPI à utiliser pour leur quantification (Tabella 79).

Tabella 79. Matrice di valutazione

LES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX	DESCRIPTION/PROBLEMATIQUES	INDICATEURS KPI
Émissions dans l'atmosphère	<p>Pendant la construction de l'ouvrage, les émissions dans l'atmosphère sont principalement imputables à</p> <ul style="list-style-type: none"> a) la production de poussière due aux mouvements de terrain b) les émissions de polluants gazeux dans l'atmosphère provenant des moteurs des véhicules utilisés pour les activités de construction, c) les émissions de poussières dans l'atmosphère provenant des travaux de terrassement, de la circulation des véhicules et de la construction, d) les émissions dans l'atmosphère liées au trafic <p>La circulation des véhicules terrestres entrant et sortant de la zone du site pendant la construction de l'installation est essentiellement attribuable à :</p> <ul style="list-style-type: none"> - transport de matériel de carrière; - le transport pour la mise en décharge des déchets; - transport de matériaux de construction; - mouvement des ouvriers du bâtiment. 	<p>1) Pour chaque type de véhicule de chantier</p> <ul style="list-style-type: none"> - n. véhicules mois ou jour - Puissance (kW) - NOx [kg/h] - PTS [kg/h] <p>2) Volumes e terre mouvementé (m³)/an</p> <p>3) Quantité de particules fines (PM10) soulevées dans l'atmosphère pendant les activités de chantier:</p> <p>En ce qui concerne l'estimation de la quantité de particules fines (PM10) soulevées dans l'atmosphère lors des activités de chantier, on peut se référer à la méthodologie “<i>AP 42 Fifth Edition, Volume I, Chapter 13.2.2; Miscellaneous Sources – Aggregate Handling And Storage Piles</i>”.</p> <p>En particulier, en référence à la plus grande contribution aux émissions de poussières résultant de la manipulation des matériaux des terrils, l'équation empirique proposée dans la section “<i>Material handling factor</i>”, est utilisée, qui permet de définir les facteurs d'émission par tonne de matériaux excavés enlevés :</p> $E = k \cdot (0.0016) \cdot \left(\frac{U}{2.2}\right)^{1.3} \cdot \left(\frac{M}{2}\right)^{1.4}$ <p>Où :</p> <p>E = facteur d'émission de PM10 (kg de poussière/tonne de matière enlevée), U = vitesse du vent (supposée être de 3 m/s ; M = teneur en humidité du sol en tas (supposée, très prudemment, égale à 4 % ;</p>

		<p>k = facteur multiplicateur pour les différentes valeurs de taille des particules ; pour les PM10 (diamètre inférieur à 10 µm), on adopte 0,35.</p> <p>Cette formule permet d'estimer la contribution des activités de loin les plus lourdes pour la dispersion des particules liées à l charge de terre/inerte sur les véhicules lourds ; charge de terre/inerte et stockage en tas ; dispersion de la partie fine par l'action du vent à partir des tas.</p> <p>4) Émissions du trafic terrestre induites au stade du chantier naval Les émissions dues au trafic terrestre peuvent être estimées à partir des facteurs d'émission de l'EMEP/EEA : par type de véhicule: NO_x [g/km] SO₂ [g/km] PM10 [g/km]</p> <p>5) Estimation des émissions des véhicules de construction Émissions horaires générées par les véhicules de construction terrestres individuels compte tenu de l'état le plus grave, c'est-à-dire la contemporanéité du plus grand nombre de véhicules: NO_x [kg/h] SO_x [kg/h] PTS [kg/h]</p> <p>6) Estimation des poudres générées par la manutention au sol : Estimation des émissions quotidiennes du trafic routier induites par la phase de construction des travaux NO_x [kg/jour] SO₂ [kg/jour] PM10 [kg/jour]</p>
Prélèvements d'eau	<p>Les prélèvements d'eau sur le site de construction sont principalement dus à :</p> <ul style="list-style-type: none"> a) l'humidification des zones de chantier pour limiter les émissions de poussières provenant des activités de terrassement ; b) les utilisations civiles liées à la présence de personnel de construction. c) Une part supplémentaire de prélèvement d'eau est prévue pendant la phase de mise en service, liée à l'essai hydraulique du réservoir et des conduites. 	<p>Consommation d'eau: m³/an</p>
Rejets d'eau	<p>Les rejets d'eau pendant la phase de construction peuvent être connectés à :</p> <ul style="list-style-type: none"> a) les eaux de ruissellement qui érodent des chantiers de construction. Ces eau seront collectées/envoyées vers un réservoir destiné (pendant le fonctionnement) à la gestion et à l'élimination des eaux de première et de deuxième pluie. Le rejet de l'eau en aval du traitement dans la cuve peut être acheminé vers un récepteur (rejet qui doit être spécifiquement autorisé par l'organisme compétent) ; 	<p>Paramètres visés à l'annexe 5, P. Terza, décret législatif n° 152 du 03.04.06 (Rejets dans les eaux de surface, Rejets dans les égouts, Rejets dans le sol)</p>

	<p>b) les eaux provenant des fouilles seront collectées et ensuite traitées au moyen d'une station d'épuration spécialisée et, de là, envoyées au réseau public d'égouts au moyen d'une canalisation (temporaire) spécialisée ;</p> <p>c) le rejet de l'eau nécessaire aux activités de mise en service des gazoducs de l'installation et des réservoirs de GNL. Ces eaux sont rejetées à la mer après un filtrage, un traitement et un contrôle de qualité appropriés de l'eau d'essai. Une autre possibilité consiste à envisager, pendant la phase d'ingénierie détaillée de l'essai, les traitements appropriés pour l'élimination : dans ce cas, l'eau d'essai ne doit plus être considérée comme un rejet mais comme un déchet ;</p> <p>d) la production de déchets d'origine civile liée à la présence de la main-d'œuvre impliquée dans les activités du chantier.</p> <p>Environnement des eaux de surface et des eaux marines Les interactions, pendant la phase de construction, entre le projet et la composante peuvent être résumées comme suit :</p> <p>a) le rejet d'effluents liquides, b) la modification du drainage superficiel de la zone concernée par les travaux, c) l'occupation/la restriction de l'utilisation des miroirs d'eau, d) les éventuels déversements/éclaboussures accidentels des moyens utilisés pour la construction</p>	
Émissions sonores	<p>Lors des activités de chantier, la génération d'émissions sonores est attribuable au fonctionnement des machines utilisées pour les différentes activités de chantier et pour le transport des matériaux. La définition du bruit émis pendant les travaux de construction n'est pas facilement quantifiable car elle est conditionnée par un certain nombre de variables, notamment :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ intermittence et caractère temporaire des travaux ; ▪ utilisation de véhicules mobiles avec un parcours difficile à définir <p>D'autres émissions sonores pendant la phase de construction seront générées par le trafic de véhicules destinés au transport de matériaux et de personnel.</p> <p>Les interactions entre le projet et le composant peuvent être résumées comme suit :</p> <p>a) les émissions sonores des véhicules et des machines, b) émission de vibrations par les véhicules et les machines, c) émissions sonores du trafic terrestre induit.</p>	<p>1) Basé sur la classe acoustique municipale Limites acoustiques [dB (A)] Distance minimale des travaux du projet [m] Émission (jour-nuit) [dB (A)] Entrée (jour - nuit) [dB (A)]</p> <p>2) Pour chaque type de véhicule : puissance sonore [dB(A)] nombre de moyens</p> <p>3) LW = niveau de puissance sonore total des sources [dB].</p> <p>4) Bruit des véhicules (dBA)</p>

<p>Utilisation des Matières Premières et des Ressources Naturelles</p>	<p>a) Occupation des zones du site b) Matériaux de construction (par exemple, le béton) c) Carburants d) Électricité e) Main-d'œuvre : présence des employés pendant la construction du dépôt. Cette présence aura lieu pendant la phase de construction des réservoirs et des principaux équipements de l'usine. f) Manipulation de la terre et de la roche excavées. Pendant la phase de construction, le mouvement de la terre et de la roche est prévu par exemple pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ le nivellement du sol ; ▪ la construction des fondations des équipements principaux (systèmes sur poteaux) et des bâtiments (solution sur base de béton armé) ; ▪ la pose des canalisations pour l'approvisionnement en eau de lutte contre l'incendie et le réseau d'évacuation des eaux de première et deuxième pluie ; ▪ l'adaptation du réservoir de traitement de l'eau. 	<p>Les principales consommations de ressources sont liées à :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) béton, principalement pour la construction des fondations des réservoirs (GNL et eau d'extinction) et des autres bâtiments / équipements présents (poids); 2) menuiserie métallique, tuyaux, équipements et systèmes électro-instrumentaux (poids); 3) matériaux d'isolation et produits de peinture (poids); 4) volumes de terre déplacés en termes d'excavations, remblais et remblais, pendant la construction (m³) 5) Électricité (KWh) 6) Eau (m³) 7) Occupation du sol (superficie du site en m³)
<p>Production de déchets</p>	<p>Les principaux types de déchets produits pendant la phase de construction sont :</p> <ol style="list-style-type: none"> a) déchets liquides à usage civil b) papier et bois provenant de l'emballage des équipements, etc.); c) résidus de plastique; d) les terres excavées et les roches ne pouvant être réutilisées sur le site, dont les volumes à envoyer pour stockage ne seront quantifiés qu'après vérification des caractéristiques géotechniques et environnementales nécessaires pour permettre leur réutilisation. e) le ciment et le béton résultant de l'élimination des bâtiments existants ; f) matériaux ferreux frais; g) matériaux isolants; h) huiles. <p>Les déchets non réutilisables seront éliminés dans des décharges autorisées après l'attribution du C.E.R. et en totale conformité avec la réglementation en vigueur sur les déchets.</p> <p>Les déchets générés seront toujours éliminés conformément à la législation en vigueur. En particulier, lorsque cela est possible, une collecte séparée sera effectuée afin de récupérer les fractions réutilisables. Tout stockage extérieur temporaire de déchets</p>	<p>Par code ERC :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) tonnes/an de déchets totaux produits 2) tonnes/an de déchets destinés à être valorisés 3) tonnes/an de déchets destinés à être éliminés

	spéciaux non dangereux sera pourvu de bassins de confinement étanches. Les déchets spéciaux, liquides et solides, attendus en très petites quantités, produits au cours de l'exploitation ou au cours d'activités d'entretien ordinaire et extraordinaire, seront gérés conformément à la législation en vigueur sur les déchets, et transportés et éliminés par des entreprises spécialisées.	
Circulation des véhicules	<p>La circulation des véhicules terrestres entrant et sortant de la zone du site pendant la construction de l'usine est essentiellement attribuable à :</p> <ul style="list-style-type: none"> a) le transport de matériel de carrière ; b) le transport pour la mise en décharge des déchets (matériaux de démolition, déchets civils et terrains non réutilisés sur le site). c) le transport de matériaux de construction ; d) la prise en charge des travailleurs de la construction.. <p>Le réseau routier et les accès à la zone principale du site de construction sont assurés par des routes existantes qui sont en mesure de répondre aux besoins du site de construction en raison de leur proximité avec les principales voies de circulation de la région.</p> <p>Il y aura également quelques transits de camions pour des transports exceptionnels pour l'approvisionnement de certains types de matériaux de construction : le nombre de ces transits sera négligeable par rapport au trafic total sur le site.</p>	Voir la section sur les émissions atmosphériques
Contamination du sol et du sous-sol	<p>Les interactions entre le projet et la composante sol et sous-sol peuvent être résumées comme suit :</p> <ul style="list-style-type: none"> a) l'utilisation des matières premières et la gestion des terres et des roches excavées, b) les interactions avec les flux d'eaux souterraines pour les excavations/fondations, c) la production de déchets, d) l'occupation/restriction de l'utilisation des sols, e) la contamination potentielle du sol par pincement/épandage à partir d'équipements de construction 	<p>Pour les indicateurs, voir les sections correspondantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - matière première - les retraits et les vidanges - déchets

Source: élaboration de TECNOCREO

11.5.1.2. *Exploitation de l'infrastructure de stockage du GNL*

De même que pour la phase de chantier, sur la base des activités liées à l'exploitation d'une installation de GNL, c'est-à-dire la réception de GNL provenant de méthaniers ("navire transporteur") et le déchargement de GNL dans des réservoirs de stockage (afin de le rendre utilisable soit comme combustible à des fins industrielles, terrestres et marines, soit pour le distribuer dans les réseaux de gazoducs existants dans les environs), on procède à une estimation des flux de matières et d'énergie entrant et sortant de la phase d'exploitation de l'installation, qui peut être représentée par des schémas de flux.

Comme pour la phase de chantier naval, une matrice d'évaluation est préparée ainsi que l'identification et la quantification des impacts potentiellement liés au travail du projet, en référence à la phase d'exploitation.

11.5.1.3. *Opérations de soudage de GNL*

Comme dans les phases précédentes, sur la base des activités de soudage du GNL et en laissant de côté la technologie spécifique utilisée (STS, TTS, PTS et Mobile Fuel Tank), un schéma des flux d'entrée et de sortie des processus et des matériaux et de l'énergie a été construit.

En outre, pour chaque option technologique de soudage du GNL, le produit en question fournit diverses indications utiles pour l'exécution pratique des étapes opérationnelles d'attribution des flux au processus de soudage élémentaire et la définition des classes de problèmes environnementaux et des indicateurs de performance.

11.5.1.4. *Decommissioning*

En ce qui concerne le processus final de mise hors service des installations de soudage du GNL, une estimation des flux de matières et d'énergie d'entrée et de sortie représentés par les schémas de flux a également été réalisée. En ce qui concerne cette dernière phase, le produit T2.4.3 met en évidence comment, avant toute opération de fin de vie, également pour le démantèlement et l'enlèvement des infrastructures de soudage du GNL, toutes les procédures de récupération et de certification sans gaz doivent être effectuées, conformément à la législation en vigueur sur les espaces confinés. Le tableau ci-dessous (Tableau 80) identifie les impacts environnementaux possibles, la description relative et les KPI proposés.

Tableau 80. Les impacts environnementaux liés au processus de démantèlement final des ouvrages de soudage du GNL.

IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX	DESCRIPTION / PROBLEMATIQUES	INDICATEURS KPI
Émissions de poussières	Élimination des produits chimiques, des huiles de graissage, des carburants et des substances spécifiques contenus dans les équipements, les tuyaux et les réservoirs du système ;	Veuillez-vous référer aux indicateurs proposés ci-dessus pour les phases de chantier, de stockage et de soudage.
Production des substances chimiques	Démantèlement des composants mécaniques des systèmes récupérés.	
Production de déchets	Assainissement des équipements, des tuyauteries et des réservoirs de stockage afin d'éliminer tout résidu des substances contenues.	
La circulation des véhicules	Démantèlement des composants électriques. Suppression de l'isolation.	



<p>Contamination du sol et du sous-sol</p> <p>Drains d'eau</p> <p>Impact acoustique</p>	<p>Démolition de bâtiments et de structures.</p> <p>Le D.Lgs. 152/2006 dans le All.V à la partie V réglemente les émissions de poussières dans l'atmosphère ; pour les "émissions de poussières provenant des activités de production (...) de matériaux poussiéreux" l'Art.1.1 rappelle que si de la poussière est produite, des systèmes de réduction appropriés doivent être prévus.</p> <p>Pour les machines, l'encapsulation ou la prédisposition d'un système de réduction approprié doit être prévue.</p> <p>Les types de déchets générés par les différentes opérations seront identifiés à l'avance, les quantités estimées et les méthodes de gestion et la destination finale seront définies. En outre, afin de minimiser le recours à la mise en décharge, les matériaux résultant du démantèlement de la centrale peuvent être partiellement réutilisés et les terres non dangereuses peuvent être réutilisées pour la mise en décharge.</p> <p>Toutes les opérations de démolition seront menées en utilisant des méthodes d'organisation, d'exploitation et de gestion qui garantissent que tous les impacts connexes sont minimisés.</p> <p>L'exploitation de l'usine implique principalement la production de déchets liés aux opérations de démolition et la transformation ultérieure de ces déchets en MPS pour être réutilisés in situ après tri, broyage et essais analytiques appropriés.</p> <p>Deuxièmement, la production de déchets doit être attribuée aux activités fonctionnelles aux opérations de concassage et de post-concassage impliquant le tri des matières étrangères impropres au broyage des pièces ferreuses, du bois et du plastique.</p> <p>En plus de ces déchets, des déchets provenant du fraisage de l'asphalte sur les routes de la région seront également produits. Tous les déchets seront livrés à des entreprises autorisées conformément à la législation en vigueur.</p> <p>Un opérateur formé comme responsable des urgences environnementales doit toujours être présent sur le site de construction et tous les DPI visant à minimiser les impacts possibles sur l'environnement des déversements accidentels seront présents. Des procédures d'urgence spécifiques seront toujours présentes. En tout état de cause, l'entretien régulier des machines d'exploitation est garanti.</p> <p>Le bruit produit par les activités de broyage quitte la zone du site et peut causer une gêne à la population voisine.</p> <p>Limité à la durée du chantier et aux heures de jour uniquement, comme le prévoit l'exemption de bruit pour les activités et les chantiers temporaires.</p> <p>L'impact est limité à la durée du chantier et aux zones concernées.</p> <p>Dans tous les cas, le bruit produit sera géré conformément à la réglementation en vigueur en matière de pollution sonore.</p> <p>Le choix éventuel d'utiliser une installation mobile pour la récupération des agrégats pourrait être fonctionnel pour réduire la circulation des véhicules lourds à destination et en provenance de la zone du site, avec les inconvénients qui en résultent pour la</p>	
-----------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

TDI RETE-GNL

	population, notamment en termes d'acoustique environnementale.	
--	-------------------------------------------------------------------	--

Source: élaboration de TECNOCREO

11.6. Spécificités géographiques dans l'application de LCA

En plus de tous les éléments codifiés par la réglementation technique, il y a des aspects dans la mise en œuvre d'une ACV dans un projet de soutage qui dépendent de la localisation du site sur lequel l'intervention doit être effectuée. En ce qui concerne le projet auquel ce produit se réfère, c'est-à-dire les ports de l'espace maritime transfrontalier IT-FR en Méditerranée du Nord qui adhèrent au projet Interreg IT-FR "TDI RETE-GNL", trois caractéristiques et traits communs se dégagent qui sont présents dans presque toutes les zones portuaires qui sont le résultat de la commande.

- de l'itinéraire historique et donc la consolidation de certains usages,
- a protection des caractéristiques naturelles spécifiques,
- le conditionnement donné au développement urbain par la morphologie du territoire.

Le premier thème est certainement bien représenté dans le concept de patrimoine culturel et artistique. En effet, la Convention sur la protection du patrimoine mondial culturel et naturel, adoptée par l'UNESCO en 1972, prévoit que les biens candidats peuvent être inscrits sur la liste du patrimoine mondial en tant que patrimoine culturel ou naturel. Alors que le patrimoine culturel comprend trois types de biens, c'est-à-dire les monuments, les agglomérations et les sites, le patrimoine naturel comprend les monuments naturels, les formations géologiques et physiographiques et les sites/zones naturels. Parmi les 55 sites italiens reconnus au total, il faut considérer, pour les besoins de ce produit, Portovenere, Cinque Terre e Isole (Palmaria, Tino et Tinetto) site UNESCO depuis 1997 ; Gênes, la Strade Nuove et le Sistema dei Palazzi dei Rolli site UNESCO depuis 2006 ; la réserve naturelle de Scandola site UNESCO depuis 1983.

Le second facteur concerne la valeur de certains éléments de biodiversité et de naturalité présents dans la zone géographique du projet de recherche. Parmi les zones protégées qui insistent sur la portée de l'étude, on trouve :

- Sanctuaire pour les mammifères marins, une zone marine protégée internationale créée en vertu d'un accord international entre la France, l'Italie et la Principauté de Monaco, la Zone naturelle marine protégée Capo Carbonara ;
- En Sardaigne, la zone marine protégée Penisola del Sinis - Isola Mal di Ventre, la zone naturelle marine protégée Tavolara - Punta Coda Cavallo, la zone naturelle marine protégée Capo Caccia - Isola Piana, la zone marine protégée Isola dell'Asinara ;
- En Ligurie, la zone marine protégée des Cinque Terre, la zone naturelle marine protégée de Portofino, la zone marine protégée de l'Isola di Bergeggi ;
- En Corse, la zone marine de Scandola.

Le troisième facteur, la conformation du tissu urbanisé, permet de lier l'ensemble de la zone cible et de différencier les zones environnantes. Chaque réalité portuaire présente à toutes fins utiles des situations singulières, avec des contraintes opérationnelles différentes et une proximité des zones anthropisées qui conduit à devoir évaluer les impacts puis à faire une ACV à la lumière de certains éléments, à savoir la proximité des activités commerciales et des textiles résidentiels, sans parler des petits espaces disponibles.

11.7. Domaines d'application de la LCA

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale"



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

TDI RETE-GNL



L'ACV est donc l'une des différentes techniques de gestion environnementale disponibles, dont les résultats peuvent offrir des informations utiles à exploiter dans le cadre d'un processus décisionnel beaucoup plus complet, c'est-à-dire que, d'un point de vue opérationnel, elle comprend tout ce qui doit être pris en compte dès les premières étapes de la définition de l'objectif et du champ d'application. Au cas où les normes de référence ISO ne permettraient pas de couvrir la multiplicité des utilisations prévues par les résultats de l'ACV ou de l'ICV, elles identifieront néanmoins les applications possibles de la technique en question, dans le domaine des systèmes et outils codifiés de gestion environnementale, ainsi que de la législation et des instruments volontaires où l'approche du cycle de vie, ses principes et le cadre peuvent être avantageusement appliqués. Parmi ceux-ci figurent, pour les besoins du présent rapport :

- Systèmes de gestion de l'environnement et évaluation des performances environnementales (normes de la série ISO 14001)
- Étiquettes et déclarations environnementales des produits (ISO 14020, 14021, 14024, 14025)
- Le label écologique de l'Union européenne "Ecolabel" (règlement (CE) n° 66/2010)
- Communication d'informations sur l'empreinte environnementale (ISO 14026:2018)
- Intégration des aspects environnementaux dans la conception et le développement des produits (UNI ISO/TR 14062:2007)
- Communication environnementale (ISO 14063:2010)
- Conception, développement, gestion, déclaration et vérification de l'inventaire des gaz à effet de serre (GES) en vue de leur suppression (ISO 14064:2019)
- Évaluation des incidences sur l'environnement (EIE)
- Comptabilité de la gestion environnementale
- L'évaluation des politiques de durabilité (modèles de recyclage, etc.).
- L'analyse des flux de substances et de matériaux
- Évaluation des risques et des dangers des agents chimiques
- Analyse et gestion des risques des installations et des usines
- Gestion des produits et de la chaîne d'approvisionnement
- Coûts du cycle de vie (LCC)

En revanche, si l'adaptation spécifique de la norme au niveau opérationnel est laissée à l'utilisateur, il est en tout cas nécessaire de suivre la séquence des étapes selon les lignes directrices et les exigences des normes de la série ISO 14040.

En ce qui concerne le contexte du soutage et du stockage de GNL dans l'environnement portuaire maritime, de type SSLNG, l'utilisation de l'approche ACV dans les activités et les processus décisionnels liés à la construction ou à la gestion d'installations de ce type, pourrait être un outil utile pour augmenter le niveau de sécurité et de fiabilité de l'approche méthodologique adoptée lors de l'évaluation et, de cette façon, pourrait faciliter l'acceptation sociale de ce type d'infrastructure énergétique. Comme ces technologies sont très normalisées et bien connues des professionnels, mais peu connues de la communauté et d'une grande partie de la population locale et des groupes d'acteurs liés à la société civile, les processus décisionnels qui sous-tendent le choix localisé des installations de soutirage et de stockage de GNL peuvent susciter la méfiance et, par conséquent, la désapprobation : Une plus grande divulgation des propriétés des cycles de traitement du GNL et l'adoption de méthodologies d'ACV en référence à tous les processus décisionnels qui sous-tendent la construction et la gestion de ce type d'infrastructure pourraient donc réduire la perception du risque qui leur

est associé, favorisant ainsi leur diffusion dans les ports de la zone cible. Par conséquent, le produit T2.4.3 semble profiter à tous les groupes de parties prenantes prévus dans le formulaire de projet.



12. FICHE RÉCAPITULATIVE PRODUIT T2.4.4 " BONNES PRATIQUES DE RÉDUCTION DES RISQUES ET IMPACTS DU GNL"

12.1. Objectif du produit T2.4.4

Le produit T2.4.4 "Meilleures pratiques pour la réduction des risques et des impacts du GNL" fait partie de l'activité T2.4 qui est consacrée à l'identification des lignes directrices pour l'évaluation des externalités et de l'impact environnemental. En particulier, le produit vise à développer un cadre unitaire de connaissances et de compétences fonctionnelles pour soutenir les différentes entités publiques et privées impliquées dans la chaîne d'approvisionnement à petite échelle en GNL dans l'environnement portuaire maritime en ce qui concerne les activités et les procédures relatives à l'évaluation de l'impact environnemental résultant des différents types de configurations de soutage. Le produit examine notamment les bonnes pratiques liées au contexte des ports cibles en ce qui concerne l'évaluation des risques éventuels liés au GNL, l'évaluation des externalités positives/négatives potentielles des investissements prévus dans le cadre d'un plan d'action commun pour le déploiement des installations d'approvisionnement et de stockage de GNL dans les ports inclus dans le projet et fournit un premier document pour soutenir les processus décisionnels impliquant les différents acteurs concernés de la chaîne d'approvisionnement, c'est-à-dire les groupes cibles envisagés dans le formulaire.

12.2. Risques et dangers générés par les installations de GNL

12.2.1. Dangers liés aux caractéristiques du GNL

Le GNL est un gaz naturel composé principalement de méthane amené à l'état liquide en abaissant la température à -160°C afin de réduire l'espace nécessaire à son stockage. Plus précisément, lorsque du méthane est libéré dans l'environnement, il se forme des vapeurs froides qui provoquent la condensation de la vapeur d'eau dans l'air, initialement plus lourde que l'air lui-même ; ces vapeurs se mélangent donc à l'environnement, devenant plus légères que l'air dans des conditions atmosphériques normales de pression et de température. Les principales propriétés du gaz naturel liquéfié, dont découlent les risques brièvement examinés dans le produit T2.4.2, sont indiquées dans le Tabella 81.

Tabella 81. Proprietà del GNL

Propriété	Valeur
Conditions physiques	Liquide cryogénique
Température d'ébullition	- 161 °C (de -166 a -157 °C) à 1 bar
Densité	448 kg/m ³ à -160°C, 1 bar (de 420 à 470 kg/m ³) (de 0,54 à 0,66 kg/m ³ à 0°C gas)
Point d'inflammabilité	Environ - 175°C
Température d'auto-inflammation	410 °C
Limites d'inflammabilité dans l'air	En bas : 5%. Supérieur : 15 %.

Source : OTC Produit T2.4.4 Bonnes pratiques pour réduire les risques et les impacts du GNL

L'un des principaux risques associés à l'utilisation du carburant de substitution dans cette étude concerne l'inflammabilité de la vapeur de GNL dans des limites spécifiques dans l'air (5-15 %). En effet, en cas de



libération accidentelle de gaz naturel liquéfié, un nuage de gaz inflammable pourrait se former qui, au contact de l'air, formerait des mélanges explosifs. En particulier, la formation du nuage suit les phases suivante s:

- Fuite de GNL et vaporisation partielle avant le contact avec le sol ;
- Formation et vaporisation d'une nappe liquide au contact du sol ;
- Formation d'un nuage dense et inflammable de vapeurs de GNL par mélange avec l'air ambiant.

En considérant plutôt la configuration comme un liquide cryogénique, il faut noter que le GNL peut causer de graves blessures dues au gel s'il entre en contact direct avec un individu ou peut augmenter la fragilité des matériaux (tels que l'acier). D'autre part, au contact de l'eau, une transition de phase rapide peut se produire, qui consiste en la transition du carburant de l'état liquide à la vapeur de méthane, déclenchant un mécanisme qui pourrait conduire à la détonation dans le cas d'une zone limitée ou en présence d'une source d'inflammation.

Enfin, l'un des risques mineurs liés aux caractéristiques physiques du gaz naturel liquéfié est le BLEVE, qui peut être défini comme une explosion de vapeur avec expansion du liquide bouillant, dont l'apparition est subordonnée à la présence d'une accumulation de pression.

12.2.2. Risques liés aux opérations de stockage et de soutage du GNL

En ce qui concerne les processus liés aux activités de stockage/ravitaillement de GNL, il convient de préciser que la base de données ARIA a recueilli 13 accidents (en 2015) impliquant le combustible précité et que, au-delà des causes qui peuvent être considérées comme primaires (pannes de machines, attaques d'engins de chantier, etc.), elles sont principalement dues à des défaillances dans la gestion des opérations par les employés. En particulier, les Tableau 82 et Tableau 83 montrent les principaux types de problèmes liés aux deux activités susmentionnées avec les recommandations correspondantes afin de réduire la probabilité de survenance de l'un des événements.

Tableau 82. Risques du stockage du GNL

Risque	Causes probables	Recommandations
Dépassement de capacité	Erreur de remplissage ou de réglage (pompes ou erreur humaine)	Mesures de niveau et alarmes Espace de tête minimum au-dessus du liquide Système de débordement
Aspirer le réservoir	Variation de la pression atmosphérique Défaut de la pompe d'aspiration du liquide Pas d'aspiration du compresseur d'évaporation Injection de GNL dans le ciel gazeux	Mesure de la pression, détection, contrôle Vannes de coupure de vide Gaz de coupure de vide
Surpression (réservoir, tuyaux)	Variation de la pression atmosphérique Evaporation par agression thermique (feu externe) Déplacement du niveau de liquide (défaut de remplissage ou retour de gaz du méthanier) Flash pendant le remplissage Roll-over : phénomène de basculement de la couche (augmentation soudaine de la quantité de gaz évaporé)	Mesure de la pression, détection, contrôle Mesure de la densité au niveau du liquide Prévention du renversement ou protection contre les bris de disque Protection des soupapes
Fuite / Rupture (réservoir, tuyaux)	Conditions naturelles et environnementales Risques technologiques, agressions extérieures (thermiques, surpression ou mécaniques) Défaut matériel Défaillance mécanique L'erreur humaine L'usure, le vieillissement Fuite de bride	Bassins de rétention Distances de séparation entre les équipements Résistance aux risques naturels, y compris les tremblements de terre Résistance à un choc, Protection contre le risque de choc,

	Risques naturels	Maintenance Dimensionnement selon les normes en vigueur
--	------------------	---------------------------------------------------------

Source: OTC Produit T2.4.4 Bonnes pratiques pour réduire les risques et les impacts du GNL

Tableau 83. Risques de soutage du GNL

Risque	Causes probables	Recommandations
Fuite / rupture de tuyau flexible	Perte de poste d'amarrage/dérive du bateau Démarrer le camion Mouvement créé par un navire de passage Défaillance mécanique Erreur opérationnelle Remorquage L'usure, le vieillissement Fuite Conditions météorologiques / Marées	Zones de sécurité Maintenance Dimensionnement selon les normes Formation des opérateurs Détection Protection contre l'incendie Système de déconnexion d'urgence
Perte de confinement : réservoir du camion-citerne	Voir les causes en stock + fonctionnement incorrect Collision de véhicules	Voir les recommandations concernant les zones de stockage + la sécurité, la formation des opérateurs, la prise en compte des SIMOPS
Perte de confinement : réservoir du navire	Voir les causes dans le stockage + collision des navires entre eux / avec la jetée	Voir les recommandations concernant les zones de stockage + la sécurité, la formation des opérateurs, la prise en compte des SIMOPS

Source : OTC Produit T2.4.4 Bonnes pratiques pour réduire les risques et les impacts du GNL

12.2.3. Risques liés aux aspects externes des installations

Enfin, les risques associés aux problèmes qui se posent en dehors des installations de stockage et de soutage du GNL peuvent être distingués en deux catégories : les risques naturels et les risques technologiques.

Parmi les premiers figurent des phénomènes tels que :

- Inondation qui entraînerait la submersion des équipements avec les pertes qui en découlent en termes de matériel ;
- Les phénomènes atmosphériques ou les conditions climatiques extrêmes tels que la foudre qui pourraient potentiellement causer des dommages aux structures ainsi que la perte de gaz naturel augmentant la probabilité d'occurrence de l'un des événements signalés au paragraphe précédent ;
- Les catastrophes naturelles telles que les tremblements de terre qui risquent d'endommager sérieusement les structures.

Les risques étant totalement indépendants des conditions de l'installation, la seule forme de prévention possible concerne les mesures de construction spécifiques et les barrières techniques telles que la déshydratation des équipements, la protection contre la foudre, la résistance aux séismes, etc.

L'un des principaux problèmes liés aux risques technologiques concerne les éventuels "effets en cascade" sur les installations de GNL qui pourraient être à l'origine de phénomènes extrêmement dangereux.

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale"



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

TDI RETE-GNL

Enfin, il convient également de mentionner le risque, en sens inverse, lié aux dommages que l'installation de GNL pourrait causer aux infrastructures ou aux populations avoisinantes, qui doit être pris en compte (ainsi que tous les autres) notamment par le respect des réglementations et des bonnes pratiques en vigueur lors de la phase de choix du site et de dimensionnement de l'usine elle-même.

12.3. Situation des principales directives, codes, normes et guides sur le soutage de GNL

Après avoir examiné les profils physiques et les risques associés à l'utilisation du GNL comme combustible de substitution, il est clair que les directives, codes, normes, guides et diverses interventions réglementaires doivent être examinés afin d'obtenir des orientations ou des dispositions sur la conception, l'exploitation et la maintenance des installations de soutage de GNL. En particulier, les directives et codes internationaux définissent un cadre de règles à suivre, tandis que les normes fournissent un point de départ à l'industrie dans ses activités de conception et d'exploitation. Enfin, les guides fournissent de véritables critères pour étayer les normes à respecter.

12.3.1. Directives européennes

Les directives européennes consacrées aux activités mentionnées à plusieurs reprises et détaillées dans le produit T2.4.4 dans la section "Bonnes pratiques pour réduire les risques et les impacts du GNL" de l'Office des Transports de Corse (OTC), comprennent :

- La directive n° 2016/802/UE vise à réduire la teneur en soufre de certains combustibles liquides ;
- Directive n° 2016/1629 établissant les prescriptions techniques des bateaux de la navigation intérieure ;
- Directive n° 2014/94/UE réglementant la mise en place d'une infrastructure pour les carburants de substitution ;
- Directive 2014/68/UE sur les équipements sous pression ;
- Directive n° 2014/34/UE relative aux appareils et aux systèmes de protection pour les environnements potentiellement explosifs ;
- Directive n° 2012/18/UE concernant la maîtrise des dangers liés aux accidents majeurs impliquant des substances dangereuses ;
- Directive 2011/92/UE relative à l'évaluation des incidences sur l'environnement (EIE) de certaines entités publiques et privées ;
- Directive 2008/68/CE relative au transport intérieur des marchandises dangereuses ;
- Directive 2006/42/CE relative aux machines utilisées ;
- Directive 2003/10/CE concernant les prescriptions minimales de sécurité et de santé relatives à la présence d'agents physiques sur le lieu de travail ;
- Directive n° 1999/92/CE concernant les prescriptions minimales relatives à la protection des travailleurs contre l'exposition au risque d'atmosphères explosives ;
- Accord européen ADR (2019) relatif au transport international des marchandises dangereuses par route, y compris le GNL ;
- Accord européen ADN (2008) sur le transport de marchandises dangereuses par voie navigable.

12.3.2. Codes internationaux

Il existe également de nombreux codes internationaux comportant des sections consacrées au GNL ou applicables à celui-ci, surtout compte tenu de l'importance croissante que ce combustible prend dans l'environnement portuaire maritime. En particulier, les codes dérivés des conventions MARPOL, SOLAS, STCW et MLC, bien qu'ils ne se concentrent pas sur le gaz naturel et ses conséquences, contiennent des règles relatives à des aspects d'intérêt incontestable tels que, respectivement :

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale"



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

TDI RETE-GNL

- Limites d'émission maximales des principaux polluants atmosphériques pour les gaz d'échappement des navires, tels que le SO_x et le NO_x;
- Normes minimales pour la construction, l'équipement et l'exploitation des navires ;
- Normes de formation, de certification et de veille pour les marins ;
- Aspects liés au travail maritime en général.

L'affirmation du carburant alternatif qui y est examiné a ensuite conduit à l'élaboration de deux codes internationaux qui lui sont consacrés :

- Code CIG consacré à la construction et à l'équipement des navires transportant du gaz liquéfié en vrac afin de minimiser les risques pour le navire, son équipage et l'environnement, en tenant compte des caractéristiques liées au GNL ;
- Code IGF conçu comme un code international pour la sécurité des navires utilisant du gaz ou d'autres combustibles à faible point d'inflamabilité comme carburant, de manière à minimiser les risques pour le navire, son équipage et l'environnement, en tenant compte du carburant utilisé.

12.3.3. Autres normes de référence

Dans le cadre des autres règlements de référence, sont notamment considérés :

- Les normes EN et ISO que chaque pays peut adopter renforcent leur pouvoir en publiant des normes nationales ;
- Les normes API publiées par l'American Petroleum Institute ;
- Normes NFPA développées par le Système national de protection contre l'incendie ;
- Les guides fournis par divers organismes contenant des recommandations sur de multiples aspects liés au secteur de référence.

Il prodotto T2.4.4 fornisce un quadro chiaro e preciso (brevemente riportato nei paragrafi sottostanti) di tutte quelle che risultano essere le normative di riferimento in merito alle operazioni di gestione del GNL e soprattutto legate ai rischi connessi allo stesso.

Les normes EN et ISO, placées dans le contexte du cadre européen, répondent à la nécessité d'établir des caractéristiques communes et des normes homogènes pour un processus ou un produit/service spécifique. Dans le contexte considéré, il existe un certain nombre de questions extrêmement importantes, présentées sous forme de tableau dans le produit et renvoyant à des normes telles que:

- NF-EN, normes multiples relatives aux spécifications techniques et de conception des équipements et du matériel couramment utilisés dans le GNL ;
- EN Eurocode, les 10 normes européennes consacrées à la préparation d'un cadre commun pour la conception des bâtiments et des ouvrages de génie civil et des produits de construction ;
- NF EN ISO, normes françaises consacrées à des aspects tels que les dispositifs de sécurité pour la protection contre les pressions excessives ou la mesure du débit des fluides au moyen de dispositifs à vide insérés dans des conduites de charge à section circulaire et bien d'autres spécifications ;
- ISO, émis par l'Organisation internationale de normalisation, parmi lesquels ceux relatifs aux hydrocarbures liquides/réfrigérés ou aux industries pétrolières intéressent le secteur du GNL ;
- ISO/DTS, telles que les lignes directrices pour l'évaluation des risques dans la conception des usines de GNL à terre publiées en mars 2015 (n° 16901) ;
- L'ISO/TR et plus particulièrement l'ISO/TR 17177 dédiée aux industries du pétrole et du gaz naturel qui fournit des conseils sur l'installation et l'exploitation à l'interface navire/terminal et navire/navire pour les installations flottantes hybrides et les terminaux GNL pour lesquels la description conventionnelle des terminaux GNL de l'ISO 28460 ne s'applique pas ;

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale"



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

TDI RETE-GNL

- ISO/TS, sur la distribution du gaz naturel liquéfié comme combustible marin (référence à l'ISO/TS 18683 de 2015) ;
- EN ISO, concernant des aspects techniques spécifiques tels que les exigences relatives aux équipements et systèmes de transfert de GNL (EN ISO 20519 de 2017) ;
- NF EN CEI et en particulier NF EN CEI 60079 de 2018 concernant les exigences générales pour la construction, les essais et le marquage des instruments et composants déjà utilisés en atmosphères explosives.

Le règlement API, en revanche, fixe des normes pour l'ensemble du secteur pétrolier et celles qui sont applicables au GNL concernent des questions d'une extrême importance, telles que :

- Les méthodes d'installation, de dimensionnement et de livraison des vannes ;
- Les composants d'une torche ;
- Les spécifications pour les pompes centrifuges, pour les compresseurs centrifuges et axiaux, pour les compresseurs à piston. pour le dimensionnement et la construction de réservoirs de type hors-sol et, enfin, pour les spécifications pour la conception et la construction d'échangeurs de chaleur à tubes de calandre.

La référence au Système national de protection contre l'incendie, dont l'activité est liée à l'élimination des décès, des blessures, des pertes matérielles et économiques dues au feu, à l'électricité et aux risques connexes, est due à la publication par ce dernier de normes particulièrement pertinentes pour l'industrie et destinées à réglementer les aspects liés au dimensionnement des réservoirs d'eau d'incendie, aux exigences minimales en matière de lutte contre l'incendie et de sécurité sur les installations de GNL et à la protection contre les pertes de vies et de matériel dans les zones des terminaux maritimes, des quais et des docks .

Enfin, les guides proposés par divers organismes internationaux ont fourni diverses recommandations relatives à divers aspects de la gestion et de la sécurité du gaz naturel liquéfié.

12.4. Les bonnes pratiques pour la réduction des risques et des impacts

Dans le produit T2.4.4, le chapitre "Bonnes pratiques pour la réduction des risques et des impacts" énonce les principes généraux de sécurité et les recommandations à appliquer afin de réduire au mieux les risques et les impacts liés à l'utilisation du GNL, à travers les grands principes de localisation, les dispositions générales de sécurité, les dispositions de construction, les barrières techniques et les mesures organisationnelles.

12.4.1. Grands principes de mise en œuvre

En ce qui concerne l'installation des réservoirs de stockage de GNL, trois exigences principales doivent être respectées, à savoir la limitation des effets domino entre les différentes installations de GNL, l'impact sur le personnel et les locaux administratifs (salle de contrôle, atelier de maintenance) et les impacts à l'extérieur du site. En fait, les règles de l'ICPE pour le stockage du GNL définissent d'une part les distances de séparation entre les installations et les limites des sites et d'autre part les distances entre les installations elles-mêmes. Par exemple :

- en ce qui concerne les activités de stockage de GNL, l'ordonnance du 23/08/2005 relative aux activités de stockage de GNL dans des réservoirs en mer définit les distances minimales qui doivent exister non seulement entre la zone de stockage et les limites du site (15 m) et entre des zones de stockage séparées (10 m), mais aussi entre la zone de stockage et les parois d'un appareil de distribution de liquides ou de gaz inflammables, d'un ERP de catégorie 5, d'un stockage de matières inflammables, combustibles ou comburantes, des sorties ou ouvertures de locaux administratifs ou techniques (5 m).
- en ce qui concerne les activités de stockage de GNL, l'ordonnance du 07/01/2003 définit les distances minimales entre le dispositif de dosage ou de remplissage et un ERP de catégorie A 1 à 4 (17 m), un

TDI RETE-GNL

Output T2.1.1 "Studio per un piano d'azione congiunto per il GNL in ambito portuale"



ERP de catégorie A 5 (5 m), un bâtiment habité ou occupé par un tiers (17 m), les sorties ou ouvertures de locaux administratifs ou techniques (5 m) ainsi que les distances minimales entre le stockage de GNL et le stockage d'autres combustibles (6 m), une station-service (5 m) et l'ouverture d'un bâtiment (3 m)

- en ce qui concerne les activités de soutage de GNL, l'ordonnance du 30/08/2020 définit en revanche les distances minimales entre les parois de l'appareil de distribution nautique et les ERP de catégorie A 1 à 4 (20 m), ERP de catégorie A 5 (10 m), les lignes en propriété (13 m), un canal de communication public (7 m), les sorties ou ouvertures de locaux administratifs ou techniques (7 m), les autres équipements de distribution d'hydrocarbures liquides (7 m), le stockage de récipients à pression transportables (10 m), le stockage aérien d'hydrocarbures liquides (13 m).
- L'ordonnance du 03/08/2018, qui concerne la phase d'alimentation des générateurs utilisant des méthaniers pour l'électrification des navires à quai, définit les distances minimales entre les parois de l'appareil à combustion et les limites de propriété, une ERP de classe 1 à 4, un bâtiment ou une rue (20 m) et les installations utilisant des matériaux combustibles ou inflammables (10 m).

En plus des décrets réglementaires classiques, aux fins de la mise en œuvre et de l'exécution d'un projet lié à la préparation d'installations de GNL, certaines analyses de risques doivent également être effectuées, en particulier si l'installation est soumise à autorisation, bien que certaines activités ne soient pas encore réglementées. C'est pourquoi la bonne pratique consiste à suivre certaines phases précises pour déterminer la mise en œuvre d'un projet, à savoir la phase d'identification des zones disponibles et favorables à l'installation de la centrale, l'analyse de risque préliminaire visant à l'évaluation initiale des risques, l'analyse de risque détaillée sur des scénarios de projet représentatifs, y compris la modélisation des phénomènes dangereux pour déterminer l'étendue de la zone de sécurité et, enfin, la validation d'une zone donnée. Toutefois, en cas de non-application du règlement ICPE aux activités, les guides précisent également les distances minimales entre les réservoirs et entre les réservoirs et les lignes propriétaires, tandis que les guides consacrés aux opérations de transfert avec des bras de chargement ne prescrivent pas de distances de sécurité, mais des règles de conception et d'espacement entre chaque bras de transfert.

12.4.2. Grands principes de sécurité

Les principes de sécurité pour les activités liées au GNL peuvent être distingués en mesures préventives visant à réduire la probabilité d'apparition des risques et en mesures de protection visant à atténuer les conséquences ou à réduire la gravité des risques pour les personnes, l'environnement et les biens (Tableau 84).



Tableau 84. Principes de sécurité pour le GNL

MESURES PRÉVENTIVES	MISURE DI PROTEZIONE
<ul style="list-style-type: none"> - Aménagement de l'installation selon la réglementation en vigueur, les spécifications du projet, les règles et les bonnes pratiques reconnues - le respect des distances de sécurité entre les systèmes ou l'installation de séparations appropriées pour réduire les risques de propagation du feu et les effets domino - Séparation des matériaux inflammables/explosifs et combustibles - Limitation des sources d'inflammation, zonage ATEX, utilisation d'équipements électriques appropriés, ventilation des locaux, détection des gaz et des incendies - Limitation du trafic dans les zones opérationnelles, protection mécanique et gestion des SIMOP - Prendre en compte les risques liés à la perte d'utilisation - Prévention du risque d'erreur humaine par la formation, les systèmes de gestion de la sécurité, etc. - Maintenance préventive des installations et leur inspection pour prévenir les risques de dommages aux équipements 	<ul style="list-style-type: none"> - Limitation des sources d'inflammation, des quantités de produits dangereux stockés et manipulés, des volumes potentiels de déversement et de la durée du déversement, des surfaces d'épandage et du confinement des liquides inflammables et des produits dangereux - Installation de systèmes automatiques et d'équipements manuels pour la lutte contre l'incendie et la protection passive - Déploiement de plans d'urgence, y compris l'installation d'équipements d'alerte et de voies d'évacuation.

12.4.3. Dispositions relatives à la construction et obstacles techniques

En ce qui concerne les réservoirs de stockage de GNL, les règles de construction et les barrières techniques concernent les distances de sécurité, la résistance des réservoirs aux risques naturels et aux chocs, la protection contre le risque de dépression et de surpression, la surveillance de la température, la conception des conduites, les fuites, la détection des incendies et des gaz, le contrôle des fuites et la gestion des déversements, etc.

12.4.4. Mesures organisationnelles

Outre les barrières techniques physiques, des mesures organisationnelles sont également adoptées, telles que la formation du personnel aux activités de soutage et aux risques liés au GNL, la définition et l'application de procédures opérationnelles, d'urgence et d'évacuation, la gestion de la sécurité des installations, la mise en œuvre d'un plan de maintenance préventive des installations, la mise en place de systèmes d'alarme et de communication, etc.

12.5. L'analyse des risques appliquée au cas de la corse

En ce qui concerne le cas de la Corse, une analyse des risques HAZID (HAZard IDentification) a été effectuée pour identifier les dangers et les menaces potentiels qui peuvent survenir au cours des projets ou des activités) sur les méthodes de soutage STS, TTS et PTS. Les objectifs de cette analyse des risques sont d'identifier les dangers associés aux activités de soutage pour chaque type d'équipement, les causes / conséquences des événements potentiels liés à ces dangers et les barrières de sécurité (prévention et protection).

12.5.1. Danger : soutage de GNL

Parmi les dangers identifiés pour le soutage de type Ship To Ship, ce rapport identifie les problèmes liés à la citerne, tels que le basculement (inversion des couches de GNL, car elles ont des densités différentes), la perte de confinement, due à l'usure, la corrosion, la collision, etc, manque de pression, lié à des défaillances, PBU, etc. ; autres risques liés au système de transfert, comme le déchirement, causé, par exemple, par la dérive du bunker, la surpression, due à un coup de bélier, la défaillance de la pompe, et autres risques liés au navire, comme la dérive du navire due à la perte des amarres, les mauvaises conditions météorologiques, etc.



Parmi les risques identifiés dans la configuration de la technologie de soutage de type Truck To Ship, ce rapport identifie les problèmes liés aux réservoirs, tels qu'un incendie de tracteur dû à une panne électrique, un incendie externe dû à l'inflammation d'une fuite de GNL ; d'autres risques liés au système de transfert, tels qu'un déchirement, causé par exemple par un mouvement du camion ou du navire à ravitailler, une surpression, une panne de pompe, et d'autres risques liés au camion/citerne, tels qu'un mouvement du camion lui-même, etc.

En ce qui concerne les risques liés à l'option de soutage de type terminal ou Port To Ship, ce rapport identifie les problèmes liés à la citerne de type conteneur ISO, tels que la perte de confinement, due par exemple à un défaut de fabrication ou à une collision, etc, incendie externe dû à une fuite de GNL ; autres risques associés aux réservoirs de type C, tels que le surremplissage (en présence de plusieurs réservoirs) dû à une mauvaise configuration du circuit ; autres risques encore associés au réservoir de type conteneur plein, tels que la présence de GNL dans l'inter-cloison, due à un défaut à l'intérieur du navire ; autres risques associés au système de transfert de GNL, tels que déchirure, surpression, etc.

12.5.2. Exemple de zone de sécurité

Afin de mettre en œuvre les modèles relatifs aux phénomènes dangereux, il est nécessaire de déterminer l'étendue de la zone de sécurité requise pour les opérations de soutage de GNL. Afin de déterminer les zones de sécurité, il convient d'évaluer les distances des effets à la limite inférieure d'explosivité (LEL) des différents cas considérés (Tableau 85).

Tableau 85. Modélisation - Distances de sécurité

Scénario	Conditions météo	Distance par rapport à LEL
Rupture du tuyau flexible 50 mm	3F	80 m
	5D	105 m
	8D	65 m

Ces distances de sécurité permettent de donner un ordre de grandeur de la taille que peut avoir la zone de sécurité sans tenir compte d'une barrière de sécurité, grâce à quoi, avec l'installation de dispositifs d'arrêt d'urgence, les distances de sécurité peuvent être considérablement réduites. En outre, en fonction du scénario qui peut être retenu dans l'analyse des risques de l'équipement et des caractéristiques de l'équipement (température, pression, diamètre, etc.), les distances de sécurité sont considérablement modifiées.

12.6. Recommandations de bonnes pratiques (contribution du CCIVAR/TECHNIP FMC)

12.6.1. Conduites de raccordement pour le stockage sous pression et conduites de raccordement pour les entrepôts non pressurisés

Le partenaire P5 dans le produit T2.4.4 a identifié les spécificités et les mesures de bon standard, à la fois pour les lignes de connexion de stockage sous pression et pour les entrepôts non pressurisés, en faisant une subdivision en 3 moments définis : remplissage, équilibrage et transfert. En particulier, le Tableau 86 montre les différentes phases, en maintenant la division entre les entrepôts sous pression et les entrepôts non pressurisés

Tableau 86. Subdivision progressive des différents schémas de connexion.

	<i>Linee di collegamento di stoccaggio a pressione</i>	<i>Linee di collegamento per magazzini non pressurizzati</i>
<i>Fase di riempimento</i>	Nella Stazione Fabbrica, i serbatoi hanno una doppia alimentazione: in fase liquida e in fase gassosa. Questo dispositivo permette all'autista dell'autocisterna di regolare la pressione finale del serbatoio dopo il riempimento. Nella Stazione Porto il riempimento viene effettuato solo attraverso la fase di gas del serbatoio.	Per motivi di sicurezza, tutti i collegamenti vengono effettuati dalla parte superiore del serbatoio o dei serbatoi. Non ci sono penetrazioni di linea o altri inserti sui lati o sul fondo del serbatoio. I serbatoi hanno una doppia alimentazione: in fase gassosa o liquida (con una specifica linea che scende dall'interno, dall'alto verso il basso del serbatoio) per evitare fenomeni di stratificazione del GNL.
<i>Fase di bilanciamento</i>	Se più serbatoi sono installati in parallelo, si raccomanda di collegare tra loro i serbatoi per le parti liquide e vaporose, in modo da bilanciare i loro livelli di liquido e di pressione. Il progetto deve consentire l'uso di tutti i serbatoi come un unico serbatoio, tuttavia, per motivi di sicurezza, deve essere possibile, se necessario, isolare ogni serbatoio singolarmente.	Se più serbatoi sono installati in parallelo, si raccomanda di collegarli tra loro per la parte di vapore, in modo da bilanciare il loro livello di pressione. D'altra parte, per motivi di sicurezza, ogni serbatoio deve poter essere isolato individualmente, se necessario.
<i>Fase di trasferimento</i>	Per qualsiasi linea dalla quale si determina la velocità di trasferimento (piuttosto bassa nel contesto di una stazione "Fabbrica") e regolare, si può raccomandare l'installazione di un limitatore di flusso sul punto di intercettazione.	È necessario installare pompe sommerse per estrarre il GNL dall'interno del serbatoio. Ogni pompa è installata in un tubo aperto sul fondo del serbatoio e collegata in alto alla linea di trasferimento del GNL. Il serbatoio può essere dotato di più pompe, se necessario, con altrettanti tubi all'interno.

12.6.2. Chaîne de sécurité / MMR dite instrumentée

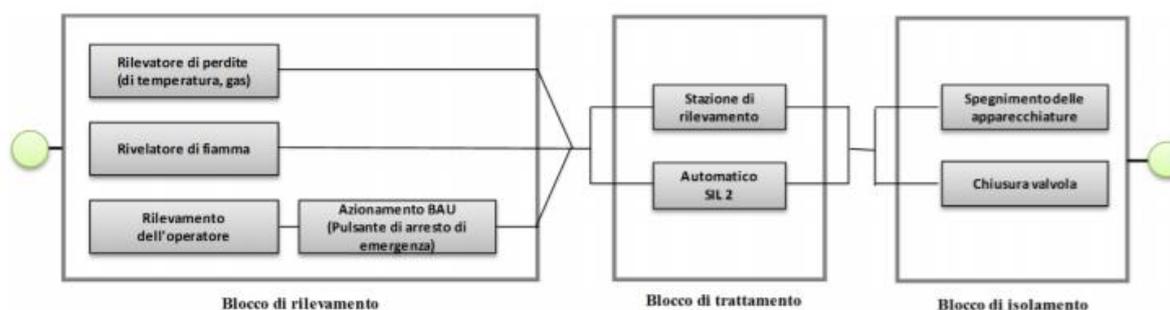
12.6.2.1. Présentation générale

Les MMR instrumentées correspondent la plupart du temps à une chaîne de 3 "blocs" :

- le bloc "détection", y compris la détection par un opérateur ;
- le bloc de traitement ;
- bloc "action d'isolement/sécurité".

Une chaîne de ce type (instrumentée), destinée à réduire les conséquences d'un sinistre (potentiellement suivi d'un incendie), est décrite dans la figure ci-dessous (Figure 66). Comme l'objectif est de réduire les conséquences d'un événement accidentel, ces RMM sont souvent aussi appelés RMM d'atténuation.

Figure 66. Architecture des chaînes de sécurité instrumentées ou MMR



Les paragraphes suivants décrivent chaque bloc en détail de manière à inclure un examen des recommandations en matière d'équipement de sécurité.



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



12.6.2.2. *Propriétés*

Quelle que soit la technologie des éléments de chaque bloc, toutes les chaînes peuvent être caractérisées par 3 propriétés ou caractéristiques, à savoir l'efficacité, la fiabilité et le temps de réponse.

12.6.3. *Détection*

Les capteurs ayant des fonctions de sécurité (pression, niveau de GNL, etc.) doivent être indépendants des séquences de mesure pour fonctionner. Les mesures et les alarmes doivent être transmises au site de contrôle. En outre, les alarmes doivent également être transmises à l'opérateur qui peut être sur place ou sur un site distant. L'entretien des équipements doit pouvoir être effectué pendant le fonctionnement normal de l'entrepôt. Toutefois, lorsque le démantèlement de l'entrepôt est nécessaire, l'instrumentation doit avoir une redondance suffisante pour une intervention sûre. En outre, avant d'examiner chaque type de détecteur, il convient de faire la distinction entre le stockage sous pression et le stockage sans pression.

12.6.3.1. *Détection/mesure du niveau*

En ce qui concerne les réservoirs sous pression, il convient de noter que, comme moyen de protection contre le risque de "débordement", il est recommandé d'utiliser des dispositifs de mesure du niveau de liquide indépendants et très précis, plutôt qu'un système de débordement.

Les réservoirs doivent être équipés d'instruments permettant de surveiller le niveau de GNL et de prendre les mesures de prévention/éviter (débordement) nécessaires. En particulier, ces instruments doivent pouvoir mesurer en continu le niveau de liquide grâce à un système de fiabilité approprié (équipé de deux alarmes, une pour les niveaux élevés et une pour les niveaux très élevés) et avoir une détection de niveau très élevé basée sur des instruments fiables adéquats, indépendants du système de mesure de niveau précédent (en cas d'activation, ils doivent fermer les vannes de remplissage sur les lignes d'alimentation et de recyclage).

Les mêmes recommandations s'appliquent aux navires non pressurisés et aux navires pressurisés. Cependant, en raison de la faible résistance à la pression, l'analyse des risques peut conduire à un doublement indépendant du système de mesure du niveau.

12.6.3.2. *Détection/mesure de la pression*

L'appareil à pression doit être équipé d'une instrumentation, installée en permanence aux endroits appropriés, permettant de surveiller la pression en continu, même en cas de pics trop élevés, au moyen d'une instrumentation indépendante des systèmes de mesure continue de la pression (elle doit activer l'arrêt des opérations en cours et des équipements).

Les recommandations sont les mêmes pour les réservoirs non pressurisés que pour les réservoirs pressurisés. En outre, il est nécessaire d'installer une mesure de la pression différentielle entre l'espace d'isolation et l'intérieur du boîtier primaire lorsqu'ils ne sont pas en communication (des capteurs de pression différentielle ou des capteurs de pression séparés doivent être installés dans l'espace d'isolation) et une détection de "pression trop basse" au moyen d'une instrumentation indépendante des systèmes de mesure de pression continue (elle doit activer l'arrêt de la machine et l'injection automatique de gaz de service).

12.6.3.3. *Détection/mesure de la température*

Un réservoir non pressurisé doit être équipé d'instruments installés en permanence à des endroits appropriés pour mesurer la température du liquide à différentes hauteurs, en soulignant que la distance verticale entre deux capteurs de température consécutifs ne doit pas dépasser 2 m, et la phase gazeuse.



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



12.6.3.4. Détection/mesure LTD

Pour les réservoirs non pressurisés, la température et la densité du GNL doivent être mesurables sur toute la hauteur du liquide. L'instrument dit LTD ("*Level, Temperature, Density*") doit également fournir le profil de température et de densité du GNL dans le réservoir, en fonction du niveau. En outre, cet instrument est utilisé pour détecter la formation de couches de GNL et empêcher le renversement qui en résulte.

12.6.3.5. Détection des fuites et des incendies

Parmi les différents types de détecteurs adaptés aux éventuelles pertes de GNL sur les équipements (détecteurs de terrain ou d'environnement) et les pipelines (détecteurs en ligne), ce rapport en distingue plusieurs. En ce qui concerne les détecteurs sur les zones/équipements, ces zones sont systématiquement équipées de 3 types de détecteurs : capteurs catalytiques ("*explosimètre*") ou capteurs ponctuels IR ; capteurs à basse température et détecteurs de flamme UV/IR ou IR3. Dans certaines zones particulières (zone de confinement, surveillance du périmètre, etc.), des capteurs infrarouges peuvent être utilisés. En ce qui concerne les détecteurs de gazoducs, il est possible de les équiper de fibres optiques pour détecter une perte due à la chute de température associée à un flux de GNL très froid. Les gazoducs transportant du GNL à basse pression ont une seconde détection par des capteurs catalytiques ou IR installés dans les compartiments du gazoduc lorsqu'ils existent. Aux points uniques tels que les croisements de routes, les pipelines à double enveloppe sous vide sont équipés d'un capteur de pression pour la détection des fuites. Le nombre et la position des détecteurs doivent faire l'objet d'une étude spécifique, car ils doivent être installés dans les zones de chargement/déchargement, dans l'entrepôt, et avec les équipements de traitement appropriés (réchauffeurs, échangeurs de chaleur, etc.).

12.6.4. Traitement

En détail, le traitement peut être : l'exclusion automatique des alarmes des détecteurs de fuites ou de flammes et de certains détecteurs d'anomalies, ou des opérateurs qui décident des actions à entreprendre.

Dans ce contexte, le nombre et la localisation des BAU doivent être étudiés avec au moins des BAU dédiés aux stations de transfert, dans l'entrepôt, près de l'unité qui regroupe les équipements pour assurer le refroidissement du GNL et à proximité des bureaux opérationnels.

Par conséquent, qu'un traitement soit automatisé ou basé sur les décisions des opérateurs, il doit être défini à l'avance, en tenant compte des mesures d'urgence les plus appropriées. Ils peuvent ensuite être utilisés comme réglages de sécurité partiels, lorsqu'ils n'agissent que partiellement ou comme une fonction partielle des installations. En ce qui concerne les unités de traitement, deux types sont possibles : une station centrale de détection ou un système de sécurité automatisé. Si l'analyse de risque montre la nécessité de 2 MMR indépendants "détection-traitement-isolation" pour exclure un scénario, il est nécessaire d'avoir ces 2 unités en parallèle. Sinon, lorsque, par exemple, des libérations prolongées sont acceptées, une unité suffit. PLC est au niveau SIL "2" afin de ne pas pénaliser la fiabilité de l'ensemble de la chaîne.

12.6.4.1. Traitement des événements accidentels sur les méthaniers

Pour un poste «porte», une interface avec le méthanier doit être envisagée. Les mesures de sécurité associées aux transferts doivent être conçues avec une station de déchargement équipée de vannes d'arrêt d'urgence télécommandées, un câble de communication / UA (tel que recommandé par le SIGTTO et exigé par les codes et normes) entre le pétrolier et la station pour activer un arrêt d'urgence si nécessaire et le système «break-away» sur les flexibles ou PERC sur les bras. Les arrêts d'urgence du méthanier et des bras ont 2 niveaux d'action en fonction de l'ampleur de la déviation / anomalie détectée.



12.6.5. Systèmes d'action d'urgence

Les systèmes d'action d'urgence désignent les dispositifs utilisés pour sécuriser les installations en fermant les vannes d'arrêt, en arrêtant les pompes de transfert, les compresseurs, etc. En général, et à l'instar de la situation d'instrumentation, le système d'action d'urgence doit être distingué du système de surveillance de processus.

12.6.5.1. Organes d'isolement

Les vannes actionnées par des arrêts d'urgence ont des caractéristiques fondamentales qui doivent être vérifiées avant l'installation et le fonctionnement, c.-à-d :

- type d'instrument ;
- la motorisation (par exemple électrique ou pneumatique) ;
- sécurité positive : la vanne se déplace en position d'isolation en cas de fuite de l'actionneur ;
- sécurité incendie (contrôle) : la vanne soumise à un incendie de GNL conserve sa capacité de contrôle pendant un certain temps ;
- Sécurité incendie (étanchéité) : la vanne soumise à un incendie de GNL conserve son étanchéité pendant un certain temps.

Lorsque le site le permet, les vannes d'isolement sont actionnées pneumatiquement pour faciliter la sécurité positive (la vanne a une position de sécurité). Le gaz naturel (alors appelé "gaz de service") peut être utilisé pour motoriser les vannes pneumatiques.

Parmi les dispositifs d'isolement, les dispositifs suivants sont également mentionnés :

- les raccords "break-away" ou "flip-flap", montés sur les tuyaux (conçus pour se rompre en cas de traction excessive) ;
- le "PERC", c'est-à-dire un dispositif hydraulique qui permet de déconnecter rapidement un bras de charge sur ordre de l'opérateur en cas de panne de courant ou lorsque l'enveloppe de fonctionnement d'un bras de charge est dépassée.

12.6.5.2. Dispositifs de contrôle de la haute pression et de la basse pression

Comme la pression des réservoirs doit être maintenue entre les valeurs de fonctionnement autorisées, en fonctionnement nominal, elle est contrôlée au moyen de vannes automatiques, qui permettent d'évacuer le gaz (si la pression est trop élevée) ou de le fournir. En fonctionnement nominal (en dehors de la situation de protection finale), la dispersion de la charge gazeuse ne peut être libérée dans l'atmosphère que lors d'épisodes très occasionnels. Les volumes de gaz émis dans l'atmosphère doivent être réduits autant que possible. La dispersion de la charge dans l'atmosphère n'est acceptable que pour les petites installations (type d'installation). Les grandes installations devraient envisager des dispositifs tels que:

- le déchargement de la charge en envoyant du gaz aux réseaux ou aux utilisateurs ;
- le refroidissement de la phase gazeuse (par exemple au moyen d'un échangeur d'azote liquide) ;
- refroidissement de la phase liquide (par exemple, cycle de Brayton).

En outre, toujours en ce qui concerne les situations d'urgence, lorsque la pression devient excessive, des soupapes de sécurité ou éventuellement des disques de rupture sont implantés pour évacuer le gaz par



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

TDI RETE-GNL

évaporation, mouvement, flash, changements de pression, recirculation à haut débit d'une pompe, débordement dans l'espace intermédiaire et renversement.

Le réservoir doit comporter au moins deux soupapes de surpression qui peuvent libérer du gaz directement dans l'atmosphère, sauf lorsque l'émission de gaz en cas d'urgence conduit à une situation inacceptable. Il est également possible d'installer une seule soupape de sécurité et un seul disque de rupture (au lieu des deux soupapes). Pour minimiser les ouvertures des soupapes, ou la rupture des disques, il est recommandé de doter le système de contrôle d'une soupape de purge qui réduit la pression avant d'ouvrir les soupapes.

Dans le cas des appareils à basse pression, le gaz d'alimentation peut être généré en vaporisant le GNL par une unité PBU (accumulation de pression). Le vaporisateur est installé à un point d'arrêt de la ligne de remplissage avec un retour de la phase gazeuse du réservoir.

12.6.6. Systèmes de collecte d'air

En cas de surpression dans les réservoirs et donc en cas d'évacuation de gaz par un système de contrôle ou par des vannes, il est nécessaire d'étudier le mode de purge le plus approprié. Si des gouttelettes de liquide sont présentes dans le flux de gaz, le système de collecte doit être capable de les séparer et de ne pas les envoyer dans l'atmosphère avec le gaz. Il est donc nécessaire d'installer des systèmes de séparation liquide-gaz en amont de l'événement, tels qu'un réservoir de séparation.

Le système de collecte peut consister en un seul événement commun (ou torche) ou en des événements plus petits répartis sur l'ensemble du site. Dans les deux cas, son orientation ou ses orientations doivent répondre aux fonctionnalités et objectifs mentionnés ci-dessus. Par conséquent, aucun élément susceptible de provoquer un blocage involontaire ne peut être installé entre le dernier dispositif de sécurité (généralement une vanne) et la sortie de l'événement (ou de la torche).

12.6.7. Systèmes de collecte des pertes

12.6.7.1. Fonctions et objectifs

Le système de récupération des fuites est conçu pour retenir le GNL localement à la rupture ou dans un endroit séparé. Les objectifs de sécurité sont doubles : réduire l'étendue d'une nappe et donc la taille d'un nuage explosif, et empêcher la formation d'un feu de flaque qui génère un écoulement intense et prolongé sur une capacité de GNL (cuves, citerne, etc.). Le dimensionnement d'un tel système nécessite la référence à des scénarios de perte de phase liquide et la prise en compte des conditions et du temps d'isolement pour ces scénarios (c'est-à-dire le temps de réponse du MMR). Ces éléments peuvent être extraits de l'"Étude des risques", telle qu'elle est établie en France. En particulier, les fuites doivent être examinées à travers toutes les prises qui ne peuvent pas être isolées par 2 dispositifs d'isolation : fiche et/ou vanne de commande à distance. La fréquence de ces fuites peut en effet être suffisamment élevée pour créer, avec la gravité, un risque inacceptable.

12.6.7.2. Zones de reprise

Les zones de récupération doivent être conçues sur la base de zones bétonnées, entourées de canaux en béton, ou de réservoirs en béton armé, en ligne avec l'équipement principal et avec des pentes suffisantes vers les canaux. Les conduits peuvent être revêtus de panneaux légers à la fois pour limiter l'évaporation et pour éviter une situation de propagation de la flamme dans un environnement confiné et allongé qui favorise de fortes accélérations de la flamme et suite à des explosions avec de fortes surpressions.



12.6.7.3. *Capacité de confinement*

Les capacités de confinement ou les réservoirs de confinement doivent le plus souvent être compensés afin que, lorsqu'ils s'enflamment, les flux de chaleur associés à l'incendie de la flaque n'affectent pas les équipements environnants en les chauffant dangereusement.

Par la suite, les capacités devraient être dimensionnées en tenant compte de la quantité de GNL qui pourrait accidentellement fuir pour être extraite par des études de risque ou de sécurité. En particulier, le taux d'évaporation de chaque flaque peut être réduit au minimum grâce à un dispositif de type écran flottant. La nécessité ou non de ce type d'équipement dépend du contexte et des résultats des études de danger.

Dans le cas des installations de stockage non pressurisées, les rejets de GNL sont a priori les plus susceptibles de donner lieu à des applications terrestres. Dans ce contexte, la meilleure technologie consiste à positionner les pipelines, et en particulier les longues conduites reliant les stations de transfert des navires à l'installation de stockage, dans un "pipeline", avec des parois latérales en béton, situé au-dessus ou dans le sol.

12.6.8. *Sistema di protezione antincendio*

Le Tabella 87 montre les fonctions qui peuvent être assurées par un système de protection contre l'incendie (mais parfois aussi contre les explosions) ; le type d'équipement qui remplit ces fonctions et enfin les observations/informations.

Tabella 87. Funzioni di protezione antincendio

FONCTIONS	EQUIPEMENT
Dilution/dispersion des nuages	Rideau d'eau
Prévention de l'inflammation des réservoirs de GNL	Déversoir en mousse
Mélange de feu dans le bassin GNL	Déversoir en mousse
Extincteurs pour les navires-citernes	Extincteur mobile
Refroidissement des capacités	Pulvérisation d'eau
Protection du bureau opérationnel, de la salle d'instrumentation	Pulvérisation d'eau
Protection des installations proches	Rideau d'eau et pulvérisation d'eau

12.6.9. *Effets domino*

Une des fonctions importantes du système de lutte contre l'incendie est certainement d'éviter l'apparition de divers phénomènes dangereux, plus souvent appelés "effets domino". Dans la pratique, le contrôle des effets domino est souvent garanti par des choix d'emplacement ou des barrières telles que, par exemple, un mur de protection. Il est nécessaire de considérer de manière "conventionnelle" les impacts entre deux installations dangereuses, mais aussi entre une installation dangereuse et des éléments sensibles tels que, par exemple, les principaux moyens de protection contre l'incendie, les lieux accueillant les opérateurs et les télécommandes des moyens de sécurité.