



RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA

Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 1

# RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA

Ai sensi della norma UNI CEI EN ISO 50001:2018  
Dati 2023 (Luglio-Dicembre)



SNAM FSRU Italia S.r.l. – FSRU Golar Tundra



## RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA

Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 2

### Sommario

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | Premessa.....  | 6  |
| 1.1   | Dati dell'azienda: .....   | 6  |
| 1.2   | Scopo e campo di applicazione .....  | 9  |
| 1.3   | Normativa di riferimento.....  | 10 |
| 2     | Metodologia dell'analisi energetica.....                                     | 11 |
| 2.1   | Approccio metodologico .....   | 11 |
| 2.1.1 | Struttura energetica aziendale .....   | 12 |
| 2.1.2 | Significatività e rilevanza degli usi energetici: analisi di dettaglio ..... | 13 |
| 3     | Ciclo produttivo e usi energetici.....                                       | 14 |
| 3.1   | Dati generali del sito produttivo.....                                       | 14 |
| 3.2   | Descrizione delle attività principali .....                                  | 15 |
| 3.3   | Impianti e utilities .....   | 18 |
| 3.4   | Prodotti e materie prime .....   | 23 |
| 3.5   | Fabbisogni energetici e dati di attività .....                               | 23 |
| 4     | Metodo di raccolta dati e fonti.....   | 27 |
| 4.1   | Consumo di energia e sistemi di misura dei dati effettivi.....               | 27 |
| 4.1.1 | Profili di carico dell'energia elettrica .....                               | 28 |
| 4.2   | Modalità di determinazione dei dati operativi .....                          | 32 |
| 4.3   | Variabili energetiche e fattori di aggiustamento .....                       | 35 |
| 4.4   | Unità di misura e valori di riferimento adottati .....                       | 36 |
| 5     | Vettori energetici e consumi .....   | 37 |
| 5.1   | Consumi globali (TEP).....   | 37 |
| 5.2   | Costi dell'energia .....   | 37 |
| 6     | Consumi energetici ed usi significativi .....                                | 38 |
| 7     | Modello energetico e analisi di dettaglio .....                              | 43 |
| 7.1   | Analisi dati operativi.....  | 44 |
| 7.1.1 | Boil-Off Gas .....   | 44 |
| 7.1.2 | Diesel .....   | 46 |
| 7.1.3 | Energia elettrica.....   | 48 |
| 7.2   | Validazione attendibilità modello.....                                       | 60 |
| 7.2.1 | Boil-Off Gas .....   | 60 |
| 7.2.2 | Diesel .....   | 60 |
| 7.2.3 | Energia Elettrica .....  | 60 |
| 8     | Indicatori energetici e Baselines .....                                      | 61 |
| 9     | Stima degli usi e dei consumi futuri .....                                   | 62 |
| 10    | Livello Attuale di Efficienza Energetica .....                               | 64 |



## RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA

Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 3

|  |  |    |
|--|--|----|
| 11   | Individuazione delle opportunità di miglioramento e loro priorità .....            | 65 |
| 11.1   | Misura 1: Implementazione del sistema di monitoraggio dei consumi energetici ..... | 66 |
| 11.1.1   | Descrizione tecnica .....  | 66 |
| 11.2   | Misura 2: Completamento relamping impianto di illuminazione .....                  | 68 |
| 11.2.1   | Descrizione tecnica .....  | 68 |
| 11.2.2   | Stima dei risparmi .....   | 68 |
| 11.2.3   | Valutazione dell'investimento .....  | 68 |
| 11.3   | Misura 3: Pompa di calore ad assorbimento per raffrescamento alloggi .....         | 70 |
| 11.3.1   | Descrizione tecnica .....  | 70 |
| 11.3.2   | Stima dei risparmi .....   | 70 |
| 11.3.3   | Valutazione dell'investimento .....  | 70 |
| 11.4   | Misura 4: Manutenzione straordinaria rete aria compressa .....                     | 71 |
| 11.4.1   | Descrizione tecnica .....  | 71 |
| 11.4.2   | Stima dei risparmi .....   | 71 |
| 11.4.3   | Valutazione dell'investimento .....  | 72 |
| 11.5   | Misura 5: Manutenzione straordinaria rete vapore .....                             | 72 |
| 11.5.1   | Descrizione tecnica .....  | 72 |
| 11.6   | Misura 6: Adozione dello standard ISO 50001:2018 .....                             | 72 |
| 11.6.1   | Descrizione tecnica .....  | 72 |
| Allegato 1 General Arrangement FSRU Golar Tund ..... |  | 76 |



## RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA

Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 4

### Indice delle Figure

|  |    |
|--|----|
| Figura 2.1: Schematizzazione della Struttura Energetica Aziendale .....  | 13 |
| Figura 3.1: Vista esterna della FSRU Golar Tundra .....  | 14 |
| Figura 3.2 : rappresentazione semplificata del processo .....  | 17 |
| Figura 3.3: Schema generale del processo .....   | 17 |
| Figura 3.4: Ripartizione dei consumi energetici effettivi – 2023 .....   | 24 |
| Figura 3.5: rappresentazione grafica dell'energia elettrica prodotta dai generatori .....  | 25 |
| Figura 3.6: Andamento del GN immesso in rete mensilmente nell'anno 2023 .....  | 26 |
| Figura 4.1: Indici di prestazione dei 4 generatori (MGE) .....   | 28 |
| Figura 4.2: Profilo di carico dell'energia elettrica (10 gg) MGE 2 .....   | 29 |
| Figura 4.3: Profilo di carico dell'energia elettrica (10 gg) MGE 3 .....   | 30 |
| Figura 4.4: Profilo di carico dell'energia elettrica (10 gg) MGE 4 .....   | 31 |
| Figura 6.1: Ripartizione dei consumi energetici per vettore (dati operativi) .....   | 38 |
| Figura 6.2: Ripartizione dei consumi energetici di Boil-Off Gas e Diesel per aree funzionale periodo Luglio – Dicembre 2023) .....       | 40 |
| Figura 6.3: Consumi energetici di energia elettrica per area funzionale periodo Luglio – Dicembre 2023 .....                             | 42 |
| Figura 7.1: Ripartizione consumi energetici aggregati per attività principali, servizi ausiliari e generali – Luglio-Dicembre 2023 ..... | 43 |
| Figura 7.2: Relazione tra Boil-Off Gas e produzione di energia elettrica .....   | 45 |
| Figura 7.3: Relazione tra Boil-Off Gas e produzione di energia elettrica .....   | 46 |
| Figura 7.4: Andamento giornaliero del consumo di Diesel per pilota .....   | 47 |
| Figura 7.5: Ripartizione dei consumi elettrici per singolo uso energetico .....  | 49 |
| Figura 7.6: Relazione tra consumi di energia elettrica e send-out di GNL rigassificato .....   | 57 |



## RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA

Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 5

### Indice delle Tabelle

|  |    |
|--|----|
| Tabella 1.1: Dati Generali Dell'azienda .....  | 6  |
| Tabella 3.1: Dati generali del sito produttivo.....  | 14 |
| Tabella 3.2: Struttura energetica FSRU Golar Tundra.....   | 18 |
| Tabella 3.3: Dettaglio caratteristiche tecniche - attività principali.....   | 19 |
| Tabella 3.4: Dettaglio caratteristiche tecniche – servizi ausiliari .....  | 20 |
| Tabella 3.5: Dettaglio caratteristiche tecniche – servizi generali.....  | 21 |
| Tabella 3.6: Censimento impianto di illuminazione interna ed esterna .....   | 22 |
| Tabella 3.7: Dettaglio caratteristiche tecniche – serbatoi.....  | 23 |
| Tabella 3.8: Consumi complessivi dei vettori energetici .....  | 24 |
| Tabella 3.9: Consumi di Boil-Off Gas, periodo Luglio -Dicembre 2023 .....  | 24 |
| Tabella 3.10: Consumi di Diesel, periodo Luglio -Dicembre 2023 .....   | 25 |
| Tabella 3.11: Produzione energia elettrica a bordo, periodo Luglio -Dicembre 2023 .....                              | 25 |
| Tabella 3.12: GNL Rigassificato immesso in rete .....  | 26 |
| Tabella 3.13: Ipotesi consumi e produzioni su un intero anno .....   | 27 |
| Tabella 4.1: Sistema di misura/approvvisionamento dell'energia-dati effettivi .....                                  | 27 |
| Tabella 4.2: Elenco misuratori di Boil-Off Gas.....  | 33 |
| Tabella 4.3: Elenco Misurati Energia Elettrica .....   | 34 |
| Tabella 4.4: Fattori di conversione dell'energia .....   | 36 |
| Tabella 6.1: Consumi energetici di Boil-Off Gas e Diesel per aree funzionale periodo Luglio –<br>Dicembre 2023 ..... | 39 |
| Tabella 6.2: Consumi energetici di energia elettrica per aree funzionale periodo Luglio – Dicembre<br>2023.....      | 41 |
| Tabella 7.1: Dettaglio impianti che utilizzano Boil-Off Gas .....  | 44 |
| Tabella 7.2: Consumi di Boil-Off Gas e produzione di Energia Elettrica .....   | 44 |
| Tabella 7.3: Consumi di Boil-Off Gas e GNL Rigassificato .....   | 45 |
| Tabella 7.4: Dettaglio Utilizzatori di Diesel .....  | 46 |
| Tabella 7.5: Dettaglio impianti che utilizzano l'energia elettrica .....   | 48 |
| Tabella 7.6: Elenco delle utenze principali .....  | 50 |
| Tabella 7.7: Elenco delle utenze ausiliarie .....  | 51 |
| Tabella 7.8: Elenco utenze attività generali .....   | 54 |
| Tabella 7.9: Consumi di Boil-Off Gas e produzione di Energia Elettrica .....   | 57 |
| Tabella 7.10: Modello operativo illuminazione stabilimento .....   | 58 |
| Tabella 7.11: Stima consumi illuminazione nuova configurazione .....   | 59 |
| Tabella 8.1: Valore degli indicatori di prestazione generale ENPIG.....  | 61 |
| Tabella 8.2: Rendimento medio dei generatori .....   | 61 |
| Tabella 9.1: previsione consumi energetici – 2024.....   | 62 |
| Tabella 11.1: Numero di lampade da sostituire per tipologia .....  | 69 |
| Tabella 11.2: Risultati della misura 2.....  | 69 |
| Tabella 11.3: Risultati della misura 3.....  | 71 |
| Tabella 11.4: Risultati della Misura 4.....  | 72 |
| Tabella 11.5: Riepilogo Progetti di efficientamento proposti nel report .....  | 74 |



## RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA

Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 6

### 1 Premessa

La presente analisi energetica è stata effettuata da RINA Consulting S.p.A., società di ingegneria e consulenza del gruppo RINA, con sede a Genova, Via Antonio Cecchi n. 6.

Si conferma che RINA Consulting S.p.A. è una società indipendente da SNAM FSRU ITALIA S.R.L. ed ha effettuato l'analisi energetica dell'asset FSRU Golar Tundra in seguito al conferimento di incarico ricevuto da SNAM FSRU ITALIA.

In particolare, la raccolta dati, la visita in sito, la successiva analisi e la redazione della reportistica finale sono state effettuate dall'ing. Alberto Marasi e dall'ing. Giorgio Bonvicini, dipendenti di RINA Consulting S.p.A.

L'ing. Bonvicini è certificato come Esperto in Gestione dell'Energia per i settori Civile e Industriale, come da certificato riportato in Allegato al presente report. La reportistica finale è stata revisionata, controllata ed approvata secondo il sistema di gestione qualità interno a RINA Consulting S.p.A., certificato ISO 9001.

Per SNAM FSRU ITALIA, il processo di analisi energetica è stato coordinato da Alessandro Malinverni, SNAM HSEQ Manager, Luciano Occhio, Energy Manager Snam, Massimo D'Onorio De Meo, Tecnico Energy Management & Climate Change, e Domenico Lardo, SNAM Manager Sistemi di Gestione HSEQ.

#### 1.1 Dati dell'azienda:

SNAM FSRU ITALIA S.R.L. è la società controllata da Snam S.p.A. che possiede e gestisce l'asset FSRU "Golar Tundra", attualmente operante presso il porto di Piombino, in provincia di Livorno.

Il gas rigassificato dalla FSRU viene immesso all'interno della rete gas nazionale, gestita dalla società SNAM RETE GAS S.P.A.

I dati generali societari sono riportati nella Tabella 1.1.

Tabella 1.1: Dati Generali Dell'azienda

|  |   |
|--|---|
| <b>Ragione Sociale</b>                   | SNAM FSRU ITALIA S.R.L.   |
| <b>Anno di costituzione dell'azienda</b> | 2020  |
| <b>Sede legale</b>                       | Piazza Santa Barbara 7 - 20097 - San Donato Milanese (MI)   |
| <b>Sede operativa:</b>                   | Porto di Piombino (LI)  |
| <b>Partita IVA</b>                       | 11313580968   |
| <b>N° dipendenti (anno 2023)</b>         | 1   |
| <b>Codice ATECO</b>                      | 52.22.01, Liquefazione e rigassificazione di gas a scopo di trasporto marittimo e per vie d'acqua effettuata al di fuori del sito di estrazione |
| <b>Managing Director</b>                 | -   |
| <b>Energy Manager operativo</b>          | -   |
| <b>Aziende Collegate o Controllate</b>   | SNAM S.p.A. (holding)   |

Snam S.p.A. è la prima azienda europea impegnata nel trasporto del gas naturale con una rete, in Italia, che supera i 38.000 km e con un quantitativo di gas immesso in rete nel 2023 pari 64,07 miliardi di m<sup>3</sup>. L'azienda opera anche nello stoccaggio, di cui detiene il 17,1% della capacità a livello europeo, e il gas immesso nelle concessioni di stoccaggio nel 2023 è stato pari a 7,05 mld m<sup>3</sup>. Le attività di rigassificazione hanno invece generato 3,71 mld m<sup>3</sup> di gas rigassificato nel 2023, produzione aumentata con l'entrata in esercizio del rigassificatore di Piombino nel 2023 e destinata ad aumentare con entrata in esercizio del rigassificatore di Ravenna.



## RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA

Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 7

Negli ultimi anni, la Società ha progressivamente aumentato gli sforzi per diventare un abilitatore della transizione energetica, attraverso lo sviluppo dei business dell'efficienza energetica, del biometano e dell'idrogeno.

Le sedi operative della rete di trasporto sono localizzate sul territorio e svolgono funzioni di direzione e coordinamento attraverso i distretti, mentre le funzioni di gestione e manutenzione sono svolte tramite i centri operativi.

Snam, attraverso la controllata Snam Rete Gas, garantisce infatti il trasporto del gas naturale lungo tutta la penisola grazie a una rete di gasdotti che copre capillarmente il paese garantendone la sicurezza energetica. Il gas è immesso nella rete dai punti di importazione, dagli impianti di rigassificazione e dai centri di produzione e di stoccaggio, per giungere fino alle reti di distribuzione locale, ai punti di riconsegna della rete regionale o a grandi clienti finali (centrali termoelettriche o impianti di produzione industriale).

Per assicurare il regolare flusso di gas, la Società si avvale di 13 impianti di compressione dislocati lungo la rete nazionale dei metanodotti, al fine di mantenere costante la pressione del gas lungo tutto il suo percorso.

Le infrastrutture di Snam sono gestite da 8 Distretti, con funzioni di supervisione e controllo delle attività di 48 Centri di manutenzione distribuiti su tutto il territorio nazionale, nonché da un Centro di dispacciamento che effettua il monitoraggio e il controllo a distanza della rete di trasporto e coordina gli impianti di compressione.

Grazie a una piattaforma informatica sviluppata e resa disponibile, gli shipper (gli utenti che utilizzano i servizi di trasporto) hanno la possibilità di effettuare cessioni e scambi di gas presso un Punto di Scambio Virtuale (PSV) della rete nazionale.

Snam, attraverso la controllata Stogit, gestisce anche 9 impianti di stoccaggio che agiscono in sinergia con le altre infrastrutture di trasporto e rigassificazione del Gruppo, contribuendo alla sicurezza energetica del Paese. Lo stoccaggio del gas, infatti, è fondamentale per gestire fluttuazioni del fabbisogno legate alle dinamiche stagionali ed è una soluzione strategica contro eventi imprevisti, come interruzioni o riduzioni degli approvvigionamenti extra-europei, o aumenti inaspettati della domanda, dovuti a particolari condizioni atmosferiche.

Stogit, rappresenta il maggiore operatore di stoccaggio in Italia e uno dei principali in Europa. Come il business del trasporto, anche lo stoccaggio di Snam evolverà verso una struttura multi-purpose, ovvero in grado di gestire anche i gas verdi, quali idrogeno e biometano al fine di concorrere non soltanto a una maggiore sicurezza energetica ma anche al raggiungimento dell'obiettivo di neutralità carbonica al 2040.

Nell'ambito del business del gruppo per le infrastrutture gas Snam, attraverso Greenture, controllata al 100%, supportare il processo di decarbonizzazione dei trasporti e delle applicazioni off-grid favorendo la diffusione e l'utilizzo di gas naturale, biometano e idrogeno.

Bioenerys (ex Snam4Environment) promuove lo sviluppo di infrastrutture per la produzione di biometano, nonché la sua diffusione e utilizzo sul territorio nazionale favorendo la transizione ecologica e la decarbonizzazione del sistema Paese.

Renovit, piattaforma italiana partecipata da Snam e CDP Equity, promuove soluzioni innovative di efficienza energetica nei settori residenziale, industriale, terziario e Pubblica Amministrazione investendo direttamente negli interventi di decarbonizzazione, digitalizzazione e generazione di energia distribuita.

Per quanto concerne invece il processo di rigassificazione Snam, attraverso la controllata GNL Italia, si occupa della rigassificazione del gas naturale liquefatto in arrivo nel nostro Paese via mare. Una volta estratto, infatti, il gas naturale viene liquefatto - diventando GNL - tramite uno specifico processo di raffreddamento che permette una notevole riduzione del volume che viene trasportato così più agevolmente per mezzo di navi

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
|  |                                      |
| <b>RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA</b>                          | Rev. 0<br>Data: 01/03/2024<br>Pag. 8 |

metaniere. Il primo impianto di rigassificazione costruito in Italia è il terminale di Panigaglia (La Spezia), realizzato nel 1971.

Per favorire una maggiore sicurezza e diversificazione degli approvvigionamenti energetici dell'Italia, Snam ha acquistato una unità galleggiante (FSRU), denominata Golar Tundra, entrata in funzione nel 2023, con una capacità di stoccaggio di 170mila metri cubi e una capacità di rigassificazione annua di 5 miliardi di metri cubi di gas. Il terminale, oggetto della presente diagnosi, è ormeggiato presso la banchina est del porto di Piombino (Livorno).

Snam ha inoltre firmato con BW LNG un contratto per l'acquisizione del 100% del capitale sociale di FSRU I Limited, che al closing possiederà come unico asset la nave di stoccaggio e rigassificazione (FSRU) "BW Singapore". Costruita nel 2015, ha una capacità massima di stoccaggio di circa 170.000 metri cubi di gas naturale liquefatto e una capacità nominale di rigassificazione continua di circa 5 miliardi di metri cubi l'anno e potrà essere ubicata nell'Alto Adriatico, in prossimità della costa di Ravenna.





## RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA

Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 9

### 1.2 Scopo e campo di applicazione

SNAM ha ottenuto dal Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica con D.M. 145 del 3 Maggio 2023 l'Autorizzazione Integrata Ambientale per l'esercizio del Terminale FSRU Golar Tundra da ubicarsi nel Porto di Piombino (LI), alle condizioni di cui al Parere Istruttorio Conclusivo (PIC) reso dalla Commissione istruttoria AIA-IPPC con nota del 7 Aprile 2023, ed al relativo Piano di Monitoraggio e Controllo (PMC) reso dall'ISPRA con nota del 14 Aprile 2023.

Il PIC sopra citato richiede a SNAM di effettuare un "audit sull'efficienza energetica che avrà lo scopo di identificare tutte le opportunità di riduzione del consumo energetico e di efficienza di utilizzo delle risorse" entro quattro mesi dall'entrata in servizio avvenuta il 4 Luglio 2023. Il 2 Agosto 2023, SNAM ha comunicato al Ministero che "tale audit potrà essere condotto a valle dell'acquisizione dei dati relativi ai mesi autunnali, ritenuti rappresentativi delle attività di rigassificazione (frequenza maggiore di rifornimento di GNL)".

L'Analisi Energetica del sito è finalizzata alla individuazione degli usi energetici significativi correlati alle attività della FSRU, nonché all'identificazione delle opportunità di miglioramento ed alla definizione degli obiettivi sulla base delle opzioni finanziarie e tecnologiche. L'Analisi Energetica permette quindi di rilevare le prestazioni energetiche dei propri impianti e prevedere quali saranno quelle future, in modo da incrementare continuamente le proprie prestazioni e valutare le eventuali anomalie, oltre che migliorare continuamente l'efficienza energetica, l'uso e il consumo dell'energia.

L'attività di analisi è stata svolta nel corso del 2024 e riferita ai dati del secondo semestre 2023, mesi da Luglio a Dicembre, essendo il sito entrato in funzione appunto a Luglio 2023. Per quanto sopra richiamato, l'esame e la valutazione dei vettori energetici sono stati condotti per aree funzionali e per aree di consumo e, dove necessario, per singoli impianti.

Il presente documento è organizzato nelle seguenti sezioni:

- il Capitolo 2 fornisce una descrizione della metodologia adottata;
- il Capitolo 3 descrive il ciclo produttivo, gli impianti installati a bordo ed i bilanci energetici;
- Il Capitolo 4 fornisce una descrizione dettagliata del metodo di raccolta dati;
- il Capitolo 5 presenta in dettaglio l'analisi dei vettori energetici e relativi consumi;
- il Capitolo 6 presenta l'analisi dei consumi energetici ed usi significativi;
- il Capitolo 7 descrive il modello energetico del sito;
- il Capitolo 8 presenta gli indicatori energetici ed il confronto con la baseline;
- il Capitolo 9 fornisce la stima degli usi e consumi futuri;
- il Capitolo 10 presenta le buone pratiche già adottate;
- il Capitolo 11 descrive le attività di miglioramento e relative priorità;
- il Capitolo 12 delinea le conclusioni dell'attività di analisi e la sua validità.



## RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA

Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 10

### 1.3 Normativa di riferimento

La presente analisi è realizzata ai sensi della seguente normativa e dei disposti comunitari e nazionali:

- Direttiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 25 ottobre 2012 sull'efficienza energetica – modifica delle direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abrogazione delle direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE;
- Decreto Legislativo 4 luglio 2014, n. 102- Attuazione della direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica, che modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE;
- Decreto Legislativo 18 luglio 2016, n. 141- Disposizioni integrative al decreto legislativo 4 luglio 2014, n. 102, di attuazione della direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica, che modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE;
- Decreto Legislativo 14 luglio 2020, n. 73 - Attuazione della direttiva (UE) 2018/2002 che modifica la direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica, di integrazione al Decreto Legislativo 4 luglio 2014, n. 102;
- Circolare del Ministero dello Sviluppo Economico del 18/12/2014;
- Chiarimenti del Ministero dello Sviluppo Economico “Chiarimenti in materia di diagnosi energetica nelle imprese ai sensi dell’articolo 8 del decreto legislativo n. 102 del 2014” – Maggio 2015;
- Chiarimenti del Ministero dello Sviluppo Economico “Chiarimenti in materia di diagnosi energetica nelle imprese ai sensi dell’articolo 8 del decreto legislativo n. 102 del 2014” – Novembre 2016;
- Chiarimenti del Ministero dello Sviluppo Economico “Chiarimenti in materia di diagnosi energetiche e certificazione ISO 50001” - Dicembre 2018;
- Linee guida ENEA per il monitoraggio nel settore industriale per le diagnosi energetiche ex art 8 del D.Lgs. 102/2014 e s.m.i. – rev. 19 dicembre 2022;
- UNI CEI EN 16247-1:2022 Diagnosi energetiche – Aspetti generali;
- UNI CEI EN 16247-3:2022 Diagnosi energetiche – Processi;
- UNI/TR 11824:2021 - Diagnosi energetiche - Linee guida per le diagnosi energetiche dei processi;
- UNI CEI EN ISO 50001:2018 Sistemi di gestione dell’energia – Requisiti e linee guida per l’uso;
- UNI CEI 11339:2009 Gestione dell’Energia – Esperti in gestione dell’energia – requisiti generali per la qualificazione.



## 2 Metodologia dell'analisi energetica

### 2.1 Approccio metodologico

La metodologia applicata per l'esecuzione dell'analisi energetica del sito in esame è conforme alle norme tecniche UNI EN ISO 16247 ed ai requisiti delle linee guida elaborate da ENEA e dal Ministero dello Sviluppo Economico. L'intero processo di analisi fa riferimento ai consumi energetici del secondo semestre 2023, tra i mesi di Luglio e Dicembre.

La raccolta dei dati necessari all'esecuzione dell'analisi energetica è stata effettuata tramite un questionario personalizzato rivolto al sito.

Una lista non esaustiva delle informazioni richieste nel questionario include:

- consumo giornaliero di combustibili della FSRU, per tipo, per tutti i mesi di attività del 2023;
- quantità giornaliera di GNL ricevuto e gas naturale rigassificato e immesso in rete per tutti i mesi di attività del 2023;
- sistemi di monitoraggio consumi (energia elettrica, gas naturale, altri eventuali vettori energetici) presenti, indicazione delle utenze monitorate e fornitura dei dati monitorati su scala oraria o giornaliera per tutti i mesi di attività del 2023;
- layout/piani generali della FSRU;
- electric load balance della FSRU;
- manuale operativo contenente informazioni sulle apparecchiature installate a bordo
- interventi di efficienza energetica già realizzati o programmati.

RINA ha elaborato la documentazione ricevuta prima della visita al fine di raccogliere le informazioni complementari nella fase successiva e per eseguire gli approfondimenti sul campo relativi alle voci di maggiore interesse. Allo stesso modo, durante questa fase di analisi, si sono delineate le misure di efficientamento da proporre (basate sul confronto con le buone pratiche e le Best Available Techniques per siti simili) da convalidare sulla base delle evidenze della visita in sito.

Successivamente è stata effettuata una visita presso il sito, effettuata da due esperti RINA e dedicata a due attività principali:

- una visita del sito (locali tecnici, sala macchine, sistemi ausiliari, etc.) mirata alla valutazione dello stato attuale di efficienza energetica, all'identificazione di possibili miglioramenti ed al reperimento di tutte le informazioni necessarie per l'esecuzione dell'analisi energetica;
- una riunione con i rappresentanti del sito (Chief Engineer, Electrical Engineer, HSEQ Manager, ecc....) per la discussione sui dati forniti nella fase precedente e l'ottenimento di eventuali informazioni aggiuntive necessarie.

Inoltre, si è svolta una riunione in cui sono state presentate le attività di analisi e sono state richieste al personale del sito le informazioni necessarie a completamento di quelle raccolte prima del sopralluogo, per la fase successiva di elaborazione dei dati, analisi e redazione del report.

Tenendo conto dei dati forniti dal personale di bordo e di sito, dei risultati della visita e delle integrazioni richieste dopo la visita stessa sono stati elaborati i bilanci energetici del sito distinti per vettore energetico e utenze principali. I bilanci energetici così determinati sono il riferimento rispetto al quale sono stati calcolati gli indici di prestazione energetica ed i potenziali impatti degli interventi di efficienza energetica proposti.



## RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA

Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 12

Sulla base delle opportunità identificate durante la visita in sito, e della successiva analisi tecnico-economica, sono stati proposti una serie di interventi per l'incremento dell'efficienza energetica del sito. Per ciascun intervento la valutazione tecnico-economica è mirata a determinare il risparmio conseguibile (in termini di energia, di costi e di emissioni di gas serra), l'investimento necessario e gli indicatori economici relativi alla sua convenienza (tempo di ritorno, TIR, VAN) tenendo conto anche degli eventuali incentivi pubblici disponibili.

È stato infine redatto il presente elaborato, relazione di analisi energetica conforme con quanto richiesto dalle norme tecniche e dalla legislazione nazionale. Con riferimento al quadro normativo, il presente documento include:

- descrizione del sito, delle sue attività e ripartizione in aree funzionali;
- consumi energetici per ogni vettore energetico utilizzato ed area funzionale (determinati ove possibile sulla base di monitoraggi effettuati dal Cliente o in alternativa sulla base di dati tecnici e di utilizzo dei vari impianti);
- indici prestazionali specifici per l'attività produttiva realizzata;
- mappatura dei macchinari e degli impianti per area funzionale;
- confronto delle tecnologie utilizzate con gli standard di mercato;
- definizione del piano di monitoraggio dei consumi energetici;
- definizione di un piano d'azione per l'efficientamento energetico, costituito da interventi migliorativi mirati alla riduzione dei fabbisogni energetici a parità di destinazione d'uso, posti in ordine di priorità in un'ottica di analisi costi-benefici.

### 2.1.1 *Struttura energetica aziendale*

Al fine di sviluppare l'analisi energetica in conformità ai criteri minimi contenuti nelle norme tecniche UNI CEI EN 16247 parti da 1 a 4, e in coerenza all'Allegato 2 della circolare MISE del novembre 2016, verranno descritti gli utilizzi di tutti i vettori energetici e ne saranno fornite informazioni sulla metodologia di raccolta dati, al fine di costruire lo schema energetico di sito.

Tale schema dovrà essere costruito relativamente ad ogni vettore energetico primario utilizzato a bordo della FSRU ed avrà lo scopo di suddividere i consumi del vettore specifico tra le diverse utenze presenti.

L'analisi verrà realizzata sulla base della suddivisione per attività principali, servizi ausiliari e generali come rappresentato dallo schema di flusso sottostante.

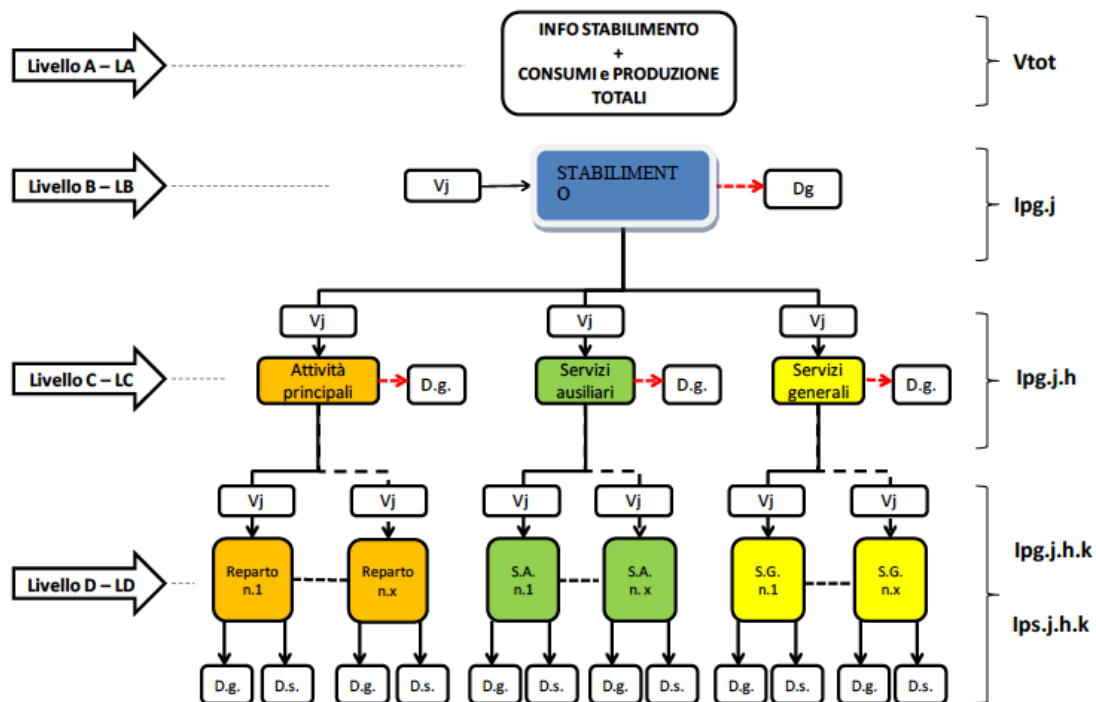


Figura 2.1: Schematizzazione della Struttura Energetica Aziendale

### 2.1.2 Significatività e rilevanza degli usi energetici: analisi di dettaglio

Tra gli usi energetici del sito vanno individuati quelli rilevanti per i quali sarebbe opportuno procedere con un'analisi di dettaglio, la quale dipende dalla dimensione energetica di ciascuna area funzionale, fermandosi quando essa rappresenta meno del 5% dei consumi energetici totali dell'azienda. In assenza di dati dettagliati di monitoraggio, la ripartizione dei consumi sarà basata su dati tecnici e di utilizzo degli impianti, o su monitoraggi con strumentazione portatile<sup>1</sup>.

L'analisi di dettaglio sarà condotta con la seguente metodologia:

- descrizione delle aree funzionali: identificazione dettagliata di macchinari ed impianti di ciascuna area funzionale. A tale scopo risultano essenziali i documenti impiantistici della FSRU forniti dal personale di bordo;
- indicatore generale "ENPIG": valutazione delle prestazioni energetiche generali basate su variabili significative come consumi energetici e produzioni;
- definizione della baseline energetica "EnB": livello di consumo energetico da adottare come riferimento e determinato attraverso un'analisi dei consumi passati, essenziale per valutare l'efficacia degli interventi energetici futuri.

Tale approccio permette di individuare le aree più efficienti o di spreco. L'analisi energetica si completa con interventi mirati di efficienza energetica per ridurre i fabbisogni energetici mantenendo la stessa qualità di prodotti o servizi, aumentando così la competitività aziendale.

<sup>1</sup> <https://www.mimit.gov.it/images/stories/documenti/CHIARIMENTI-DIAGNOSI-14-nov-2016.pdf>



### 3 Ciclo produttivo e usi energetici

#### 3.1 Dati generali del sito produttivo

La Floating Storage and Regasification Unit (FSRU) Golar Tundra è di proprietà della società SNAM FSRU ITALIA S.r.l. ed è attualmente ormeggiata nel Porto di Piombino, in provincia di Livorno.

Una vista esterna della nave è mostrata in Figura 3.1 mentre i dati generali sono riportati in Tabella 3.1.



Figura 3.1: Vista esterna della FSRU Golar Tundra

Tabella 3.1: Dati generali del sito produttivo

|   |                                    |
|---|------------------------------------|
| Nome della nave                                     | Golar Tundra                       |
| Tipologia di Nave                                   | FSRU                               |
| Costruttore   | Samsung Heavy Industries Co., Ltd. |
| Anno di costruzione                                 | 2015                               |
| Lunghezza [m]                                       | 292,5                              |
| Larghezza [m]                                       | 43,42                              |
| Altezza [m]   | 44,00                              |
| Pescaggio [m]                                       | 12,30                              |
| Peso [ton]  | 106.806                            |
| Capacità Rigassificazione [Sm <sup>3</sup> /giorno] | 21.000.000                         |
| Località di esercizio                               | Porto di Piombino (LI)             |
| Zona climatica                                      | C                                  |
| Gradi Giorno ai sensi del dpr 412/93 e s.m.i. [GG]  | 1.245                              |
| Latitudine e Longitudine                            | 42.9393, 10.5591                   |
| Tipologia   | Impianto industriale               |



### **3.2 Descrizione delle attività principali**

La FSRU Golar Tundra svolge l'attività produttiva di rigassificazione di gas naturale liquefatto (GNL) in gas naturale (GN).

Il GNL giunge presso la nave mediante trasporto via mare con apposite navi gasiere. Affinché il trasporto marittimo sia possibile, il gas naturale deve essere raffreddato alla temperatura di  $-160^{\circ}\text{C}$  e trasformato in liquido. Giunto al terminale il GNL viene scaricato, immagazzinato in serbatoi di stoccaggio e, dopo innalzamento della pressione ai valori di rete, ricondotto allo stato gassoso con una semplice operazione di scambio termico con acqua di mare. Infine, viene immesso nella rete nazionale dei gasdotti.

La FSRU Golar Tundra, ormeggiata presso la Banchina Est del Porto di Piombino svolge le seguenti attività:

- Servizio di carico GNL da nave metaniera;
- Servizio di rigassificazione;
- Stoccaggio senza servizio di rigassificazione;
- Servizio di gestione del Boil-Off Gas;
- misura della quantità e qualità (eventuale correzione del gas finale);
- immissione in rete di trasporto SNAM del gas naturale gassoso.

#### FASE 1: Servizio di carico GNL da nave metaniera

La FSRU è rifornita tramite l'arrivo periodico di navi metaniere di taglia simile, le quali attraverso l'ormeggio Ship-To Ship (STS) convogliano il GNL dai propri serbatoi a quelli della FSRU, tramite 5 manichette, quattro di ricezione e 1 di ritorno vapori.

#### FASE 2: Servizio di rigassificazione

Il sistema di rigassificazione posto a prua ha una capacità massima di rigassificazione di circa  $880.000 \text{ Sm}^3/\text{h}$  e prevede l'utilizzo di 3 treni di rigassificazione, ciascuno con una portata massima di  $294.500 \text{ Sm}^3/\text{h}$ . Il sistema prevede inoltre:

- n.6 pompe booster ciascuna con capacità di  $260 \text{ m}^3/\text{h}$  che aumentano la pressione del flusso GNL fino a 75 bar;
- n.3 pompe di sollevamento dell'acqua di mare dotate di filtro, ciascuna con una capacità massima di  $6.000 \text{ m}^3/\text{h}$ , situate nella sala di prua;
- n.6 scambiatori di calore utilizzati per vaporizzare il GNL prima dell'invio in rete.

Il processo di rigassificazione del GNL consiste nel passaggio del gas naturale dallo stato liquido allo stato gassoso per effetto di una variazione di temperatura all'interno degli scambiatori di calore con pressione costante, pari a 1 atm. Nello specifico, all'interno dei vaporizzatori, il GNL viene fatto fluire in tubature (di ampiezza tale da consentirne l'aumento di volume) a sua volta immerse completamente in condutture contenenti acqua marina a temperatura ambiente. La differenza di temperatura tra i due fluidi presenti nei due sistemi di tubazioni (che non entrano mai in contatto diretto) è sufficientemente elevata da riscaldare il GNL al punto di farlo ritornare gassoso. Al riscaldamento del GNL corrisponde un raffreddamento dell'acqua marina che, per questo motivo, viene continuamente sostituita. Per adempiere a questa funzione, il sistema richiede un continuo prelievo di acqua marina per una portata massima di  $18.000 \text{ m}^3/\text{h}$ .

L'acqua utilizzata durante il processo sarà poi reimpressa in mare. Il gradiente termico massimo dell'acqua di mare tra la temperatura in ingresso e quella in uscita risulterà pari a  $7^{\circ}\text{C}$ . Come si è detto, il sistema





## RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA

Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 16

impiantistico di rigassificazione è progettato per operare in continuità per 365 giorni all'anno 24 ore su 24 ore e si prevede una portata annuale di gas naturale di circa 5 miliardi di standard metri cubi.

### FASE 3: Stoccaggio senza servizio di rigassificazione

Nella parte centrale della carena, la FSRU Golar Tundra è dotata di n. 4 serbatoi per lo stoccaggio di GNL che hanno complessivamente capacità nominale di stoccaggio GNL pari a circa 170.000 m<sup>3</sup>, suddivisi in termini di volume operativo in n. 1 serbatoio da circa 24.000 m<sup>3</sup> e n. 3 serbatoi da circa 48.000 m<sup>3</sup>.

La temperatura di stoccaggio GNL è di circa -163 °C e pressione costante pari ad 1 atm. Dai serbatoi di stoccaggio il GNL viene inviato ad un collettore principale per mezzo di un sistema di pompaggio costituito da pompe in-tank.

### FASE 4: Servizio di gestione del Boil-Off Gas

Il Boil-off gas (BOG) è prodotto dalla vaporizzazione spontanea del GNL derivante dalla movimentazione del fluido e dello scambio termico con l'esterno. Si prevede che la produzione di BOG dell'impianto vari in funzione delle operazioni attive. È previsto l'invio del BOG al ricondensatore per il recupero del GNL e all'utilizzo a bordo come combustibile per i generatori installati in sala macchine.

### FASE 5: Misura della qualità e quantità (eventuale correzione del gas finale)

Il GN in uscita dai vaporizzatori viene analizzato tramite gascromatografi e prima dell'immissione nel metanodotto viene misurata la quantità tramite misuratore finale ad ultrasuoni. Qualora il GN in uscita dai vaporizzatori non rispettasse le specifiche di interscambiabilità con il gas di rete viene corretto mediante l'aggiunta di un fluido a potere calorifico nullo (aria privata di ossigeno). L'aria essiccata viene compressa fino alla pressione finale di esercizio del metanodotto da due linee di compressori in parallelo.

### FASE 6: Immissione in rete di trasporto SNAM del gas naturale gassoso

Dopo il processo di rigassificazione, il gas naturale prodotto dal processo viene pompato nella rete di trasporto gestita da SNAM tramite due manichette. La condotta si estende per tutta la lunghezza della Banchina Est prima di essere interrata alla sua estremità.

Il sistema impiantistico di rigassificazione è progettato per operare senza soluzione di continuità per 365 giorni all'anno 24 ore su 24 ore assicurando una portata annuale di gas naturale di circa 5 miliardi di standard metri cubi.

In conclusione, per prevenire la proliferazione di microorganismi marini nel circuito di scambio termico, l'acqua di mare viene trattata con ipoclorito, ottenuto tramite elettrolisi a bordo della stessa FSRU. Il progetto garantisce che la quantità di cloro aggiunto sarà inferiore al limite di 0,2 mg/l prescritto dalla normativa vigente (con riferimento all'Allegato 5 alla parte III del D.Lgs. 152/2006 e successive modifiche). Dopo l'utilizzo nell'impianto, l'acqua trattata sarà rilasciata in mare.

Per quanto riguarda la produzione di energia elettrica necessaria al funzionamento dei sistemi impiantistici della FSRU, questa viene autogenerata tramite quattro motori di tipo marino, alimentati a gas, installati all'interno della FSRU. Durante il normale funzionamento della FSRU, è necessario che due motori siano operativi contemporaneamente. Questo può avvenire con due configurazioni:

- due motori da 11.000 kW ciascuno; oppure
- un motore da 11.000 kW e un motore da 5.500 kW.



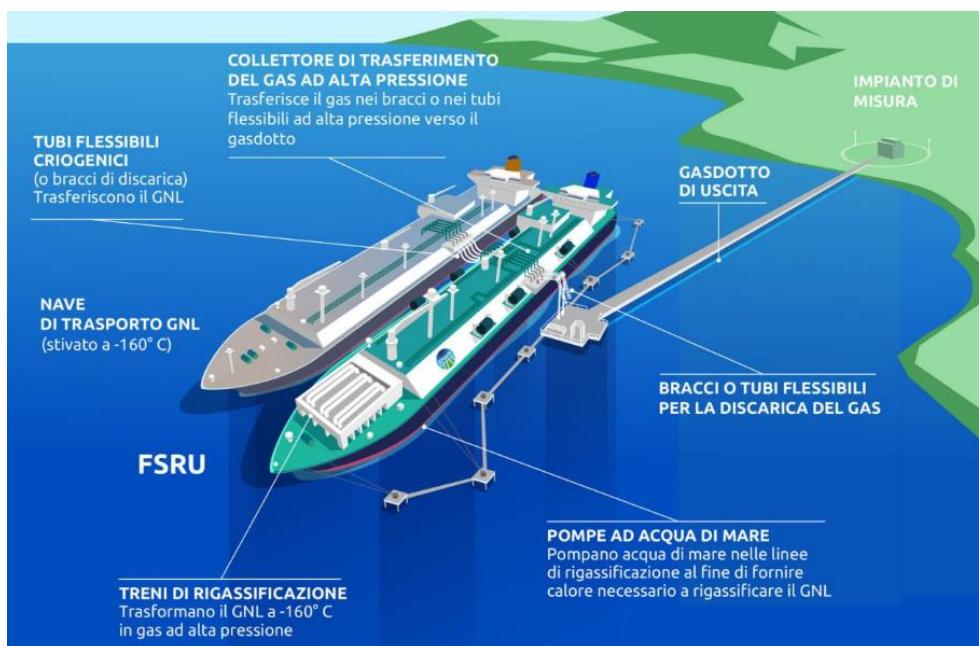


Figura 3.2 : rappresentazione semplificata del processo<sup>2</sup>

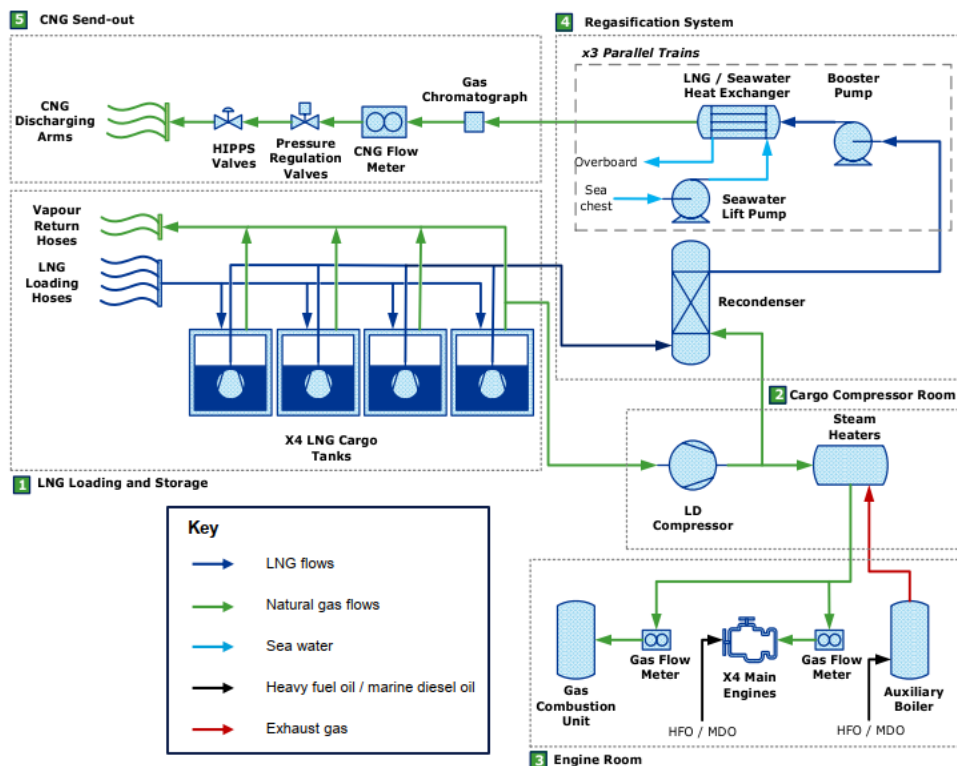


Figura 3.3: Schema generale del processo

Si specifica che le operazioni marittime delle navi metaniere (navigazione, attracco, scarica) non rientrano nelle attività di SNAM FSRU Italia.

In Allegato 1 è presentato lo schema generale con indicate le varie aree funzionali della FSRU Golar Tundra.

<sup>2</sup> <https://www.snam.it/it/noi-snam/chi-siamo/le-nostre-infrastrutture/i-terminali-di-rigassificazione.html>



## RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA

Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 18

### 3.3 Impianti e utilities

Le attività produttive della Golar Tundra si svolgono nelle seguenti aree:

- zona di ricezione GNL da navi metaniere, costituita da cinque manichette (quattro di ricezione e 1 di ritorno vapori);
- zona di stoccaggio con 3 serbatoi con capacità nominale (98.5%) di circa 47.950 m<sup>3</sup> e 1 serbatoio di capacità nominale di 23.900 m<sup>3</sup>;
- impianto di rigassificazione, con send-out di picco pari a 750MMSCFD, pari a circa 883.000 Sm<sup>3</sup>/h;
- zona di mandata del GNL rigassificato dalla FSRU alla rete nazionale.

A bordo della FSRU, sono presenti, a supporto della produzione, tutti gli impianti ed utilities ausiliari al processo e necessari al funzionamento dell'impianto in navigazione Offshore, come ad esempio:

- sistemi di propulsione per la navigazione;
- sala macchine e sala di controllo per la supervisione del corretto funzionamento della FSRU in tutte le sue fasi;
- centrale termica e impianti di ventilazione/climatizzazione.

A bordo, sono anche presenti alloggi per l'equipaggio, una cucina ed i servizi di lavanderia.

L'impianto ha la seguente potenzialità:

- 21.000.000 Sm<sup>3</sup> di GNL rigassificato/giorno in condizioni di picco;
- 5.000.000.000 Sm<sup>3</sup> di GN immesso in rete/anno.

Di seguito si dettaglia la struttura energetica aziendale dividendo le attività principali dai servizi ausiliari e servizi generali. In Tabella 3.2 verranno riportate le specifiche tecniche degli impianti installati a bordo.

Tabella 3.2: Struttura energetica FSRU Golar Tundra

| Tipologia           | Attività   |
|---------------------|--|
| Attività principali | LNG Booster Pumps                                      |
|                     | Sea Water Lift Pumps                                   |
|                     | Impianto di Rigassificazione (Altre utenze principali) |
|                     | Emergency Cargo/LNG Feed Pump                          |
|                     | L/D Compressors  |
|                     | Water Spray Pump                                       |
| Servizi Ausiliari   | Sala Macchine  |
|                     | Centrale Termica                                       |
|                     | Impianto di movimentazione merci (impianti ausiliari)  |
|                     | Ventilazione Sala Macchine                             |
| Servizi Generali    | Sistema Di Propulsione                                 |
|                     | Scaldacqua   |
|                     | Sistema Di Trattamento Delle Acque Di Scarico          |
|                     | Impianto Di Movimentazione Merci                       |
|                     | Deck Machinery   |
|                     | Climatizzazione E Refrigerazione (Produzione)          |

**RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA**Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 19

|  |                                     |
|--|-------------------------------------|
|  | Ventilazione dei locali di alloggio |
|  | Illuminazione                       |
|  | Navigazione E Comunicazione         |
|  | Cucina                              |
|  | Lavanderia                          |
|  | Altre Utenze Generali               |
|  | Perdite (Gas Combustion Unit)       |

In Tabella 3.3 si riportano le principali caratteristiche tecniche degli impianti/componenti facente parte delle attività principali della FSRU.

*Tabella 3.3: Dettaglio caratteristiche tecniche - attività principali*

| LNG Booster Pumps                                      |                             |
|--|-----------------------------|
| Numero e Portata                                       | 6 x 260 m <sup>3</sup> /h   |
| Tipologia  | Inverter                    |
| Pressione di mandata                                   | 126 barg                    |
| Alimentazione  | Elettrica                   |
| Sea Water Lift Pumps                                   |                             |
| Numero   | 3 x 6.000 m <sup>3</sup> /h |
| Tipologia  | Inverter                    |
| Pressione di mandata                                   | n.d.                        |
| Alimentazione  | Elettrica                   |
| Impianto di Rigassificazione (Altre utenze principali) |                             |
| Tipologia  | Switchboards e MGPS         |
| Emergency Cargo/LNG Feed Pump                          |                             |
| Numero e Portata                                       | 4 x 650 m <sup>3</sup> /h   |
| Tipologia  | Inverter                    |
| Pressione di mandata                                   | 9 barg                      |
| Alimentazione  | Elettrica                   |
| L/D Compressors  |                             |
| Numero e Portata                                       | 2 x 4.430 m <sup>3</sup> /h |
| Tipologia  | Inverter                    |
| Pressione di mandata                                   | 6,5 barA                    |
| Alimentazione  | Elettrica                   |
| Water Spray Pumps                                      |                             |
| Numero e Portata                                       | 1 x 1.500 m <sup>3</sup> /h |
| Tipologia  | Inverter                    |
| Prevalenza   | 90 m                        |
| Alimentazione  | Elettrica                   |



## RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA

Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 20

In Tabella 3.4 e Tabella 3.5 si riportano invece le caratteristiche tecniche delle principali utenze facente parte dei servizi ausiliari e generali della FSRU.

Tabella 3.4: Dettaglio caratteristiche tecniche – servizi ausiliari

| Sala macchine   |   |
|---|---|
| Descrizione   | <p>Principali servizi ausiliari facente parte dell'area funzionale "Sala macchine":</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• MGE HFO SUPPLY PUMP FOR MGE, n°1 x 3,05 kW e 1 x 5,48 kW</li><li>• MGE HFO CIRC. PUMP FOR MGE, n°1 x 9,6 kW e 1 x 14 kW</li><li>• MGE HFO CIRC. PUMP FOR MGE, n°1 x 158,7 kW</li><li>• CENTRAL C.F.W. PUMP, n°1 x 58,5 kW</li><li>• CARGO MACH. C.F.W. PUMP, n°1 x 49,5 kW</li><li>• CARGO MACH. C.S.W. PUMP, n°1 x 41,6 kW</li><li>• PACK.AIR COND. C.F.W. PUMP, n°1 x 4,6 kW</li><li>• START AIR COMPRESSOR, n°1 x 25,7 kW</li><li>• CONTROL AIR COMPRESSOR NO.1, n°1 x 58,2 kW</li><li>• G/S AIR COMPRESSOR, n°1 x 39,6 kW</li><li>• FIRE JOCKEY PUMP, n°1 x 6,3 kW</li><li>• F.W.SUPPLY UNIT, n°1 x 4,9 kW</li><li>• HFO PURIFIER, n°1 x 23,1 kW</li><li>• HFO PURIFIER FEED PUMP, n°1 x 3,0 kW</li><li>• MGO PURIFIER, n°1 x 12,4 kW</li><li>• MGO PURIFIER FEED PUMP, n°1 x 3,0 kW</li><li>• LO PURIFIER, n°1 x 10,1 kW</li><li>• LO PURIFIER FEED PUMP, n°1 x 3,0 kW</li></ul> |
| Centrale Termica                                      |   |
| Descrizione   | <p>Principali servizi ausiliari facente parte dell'area funzionale "Centrale Termica":</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• AUX BOILER FD FAN, n°1 x 16,1 kW</li><li>• AUX BOILER FO PUMP, n°2 x 3,1 kW</li><li>• AUX BOILER MGO SUPPLY PUMP, n°1 x 0,5 kW</li><li>• AUX BOILER FEED W. PUMP, n°1 x 16,4 kW</li><li>• BOILER WATER CIRC. PUMP, n°1 x 4,1 kW</li><li>• BOILER PREHEATER, n°1 x 21,6 kW</li></ul>  |
| Impianto di Movimentazione Merci (Impianti Ausiliari) |   |
| Descrizione   | <p>Principali servizi ausiliari facente parte dell'area funzionale "Impianto di Movimentazione Merci (Impianti Ausiliari)":</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• L/D COMP. AUX LO PUMP, n°2 x 9,2 kW</li><li>• HYD.PP FOR CAR.V/V(MAIN), n°2 x 32,5 kW</li><li>• N2 GENERATOR, n°1 x 4,0 kW</li><li>• N2 GENERATOR COMPR., n°1 x 91,3 kW</li></ul>   |
| Ventilazione Sala Macchine                            |   |
| Descrizione   | <p>Principali servizi ausiliari facente parte dell'area funzionale "Ventilazione Sala Macchine"</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• E/R SUPPLY FAN 1&amp;4, n°2 x 68,3 kW</li><li>• E/R SUPPLY FAN 2&amp;3(LOW), n°2 x 16,3 kW</li><li>• CARGO MACH.ROOM EXH. FAN, n°1 x 20,2 kW</li><li>• EL. MOTOR ROOM SUP. FAN, n°1 x 9,7 kW</li><li>• SANITARY SPACE EXH. FAN, 1 x 5,7 kW</li><li>• BOSUN STORE SUP. FAN, n°1 x 24,5 kW</li><li>• FWD PUMP ROOM SUP. FAN, n°1 x 53,3 kW</li></ul>  |



## RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA

Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 21

Tabella 3.5: Dettaglio caratteristiche tecniche – servizi generali

| Sistema Di Propulsione                        |   |
|---|---|
| Descrizione                                   | <ul style="list-style-type: none"><li>Agglomerato di utenze generali per una potenza nominale complessiva di 9,1 kW</li></ul>   |
| Scaldacqua                                    |   |
| Descrizione                                   | <ul style="list-style-type: none"><li>CALORIFIER, n°1 x 30,0 kW</li></ul>   |
| Sistema Di Trattamento Delle Acque Di Scarico |   |
| Descrizione                                   | <ul style="list-style-type: none"><li>SEWAGE TREATMENT SYS, n°1 x 7,4 kW</li></ul>  |
| Impianto Di Movimentazione Merci              |   |
| Descrizione                                   | Principali servizi ausiliari facente parte dell'area funzionale "Impianto di Movimentazione Merci": <ul style="list-style-type: none"><li>BALLAST PUMP, n°2 x 373,7 kW x 3.000 m³/h</li><li>GLYCOL WATER PUMP, n°1 x 8,6 kW x 30 m³/h</li></ul>   |
| Deck Machinery                                |   |
| Descrizione                                   | Principali servizi ausiliari facente parte dell'area funzionale "Deck Machinery": <ul style="list-style-type: none"><li>AFT DECK MACH HYD PUMP, n°2 x 140,4 kW</li><li>HOSE HANDLING CRANE, n°1 x 35,5 kW</li></ul>   |
| Climatizzazione E Refrigerazione (Produzione) |   |
| Descrizione                                   | Principali servizi ausiliari facente parte dell'area funzionale "Climatizzazione E Refrigerazione (Produzione)": <ul style="list-style-type: none"><li>AIR COND. COMP., n°2 x 141,9 kW</li><li>AHU SUPPLY FAN, n°2 x 27,8 kW</li><li>REFER PROVISION PLANT, n°1 x 17,7 kW</li><li>PACKAGE A/C, ECR, n°1 x 19,2 kW</li><li>PACKAGE A/C, W/SHOP, n°1 x 11,9 kW</li><li>PACKAGE A/C, GALLEY, n°1 x 26,4 kW</li><li>PACKAGE A/C, MSB RM, n°2 x 19,2 kW</li><li>PACKAGE A/C, CSB RM, n°2 x 16,0 kW</li></ul> |
| Ventilazione dei locali di alloggio           |   |
| Descrizione                                   | <ul style="list-style-type: none"><li>Sistemi di ventilazione dei locali di alloggio, con potenza complessiva nominale di 6,6 kW</li></ul>  |
| Illuminazione                                 |   |
| Descrizione                                   | Al fine di avere una visione completa dell'impianto di illuminazione installato a bordo della FSRU, si rimanda al censimento proposto in Tabella 3.6  |
| Navigazione E Comunicazione                   |   |
| Descrizione                                   | Principali servizi ausiliari facente parte dell'area funzionale "Navigazione e Comunicazione": <ul style="list-style-type: none"><li>COMMUNICATION EQUIP'T, n°1 x 12,5 kW</li><li>UPS, n°2 x 66,7 kW</li></ul>  |
| Cucina  |   |
| Descrizione                                   | <ul style="list-style-type: none"><li>GALLEY EQUIPMENT, con utenze intallate di potenza nominale complessiva di 140,0 kW</li></ul>  |
| Lavanderia                                    |   |
| Descrizione                                   | <ul style="list-style-type: none"><li>LAUNDRY EQUIPMENT, con utenze intallate di potenza nominale complessiva di 90,0 kW</li></ul>  |
| Altre Utenze Generali                         |   |
| Descrizione                                   | <ul style="list-style-type: none"><li>Agglomerato di altre utenze generali per una potenza nominale complessiva di 85,0 kW</li></ul>  |



## RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA

Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 22

Con riferimento al servizio generale di illuminazione precedentemente menzionato, si fornisce il censimento dei corpi illuminanti inclusi nel sistema di illuminazione interno ed esterno della FSRU. Si sottolinea che questo censimento riguarda la configurazione originale dell'impianto, compresi i modelli e le potenze inizialmente installate. È importante notare che al momento è in corso un programma di sostituzione dei corpi illuminanti con nuove tecnologie a LED, il quale ha fino ad ora coinvolto il 30% dei corpi illuminanti installati nei locali interni alla FSRU.

Tabella 3.6: Censimento impianto di illuminazione interna ed esterna

| CENSIMENTO ILLUMINAZIONE:<br>ESTERNA - INTERNA                  | APPLICAZIONE   | N°  | kW/unità |
|---|--|-----|----------|
| Fl 2x 18 w ceiling light surface type ip20                      | Accommodation space                                  | 119 | 0,036    |
| Fl 2x 18 w ceiling light surface type ip20 battery back up      | Accommodation space                                  | 40  | 0,036    |
| Fl 2x 36 w ceiling light surface type ip20                      | Accommodation space                                  | 117 | 0,072    |
| Fl 2x 36 w ceiling light surface type ip20 battery back up      | Cargo switch board room                              | 4   | 0,072    |
| Fl 2x18w ceiling lig ip20ht semi flush type ip20                | W/h,accommodation space                              | 4   | 0,036    |
| Fl 2x36w ceiling lig ip20ht semi flush type ip21                | W/h,public spaces                                    | 38  | 0,072    |
| Fl 2x18w ceiling light ip56                                     | Machinery,store locker etc                           | 70  | 0,036    |
| Fl 2x18w ceiling light with battery pack                        | Machinery space                                      | 7   | 0,036    |
| Fl 2x36 w ceiling light ip 56                                   | Machinery,store locker etc                           | 530 | 0,072    |
| Fl 2x18w,ceiling light thin surface ip44                        | Galley,laundry,changing room,etc                     | 11  | 0,036    |
| Fl 2x 36 w ceiling light thin surface ip 44                     | Galley,laundry,changing room,etc                     | 16  | 0,072    |
| Fl 2x18w,outside light ip 67                                    | Accommodation f/c outside use                        | 92  | 0,036    |
| Fl 2x18w,outside light ip 67 with battery pack                  | Accommodation f/c outside use                        | 10  | 0,036    |
| Fl 2x18w explosion proof light ip67,exed iic t5                 | Under deck passage,cargo mach.room,el.motor room etc | 260 | 0,036    |
| Fl 2x36w explosion proof light ip67,exed iic t5                 | Under deck passage,cargo mach.room,el.motor room etc | 65  | 0,072    |
| Fl 2x18w explosion proof light ip67,exd iic t6                  | Paint store cargo machinery,etc                      | 5   | 0,036    |
| Fl 2x36w explosion proof light ip67,exd iic t6                  | E/r area,f/c area,elec and cargo mach room           | 6   | 0,072    |
| Fl 15w bed light  | General cabins                                       | 50  | 0,015    |
| Fl 20 w mirror light ip44                                       | Toilets  | 3   | 0,020    |
| Fl 15w mirror light ip 44                                       | Publoc toilets                                       | 48  | 0,015    |
| Fl 13 w pendant light ip56                                      | E/r area,store                                       | 58  | 0,013    |
| Fl 13 w pendant light ip57 with glove/sreen                     | Sight glasses  | 5   | 0,013    |
| Tc-18w down light flush mounting type                           | Accommodation  | 32  | 0,018    |
| Tc-23w explosion proof type pendant light ip67 exd iic t5       | Cofferdam,life raft storage area                     | 28  | 0,023    |
| Il-15w step light ip 54   | Accommodation  | 16  | 0,015    |
| Il-100 ceiling light ip56                                       | Coold chambers                                       | 11  | 0,100    |
| Il-60w wall light decorative type                               | Accommodation  | 38  | 0,060    |
| 400w hp sodium flood light ip67                                 | Deck ilumination                                     | 25  | 0,400    |
| 2x 400w hp sodium flood light ip67                              | Deck ilumination                                     | 35  | 0,800    |
| 500w halogen flood light ip67                                   | E/r,provision crane etc                              | 32  | 0,500    |
| 500W halogen flood light ip67 explosion proof exdeiib           | acc lader ,el motor room                             | 6   | 0,500    |
| 400w hp sodium flood light ip67 explosion proof ip 66exd iic t4 | Mooring space  | 10  | 0,400    |
| 300w halogen flood light ip67                                   |  | 2   | 0,300    |



## RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA

Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 23

Infine, si riportano alcuni dettagli relativamente ai serbatoi di stoccaggio presenti a bordo della FSRU Golar Tundra.

Tabella 3.7: Dettaglio caratteristiche tecniche – serbatoi

| Serbatoio di stoccaggio di Olio Combustibile |   |
|--|---|
| Numero serbatoi                              | 1   |
| Capacità                                     | 5.818 m <sup>3</sup> + 1.296 m <sup>3</sup> (Diesel Oil)                                      |
| Contenuto                                    | HFO, LS HFO, DO   |
| Sistema di movimentazione                    | Pompe di circolazione   |
| Serbatoi di stoccaggio Acqua Dolce           |   |
| Numero serbatoi                              | 1 (Acqua distillata) +1 (Acqua ad uso domestico)  |
| Capacità                                     | 105 m <sup>3</sup> + 400 m <sup>3</sup>   |
| Tipologia                                    | A pressione atmosferica   |
| Contenuto                                    | Acqua distillata e ad uso domestico   |
| Serbatoi di stoccaggio GNL                   |   |
| Numero serbatoi                              | 4   |
| Capacità (lorda)                             | 24.291 m <sup>3</sup> + 48.705 m <sup>3</sup> + 48.687 m <sup>3</sup> + 48.689 m <sup>3</sup> |
| Contenuto                                    | GNL (Gas Naturale Liquefatto)   |
| Sistema di movimentazione                    | pompe sommerse  |

### 3.4 Prodotti e materie prime

Come riportato nei paragrafi precedenti, la FSRU Golar Tundra svolge l'attività produttiva di rigassificazione di gas naturale liquefatto (GNL) in gas naturale (GN). La materia prima utilizzata è dunque il GNL ed il prodotto realizzato il gas naturale immesso in rete. Il processo rende necessario esclusivamente l'utilizzo di acqua di mare per il processo di rigassificazione tramite scambio termico e l'uso di energia elettrica.

L'intero fabbisogno di energia elettrica della FSRU Golar Tundra è coperto da quattro generatori, alimentati in normali condizioni operative esclusivamente dal Boil-Off Gas e posizionati nella sala macchine. Tra questi, tre presentano una potenza di 11.000 kW ciascuno, mentre il quarto ha una potenza di 5.500 kW, portando la potenza totale installata a 38.500 kW.

Il consumo di energia elettrica è principalmente correlato al processo di rigassificazione del GNL; si rimanda al paragrafo successivo per maggiori dettagli.

### 3.5 Fabbisogni energetici e dati di attività

Per il corretto funzionamento della FSRU Golar Tundra, una frazione del GNL evaporato nello stoccaggio, chiamata anche Boil-off Gas (BOG) viene prelevata per alimentare i quattro Generatori (MGE), responsabili della produzione di tutta l'energia elettrica richiesta per garantire il corretto svolgimento del processo di rigassificazione e di tutte le attività a bordo nave. Il BOG eventualmente in eccesso, anche a valle della ricompressione tramite compressori dedicati, è bruciato nelle Unità di Combustione (GCU).

Di seguito, i dati relativi al consumo di Boil-Off Gas verranno trattati sia come volume di GNL, pertanto espressi in m<sup>3</sup> di liquido, che come volume di Gas Naturale espresso in Sm<sup>3</sup>, che corrispondono alla frazione di GNL rigassificata ma non immessa in rete.

Oltre al BOG, presso la FSRU viene consumata anche una minima quantità di diesel, utilizzato come innesco per il pilota e in piccola frazione come combustibile, nei generatori (MGE), e nella centrale termica.

Nella Tabella 3.8, vengono riportati i quantitativi di Boil-off Gas e Diesel consumati tra i mesi di Luglio e Dicembre 2023.



## RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA

Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 24

Tabella 3.8: Consumi complessivi dei vettori energetici

| Luglio - Dicembre 2023 |               |        |        |          |
|------------------------|---------------|--------|--------|----------|
| Boil-Off Gas           |               | Diesel |        | TOT.     |
| m <sup>3</sup> GNL     | 14.602,88     | t      | 122,95 |          |
| Sm <sup>3</sup> GN     | 8.791.785,00* |        |        |          |
| TEP                    | 7.624,70      | TEP    | 125,41 | 7.750,16 |
| % TEP                  | 98,38%        | % TEP  | 1,62%  | 100%     |

\* valore complessivo di motori e GCU

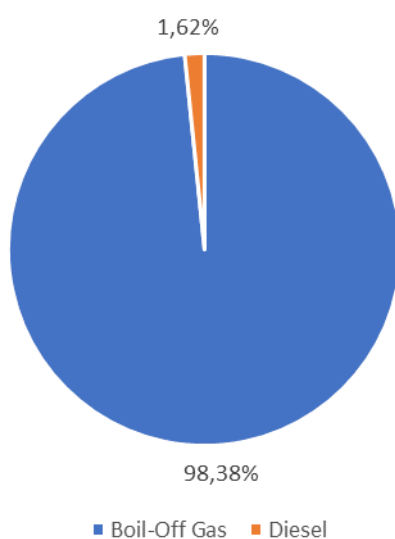


Figura 3.4: Ripartizione dei consumi energetici effettivi – 2023

In Tabella 3.9 e Tabella 3.10 si riportano rispettivamente i consumi energetici mensili di BOG e Diesel ripartiti per le diverse utenze, mentre in Tabella 3.11 viene riportata la produzione di energia elettrica dei 4 generatori a supporto delle attività svolte a bordo della FSRU.

La Figura 3.5 mostra invece graficamente quanto riportato in Tabella 3.11.

Tabella 3.9: Consumi di Boil-Off Gas, periodo Luglio -Dicembre 2023

| Anno 2023 | Boil-Off Gas<br>MGE 1, 2, 3, 4 | Boil-Off Gas<br>GCU  | Totale               |
|-----------|--------------------------------|----------------------|----------------------|
|           | [m <sup>3</sup> GNL]           | [m <sup>3</sup> GNL] | [m <sup>3</sup> GNL] |
| Luglio    | 1.984,32                       | 385,93               | 2.370,30             |
| Agosto    | 1.442,25                       | 0                    | 1.442,30             |
| Settembre | 1.135,93                       | 134,4                | 1.270,33             |
| Ottobre   | 2.803,18                       | 0                    | 2.803,18             |
| Novembre  | 3.348,86                       | 0                    | 3.348,86             |
| Dicembre  | 3.367,91                       | 0                    | 3.367,91             |
| Totale    | 14.082,50                      | 520,33               | 14.602,88            |





## RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA

Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 25

Tabella 3.10: Consumi di Diesel, periodo Luglio -Dicembre 2023

| Anno 2023 | Diesel<br>MGE 1, 2, 3, 4 | Diesel<br>Pilota | Diesel<br>Centrale termica | Totale |
|-----------|--------------------------|------------------|----------------------------|--------|
|           | [MT]                     | [MT]             | [MT]                       | [MT]   |
| Luglio    | 1,79                     | 23,61            | -                          | 25,4   |
| Agosto    | 2,12                     | 16               | -                          | 18,12  |
| Settembre | 5,53                     | 10,56            | -                          | 16,09  |
| Ottobre   | 0,86                     | 21,3             | -                          | 22,16  |
| Novembre  | 4,24                     | 19,1             | -                          | 23,34  |
| Dicembre  | 0,94                     | 16,9             | -                          | 17,84  |
| Totale    | 15,48                    | 107,47           | -                          | 122,95 |

Tabella 3.11: Produzione energia elettrica a bordo, periodo Luglio -Dicembre 2023

| Anno 2023 | MGE 1    | MGE 2    | MGE 3    | MGE 4     | Energia Elettrica<br>Prodotta |
|-----------|----------|----------|----------|-----------|-------------------------------|
|           | [MWh]    | [MWh]    | [MWh]    | [MWh]     | [MWh]                         |
| Luglio    | 274,4    | 1.202,40 | 1.295,90 | 1.032,90  | 3.805,60                      |
| Agosto    | 168,3    | 1.579,00 | 101,1    | 1.156,20  | 3.004,60                      |
| Settembre | 2033,7   | 172,8    | 157,2    | 443,6     | 2.807,30                      |
| Ottobre   | 528,5    | 1.366,00 | 2.225,80 | 2.432,30  | 6.552,60                      |
| Novembre  | 7,5      | 1.719,40 | 2.479,50 | 3.714,90  | 7.921,30                      |
| Dicembre  | 21,8     | 2.738,00 | 2.365,50 | 2.636,40  | 7.761,70                      |
| Totale    | 3.034,20 | 8.777,60 | 8.625,00 | 11.416,30 | 31.853,10                     |

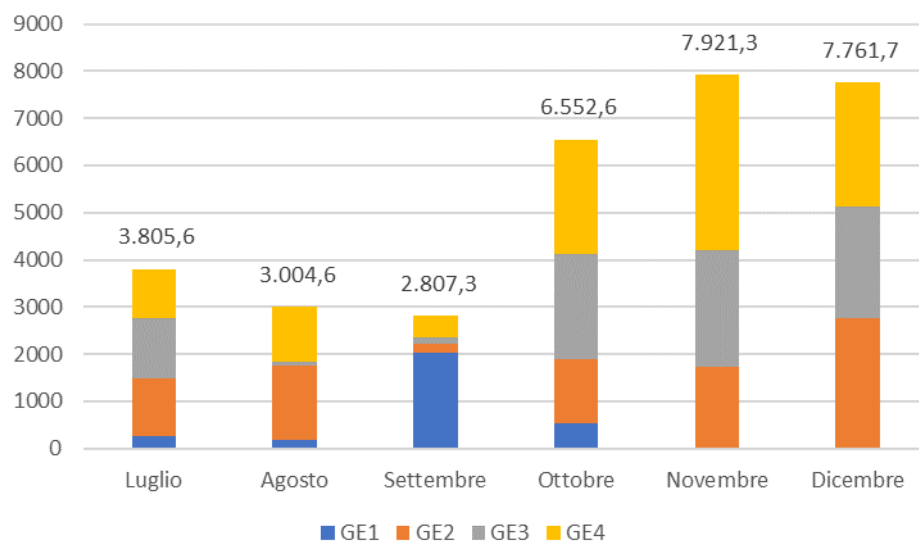


Figura 3.5: rappresentazione grafica dell'energia elettrica prodotta dai generatori



## RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA

Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 26

Infine, si riporta in Tabella 3.12 la quantità di Gas Naturale rigassificato ed immesso in rete.

Tabella 3.12: GNL Rigassificato immesso in rete

| Anno 2023 | GN immesso in Rete |
|-----------|--------------------|
|           | [Sm <sup>3</sup> ] |
| Luglio    | 99.066.802         |
| Agosto    | 7.566.807          |
| Settembre | -                  |
| Ottobre   | 244.358.525        |
| Novembre  | 343.117.229        |
| Dicembre  | 332.958.154        |
| Totale    | 1.027.067.517      |

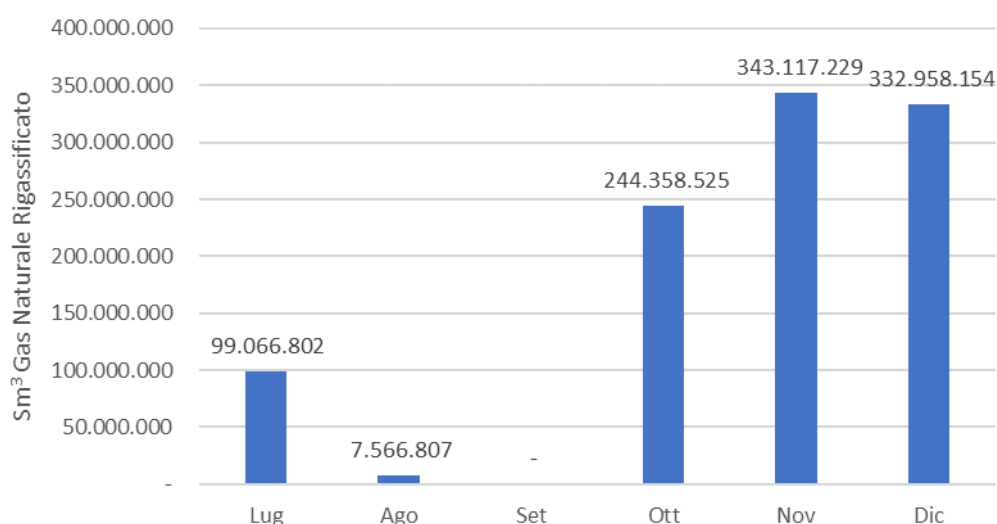


Figura 3.6: Andamento del GN immesso in rete mensilmente nell'anno 2023

Dalle tabelle e grafici mostrati in precedenza emerge che, anche in assenza di attività produttiva, come nel mese di settembre, la FSRU necessita comunque di energia elettrica per garantire il funzionamento dei servizi generali di bordo. Per soddisfare questo fabbisogno, viene impiegato il generatore MGE 1, l'unico di potenza nominale di 5.500 kW.

La FSRU, essendo entrata in esercizio nel mese di Luglio, ha erogato gas naturale sia durante i periodi più caldi dell'anno sia durante quelli più freddi.

Alla luce della necessità di formulare una proiezione annuale delle possibili prestazioni della FSRU, in termini di consumi e produzioni, su un arco temporale completo di un anno, risulta ragionevole considerare l'ipotesi di raddoppiare i dati consuntivi forniti a fine dicembre 2023.



## RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA

Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 27

Tabella 3.13: Ipotesi consumi e produzioni su un intero anno

| Parametro                                    | u.m.               | 2023            |
|--|--------------------|-----------------|
| Boil-Off Gas per MGE                         | m <sup>3</sup> GNL | 28.164,9        |
|  | Sm <sup>3</sup> GN | 17.310.392,0    |
| Boil-Off Gas per GCU                         | m <sup>3</sup> GNL | 1.040,7         |
|  | Sm <sup>3</sup> GN | 273.178,0       |
| Diesel                                       | t                  | 245,9           |
| Energia elettrica prodotta ed auto consumata | MWh                | 63.706,2        |
| Gas Immeso in Rete                           | Sm <sup>3</sup>    | 2.054.135.034,0 |

### 4 Metodo di raccolta dati e fonti

Nell'elaborazione della presente analisi energetica sono stati analizzati i dati effettivi misurati esclusivamente per i consumi di gas naturale e gasolio e per la produzione di energia elettrica. Per tutti gli altri dati operativi, l'analisi è basata su stime e calcoli e analogamente anche l'inventario ed il modello energetico sono stimati. Questo è dovuto al fatto che non sono presenti dati misurati relativi ai consumi di energia elettrica dei diversi utilizzatori presenti presso il sito, essendo l'energia elettrica necessaria per lo svolgimento di tutte le attività della FSRU prodotta a bordo tramite i generatori.

Come riportato in modo dettagliato nel Capitolo 2, la raccolta dei dati necessari all'esecuzione dell'analisi energetica è stata effettuata tramite un questionario personalizzato rivolto al sito e l'analisi dei dati forniti da SNAM inclusi i consumi energetici e le produzioni forniti con cadenza mensile, giornaliera e talvolta oraria per il periodo temporale compreso tra Luglio e Dicembre 2023.

#### 4.1 Consumo di energia e sistemi di misura dei dati effettivi

Tabella 4.1: Sistema di misura/approvvigionamento dell'energia-dati effettivi

| CONSUMI ENERGETICI                     |  |
|--|--|
| GNL (Boil-Off Gas) – Vettore Primario  |  |
| Fonte                                  | La FSRU Golar Tundra riceve periodicamente Gas Naturale Liquefatto da metaniere. Il GNL viene stoccato a bordo nave all'interno dei 4 serbatoi. Essendo impossibile garantire il perfetto isolamento termico dei serbatoi, una frazione di GNL si riscalderà, generando Boil-Off Gas.<br>PDR: non presente |
| Utilizzo                               | Il Boil-Off Gas viene utilizzato come combustibile nei generatori (MGE), mentre l'eventuale eccesso a valle della ricompressione è bruciato nelle unità di combustione (GCU)   |
| DIESEL – Vettore Primario              |  |
| Fonte                                  | Il Diesel utilizzato a bordo della FSRU è acquistato dall'esterno attraverso un contratto di approvvigionamento e stoccato in appositi serbatoi a bordo della nave.  |
| Utilizzo                               | Il Diesel viene utilizzato come combustibile e come innesco per il pilota nei generatori (MGE). Il Diesel viene anche utilizzato come combustibile dalla centrale termica.   |
| ENERGIA ELETTRICA – Vettore Secondario |  |
| Fonte                                  | L'energia elettrica utilizzata a bordo della FSRU Golar Tundra è completamente autoprodotta dai generatori (MGE) installati in sala macchine.<br>POD: non presente   |
| Utilizzo                               | Azionamenti elettrici, forza motrice (pompe, compressori, illuminazione, sistemi di ventilazione, etc.)  |

#### 4.1.1 Profili di carico dell'energia elettrica

I profili di carico dell'energia elettrica, i quali rappresentano la variazione del carico in un intervallo di tempo definito, permettono di analizzare le variazioni più considerevoli (picchi e valli) dei consumi elettrici delle utenze al fine di identificare e giustificare consumi inattesi.

Inoltre, la disponibilità di dati sul consumo giornaliero di BOG e sulla produzione giornaliera di energia elettrica dei quattro generatori consente di valutare il consumo specifico medio giornaliero di ciascun generatore in funzione del carico. Durante il periodo compreso tra Luglio e Dicembre 2023, il fattore di carico dei quattro generatori è variato dal 20% al 55%, con una media del 42%. È interessante notare che il generatore numero 1, con una capacità nominale di 5.500 kW, ha raggiunto invece fattori di carico anche superiori al 70%. La Figura 4.1 mostra la variazione del consumo specifico medio giornaliero dei quattro generatori al variare del carico medio giornaliero sulla base dei dati del secondo semestre 2023: l'andamento è in linea con le aspettative, con il consumo specifico che subisce incrementi significativi rispetto al valore nominale quando i generatori operano a basso carico.

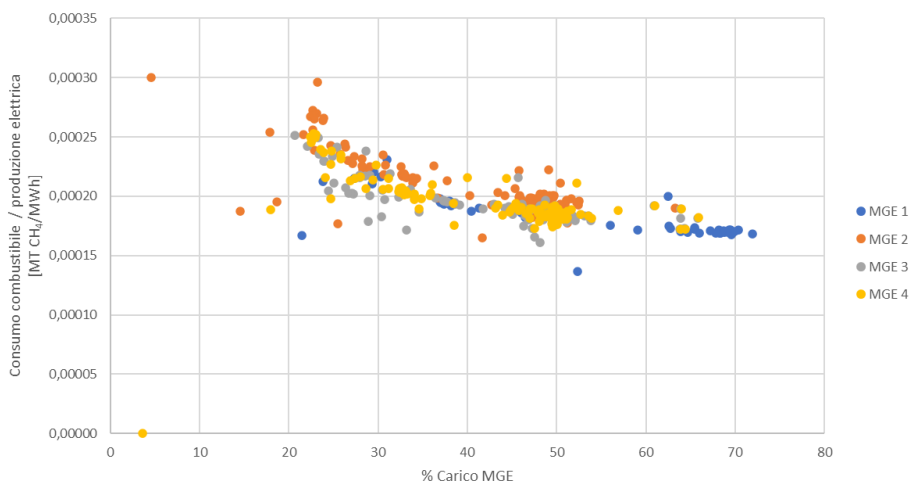


Figura 4.1: Indici di prestazione dei 4 generatori (MGE)

I profili di carico, riportati in Figura 4.2, Figura 4.3 & Figura 4.4, estrapolati dal sistema di controllo installato a bordo tramite il supporto del personale, si riferiscono al periodo compreso tra il 16 ed il 26 Gennaio 2024 per una durata di 10 giorni con dettaglio orario per ognuno dei 3 generatori da 11.000 kW installati a bordo (il generatore da 5.500 kW è rimasto spento durante i dieci giorni oggetto dell'estrazione dati).

Le attività produttive nel periodo considerato sono state pressoché costanti; pertanto, si è ritenuto tale arco temporale come rappresentativo delle condizioni di esercizio attuali. È possibile osservare come le produzioni di energia elettrica dei generatori, ovvero i consumi elettrici della FSRU, siano piuttosto costanti, sinonimo di un processo produttivo stabile. La percentuale di carico dei generatori nei 10 giorni analizzati si attesta intorno ad un valore medio del 42%, in linea con quella registrata nell'intero secondo semestre del 2023.



## RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA

Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 29

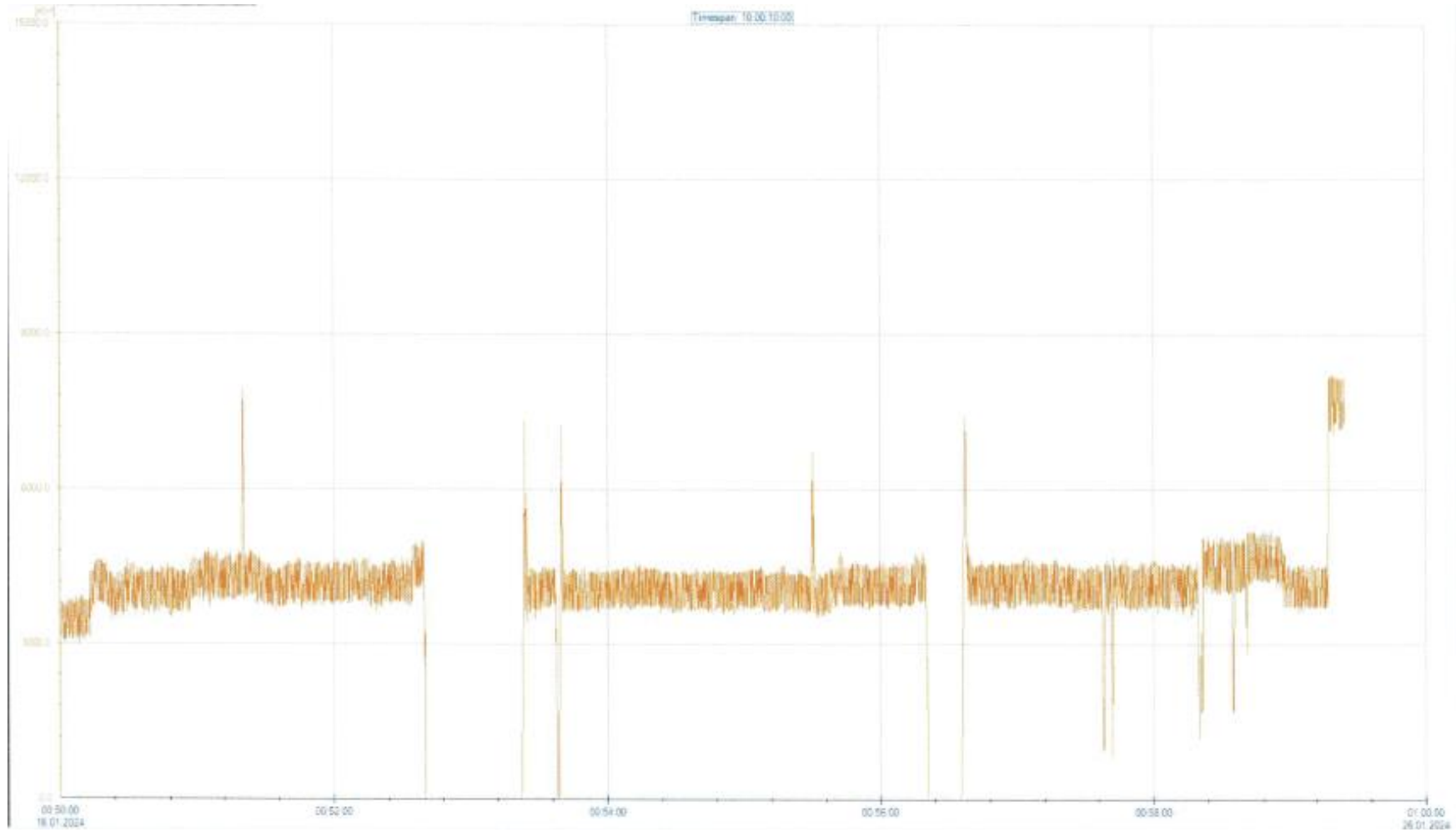


Figura 4.2: Profilo di carico dell'energia elettrica (10 gg) MGE 2



## RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA

Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 30

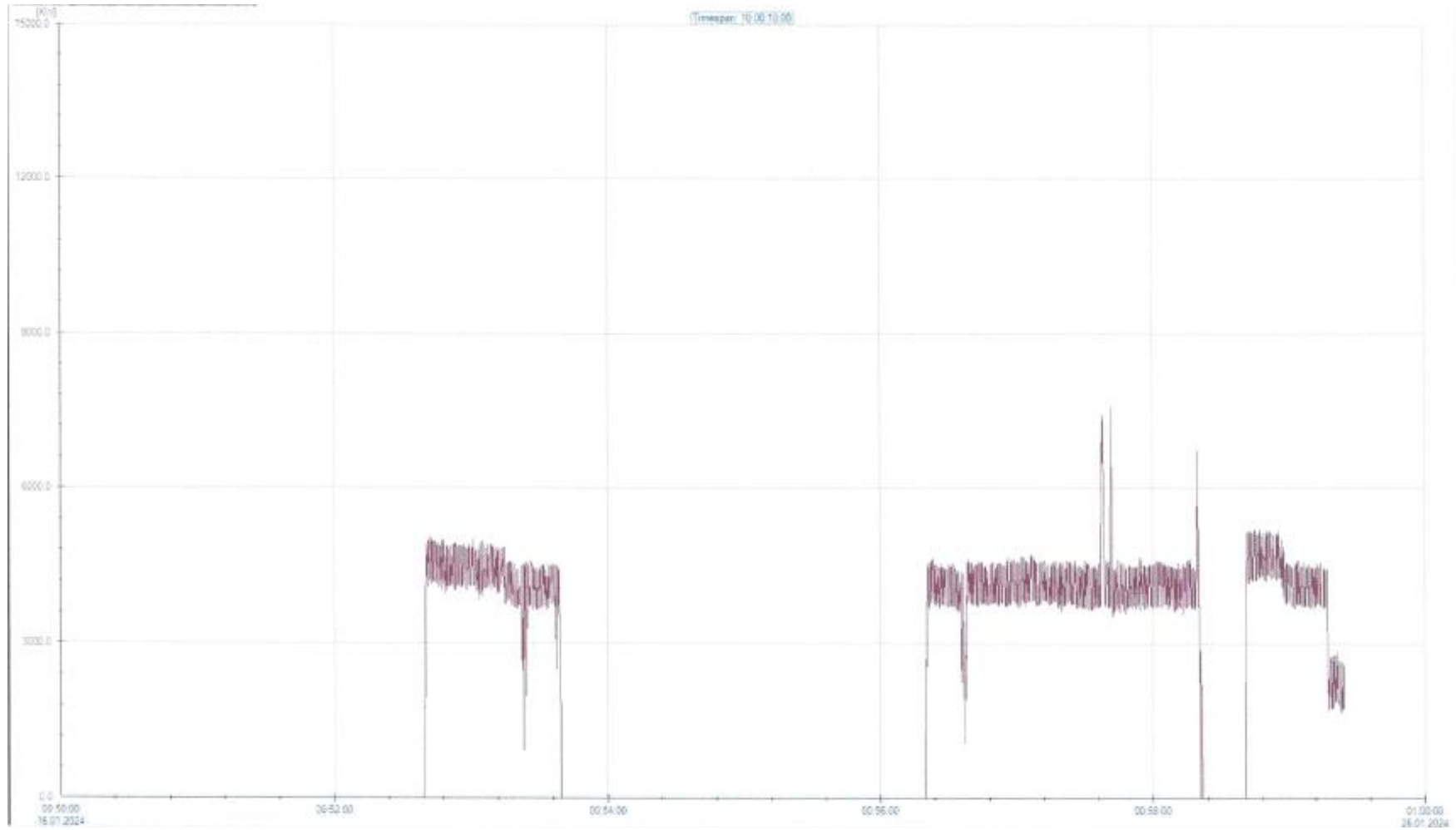


Figura 4.3: Profilo di carico dell'energia elettrica (10 gg) MGE 3



## RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA

Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 31

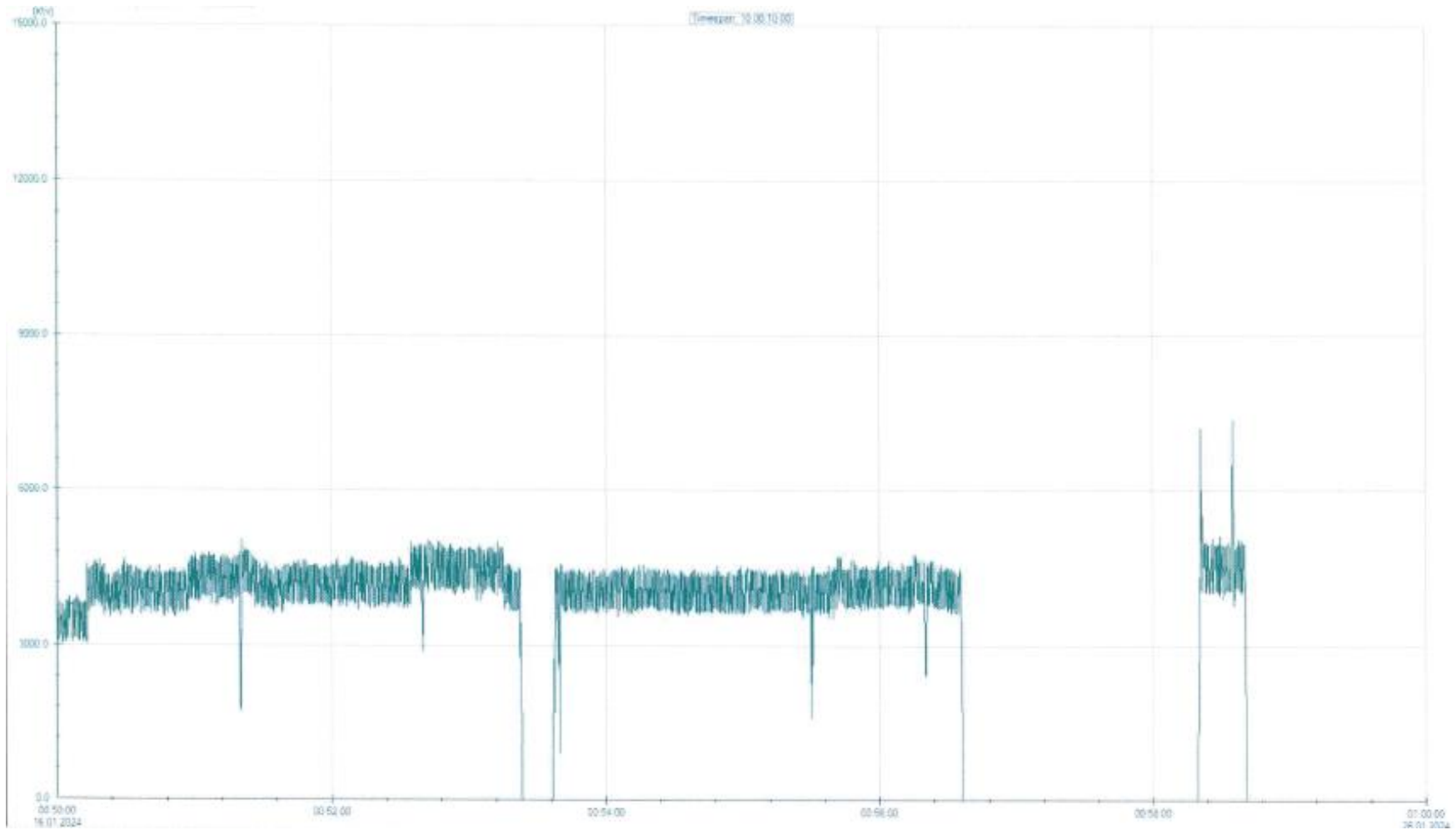


Figura 4.4: Profilo di carico dell'energia elettrica (10 gg) MGE 4



## RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA

Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 32

### 4.2 Modalità di determinazione dei dati operativi

Relativamente alle modalità di determinazione dei consumi delle varie attività, la FSRU è organizzata come riportato nella tabella seguente. Per ogni attività si identifica il vettore energetico utilizzato e la sua modalità di determinazione tra quelle elencate di seguito:

- MC = misure in continuo
- MP = misure puntuali
- S = stime
- C = calcoli

| Tipologia           | Attività   | Tipo Dato BOG | % Dati Misurati | Tipo dato DIESEL | % Dati Misurati | Tipo dato EE | % Dati Misurati |
|---------------------|--|---------------|-----------------|------------------|-----------------|--------------|-----------------|
| Attività principali | LNG Booster Pumps                                      | -             | n.a.            | -                | n.a.            | C            | 0%              |
|                     | Sea Water Lift Pumps                                   | -             |                 | -                |                 | C            |                 |
|                     | Impianto di Rigassificazione (Altre utenze principali) | -             |                 | -                |                 | C            |                 |
|                     | Emergency Cargo/LNG Feed Pump                          | -             |                 | -                |                 | C            |                 |
|                     | L/D Compressors  | -             |                 | -                |                 | C            |                 |
|                     | Water Spray Pump                                       | -             |                 | -                |                 | C            |                 |
| Servizi Ausiliari   | Sala Macchine  | MC            | 100%            | MC               | 100%            | C            | 0%              |
|                     | Centrale Termica                                       | -             | n.a.            | MC               | 100%            | C            |                 |
|                     | Impianto Di Movimentazione Merci (servizi ausiliari)   | -             |                 | -                | n.a.            | C            |                 |
|                     | Ventilazione Sala Macchine                             | -             |                 | -                |                 | C            |                 |
| Servizi Generali    | Sistema Di Propulsione                                 | -             | n.a.            | -                | n.a.            | C            | 0%              |
|                     | Scaldacqua   | -             |                 | -                |                 | C            |                 |
|                     | Sistema Di Trattamento Delle Acque Di Scarico          | -             |                 | -                |                 | C            |                 |
|                     | Impianto Di Movimentazione Merci                       | -             |                 | -                |                 | C            |                 |
|                     | Deck Machinery   | -             |                 | -                |                 | C            |                 |
|                     | Climatizzazione E Refrigerazione (Produzione)          | -             |                 | -                |                 | C            |                 |
|                     | Ventilazione dei locali di alloggio                    | -             |                 | -                |                 | C            |                 |
|                     | Illuminazione  | -             |                 | -                |                 | C            |                 |
|                     | Navigazione E Comunicazione                            | -             |                 | -                |                 | C            |                 |
|                     | Cucina   | -             |                 | -                |                 | C            |                 |
|                     | Lavanderia   | -             |                 | -                |                 | C            |                 |
|                     | Altre Utenze Generali                                  | -             |                 | -                |                 | C            |                 |
|                     | Perdite (GCU)  | MC            | 100%            | -                |                 | C            |                 |

Tabella 4-2: Fonte dei dati operativi di energia





## RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA

Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 33

Nel dettaglio per le modalità di misurazione delle utenze, l'azienda è organizzata come segue:

### UTILIZZATORI DI GNL (Boil-Off Gas)

Il Boil-Off Gas viene utilizzato come combustibile dai 4 generatori, i quali fanno parte dell'area funzionale "Sala macchine". Ad ogni generatore elettrico è associato un misuratore di flusso in ingresso alla unità.

I dati di consumo energetico vengono successivamente archiviati con frequenza oraria. Di seguito si riportano le caratteristiche tecniche dei misurati installati.

Tabella 4.2: Elenco misuratori di Boil-Off Gas

| GNL (Boil-Off Gas) – Sala Macchine MGE 1 |                          |
|--|--------------------------|
| Numero                                   | 1                        |
| Tipologia                                | Micro Motion Transmitter |
| Marca                                    | Micro Motion Inc.        |
| Model S/N                                | 3278194                  |
| Sensore S/N                              | 14404278                 |
| Ultima verifica                          | 14 01 2024               |
| Frequenza di taratura                    | Annuale                  |
| GNL (Boil-Off Gas) – Sala Macchine MGE 2 |                          |
| Numero                                   | 1                        |
| Tipologia                                | Micro Motion Transmitter |
| Marca                                    | Micro Motion Inc.        |
| Model S/N                                | 3276064                  |
| Sensore S/N                              | 14389044                 |
| Ultima verifica                          | 14 01 2024               |
| Frequenza di taratura                    | Annuale                  |
| GNL (Boil-Off Gas) – Sala Macchine MGE 3 |                          |
| Numero                                   | 1                        |
| Tipologia                                | Micro Motion Transmitter |
| Marca                                    | Micro Motion Inc.        |
| Model S/N                                | 3278850                  |
| Sensore S/N                              | 14407267                 |
| Ultima verifica                          | 14 01 2024               |
| Frequenza di taratura                    | Annuale                  |
| GNL (Boil-Off Gas) – Sala Macchine MGE 4 |                          |
| Numero                                   | 1                        |
| Tipologia                                | Micro Motion Transmitter |
| Marca                                    | Micro Motion Inc.        |
| Model S/N                                | 3278899                  |
| Sensore S/N                              | 14407359                 |
| Ultima verifica                          | 14 01 2024               |
| Frequenza di taratura                    | Annuale                  |

### UTILIZZATORI DI DIESEL

Il Diesel viene utilizzato come vettore energetico dai 4 generatori e dal relativo pilota, entrambi impianti facenti parte dell'area funzionale "Sala macchine". Il Diesel viene anche impiegato dai boiler, unità facenti



## RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA

Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 34

parte dell'area funzionale "centrale termica". Si denota che, per il periodo considerato, non sono stati registrati consumi da parte di questa unità funzionale.

Il consumo di diesel viene calcolato attraverso l'utilizzo di un'asta graduata, la quale, inserita all'interno di un apposito foro nel serbatoio, ne misura il livello di combustibile al suo interno.

### UTENZE ELETTRICHE

Di seguito si riportano anche le anagrafiche dei misuratori di energia elettrica installati a Bordo della FSRU. Risulta importante sottolineare che tutti i dati misurati, eccezion fatta per la produzione di energia elettrica dai 4 generatori, non vengono archiviati. Risulta possibile visualizzare, dal quadro di comando posizionato in sala macchine, esclusivamente i valori istantanei di potenza elettrica assorbita dai quadri elettrici principali. A bordo dei principali quadri elettrici invece sono installati strumenti di misurazione e visualizzazione dei consumi energetici delle utenze elettriche sottostanti. Questi misuratori, sia digitali che analogici, pur fornendo informazioni immediate, non dispongono di funzionalità di archiviazione come precedentemente menzionato.

Tabella 4.3: Elenco Misurati Energia Elettrica

| Sala Macchine MGE 1       |                            |
|---------------------------|----------------------------|
| Numero                    | 1                          |
| Tipologia                 | Amperometro e Voltmetro    |
| Marca                     | ABB                        |
| Numero Seriale            | 379497                     |
| Archiviazione Dati        | Si                         |
| Sala Macchine MGE 2       |                            |
| Numero                    | 1                          |
| Tipologia                 | Amperometro e Voltmetro    |
| Marca                     | ABB                        |
| Numero Seriale            | 379496                     |
| Archiviazione Dati        | Si                         |
| Sala Macchine MGE 3       |                            |
| Numero                    | 1                          |
| Tipologia                 | Amperometro e Voltmetro    |
| Marca                     | ABB                        |
| Numero Seriale            | 379495                     |
| Archiviazione Dati        | Si                         |
| Sala Macchine MGE 4       |                            |
| Numero                    | 1                          |
| Tipologia                 | Amperometro e Voltmetro    |
| Marca                     | ABB                        |
| Numero Seriale            | 379493                     |
| Archiviazione Dati        | Si                         |
| Ballast Pump No.1 / 2 / 3 |                            |
| Numero                    | 1                          |
| Tipologia                 | Amperometro                |
| Marca                     | ABB                        |
| Numero Seriale            | ER388419 / 379521 / 379519 |
| Archiviazione Dati        | No                         |



## RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA

Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 35

| 6.6 KV Main Transformer No.1 / 2 -6.6/0.45kV |                                   |
|--|-----------------------------------|
| Numero                                       | 1                                 |
| Tipologia                                    | Amperometro                       |
| Marca  | ABB                               |
| Numero Seriale                               | 379475 / 379478                   |
| Archiviazione Dati                           | No                                |
| Transformer TO 6.6KV Regas SWBR Sec.1 / 2    |                                   |
| Numero                                       | 1                                 |
| Tipologia                                    | Amperometro                       |
| Marca  | ABB                               |
| Numero Seriale                               | 379476 / 379474                   |
| Archiviazione Dati                           | No                                |
| Transformer TO 6.6KV Cargo SWBR No.1 / 2     |                                   |
| Numero                                       | 1                                 |
| Tipologia                                    | Amperometro                       |
| Marca  | ABB                               |
| Numero Seriale                               | 379491 / 379489                   |
| Archiviazione Dati                           | No                                |
| Propulsion Transformer No.1/2/3/4            |                                   |
| Numero                                       | 3                                 |
| Tipologia                                    | Amperometro                       |
| Marca  | ABB                               |
| Numero Seriale                               | 379480 / 379485 / 379479 / 379483 |
| Archiviazione Dati                           | No                                |
| Transfer TO 6.6KV Carbo SWBR                 |                                   |
| Numero                                       | 1                                 |
| Tipologia                                    | Amperometro                       |
| Marca  | ABB                               |
| Numero Seriale                               | 379476                            |
| Archiviazione Dati                           | No                                |

### 4.3 Variabili energetiche e fattori di aggiustamento

Le variabili energetiche principali considerate nelle elaborazioni dei dati sono:

- Boil-Off Gas a supporto della attività produttiva:
  - o Volume di gas naturale immesso in rete, espresso in Sm<sup>3</sup>;
- Diesel a supporto della attività produttiva:
  - o Quantità di Diesel utilizzato per l'innesco del pilota nei generatori, espressa in tonnellate;
- Energia elettrica a supporto della attività produttiva:
  - o Volume di Gas rigassificato (Sm<sup>3</sup> immessi in rete).



## RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA

Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 36

### 4.4 Unità di misura e valori di riferimento adottati

I dati effettivi e misurati sono forniti con unità di misura del Sistema Internazionale.

Per l'espressione dei consumi energetici in TEP sono stati utilizzati i fattori di conversione riportati in Tabella 4.4. Dal momento che l'energia elettrica richiesta a bordo della FSRU è interamente autoprodotta a bordo tramite i generatori, per la conversione della quantità di energia elettrica consumata in energia primaria non si è utilizzato il fattore di conversione standard dato da ENEA (0,187 tep/MWh) ma quello specifico che tiene conto dell'efficienza media dei generatori nella conversione di gas naturale in energia elettrica.

Tabella 4.4: Fattori di conversione dell'energia

| Vettore      | 2024   | u.d.m.            | fonte                          | Note                                       |
|--------------|--------|-------------------|--------------------------------|--|
| GNL          | 440    | kg/m <sup>3</sup> | SNAM                           | Densità                                    |
|              | 49,684 | MJ/kg             | SNAM                           | Potere calorifico                          |
| Gas naturale | 0,68   | kg/m <sup>3</sup> | Format di rendicontazione ENEA | Densità                                    |
| Diesel       | 1,02   | da t a TEP        | Format di rendicontazione ENEA | Fattore di conversione in energia primaria |
|              | 0,84   | t/m <sup>3</sup>  | FIRE                           | Densità                                    |



## RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA

Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 37

### 5 Vettori energetici e consumi

I vettori energetici considerati per le successive elaborazioni sono i seguenti:

- Boil-Off Gas (vettore primario);
- Diesel (vettore primario);
- Energia elettrica (vettore secondario).

#### 5.1 Consumi globali (TEP)

Si rimanda al paragrafo successivo per l'analisi dei consumi per i diversi usi energetici.

#### 5.2 Costi dell'energia

Si riportano i seguenti costi specifici per vettore, ricavati statistiche nazionali raccolte dagli enti di riferimento. Tali valori economici verranno utilizzati per il calcolo dei risparmi energetici degli interventi migliorativi proposti nel report.

- Diesel: 945 €/t, valore desunto dall'ultima fornitura di gasolio marino alla FSRU;
- Gas Naturale: 0,0373 €/kWh, calcolato come valore medio annuo, sulla base dei mesi di esercizio della FSRU, a partire dai dati pubblicati sul portale "GME: Gestore Mercati Energetici".



## 6 Consumi energetici ed usi significativi

Per la definizione e l'analisi della prestazione energetica della FSRU, vengono presi in considerazione i dati di consumo di GNL, nella forma di Boil-Off Gas, e di Diesel nel periodo di attività compreso tra Luglio e Dicembre 2023. Questi dati vengono successivamente suddivisi per aree funzionale ed espressi in TEP, al fine di rappresentare l'andamento a regime di tutti gli impianti presenti nello stabilimento.

I consumi presi in considerazione sono di natura "Operativa", pertanto la ripartizione nelle diverse aree funzionali è stata effettuata utilizzando dati forniti dai sistemi di misurazione, quando disponibili, e stime o calcoli basate sulla documentazione tecnica e impiantistica fornita.

Il modello energetico si ritiene attendibile qualora non si verifichi uno scostamento maggiore del 5% tra i consumi complessivi misurati e la ripartizione dei medesimi nelle diverse aree funzionali.

Analizzando l'impiego dei singoli vettori energetici, come già riportato nel Paragrafo 3.5 ed illustrato in Figura 6.1, si osserva che il vettore energetico predominante è il GNL, in qualità di Boil-Off Gas (BOG), il quale costituisce a circa 98,4% dei consumi energetici dell'intero sito produttivo. Il BOG viene utilizzato come combustibile dai generatori, mentre il vettore Diesel, responsabile del restante 1,6% del fabbisogno energetico totale viene utilizzato come innesco pilota nei generatori.

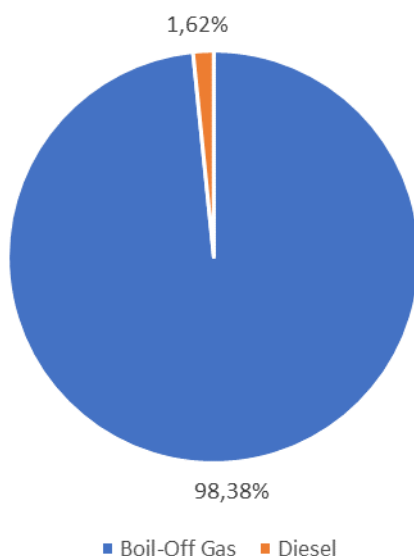


Figura 6.1: Ripartizione dei consumi energetici per vettore (dati operativi)

Approfondendo il modello energetico, si evidenzia che il maggiore utilizzo energetico è dato dal consumo di GNL come combustibile per i generatori (MGE) posizionati nella sala macchine. Questo consumo, assieme al Diesel impiegato per l'innesco pilota, costituiscono il 96,5% del totale dei consumi dell'intero sito.

Tale analisi viene riportata in Tabella 6.1 ed in Figura 6.2. Con la definizione di perdite si intende la quota di Boil-Off Gas che non viene né riportato allo stato di gas naturale liquefatto né utilizzato come combustibile dai generatori. Pertanto, tale quota viene bruciata all'interno delle unità di combustione (GCU), rappresentando pertanto una perdita per l'intero sistema.

**RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA**Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 39

Tabella 6.1: Consumi energetici di Boil-Off Gas e Diesel per aree funzionale periodo Luglio – Dicembre 2023

| Tipologia           | Attività   | Boil-Off Gas [m³] | Boil-Off Gas [m³] | Boil-Off Gas [tep] | Diesel [MT] | Diesel [tep] | Consumo Totale [tep] | Ripartizione Consumo tep [%] |
|---------------------|--|-------------------|-------------------|--------------------|-------------|--------------|----------------------|------------------------------|
| Attività principali | LNG Booster Pumps                                    | -                 | -                 | -                  | -           | -            | -                    | -                            |
|                     | Sea Water Lift Pumps                                 | -                 | -                 | -                  | -           | -            | -                    | -                            |
|                     | Regasification Plant (Altro)                         | -                 | -                 | -                  | -           | -            | -                    | -                            |
|                     | Em'cy Cargo/LNG Feed Pump                            | -                 | -                 | -                  | -           | -            | -                    | -                            |
|                     | L/D Compressor                                       | -                 | -                 | -                  | -           | -            | -                    | -                            |
|                     | Water Spray Pump                                     | -                 | -                 | -                  | -           | -            | -                    | -                            |
| Servizi Ausiliari   | Sala Macchine  | 14.082,45         | 8.655.196,00      | 7.353,01           | 122,95      | 125,41       | 7.478,42             | 96,5%                        |
|                     | Centrale Termica                                     | -                 | -                 | -                  | -           | -            | -                    | -                            |
|                     | Impianto Di Movimentazione Merci (servizi ausiliari) | -                 | -                 | -                  | -           | -            | -                    | -                            |
|                     | Ventilazione Sala Macchine                           | -                 | -                 | -                  | -           | -            | -                    | -                            |
| Servizi Generali    | Sistema Di Propulsione                               | -                 | -                 | -                  | -           | -            | -                    | -                            |
|                     | Scaldacqua   | -                 | -                 | -                  | -           | -            | -                    | -                            |
|                     | Sistema di trattamento delle acque di scarico        | -                 | -                 | -                  | -           | -            | -                    | -                            |
|                     | Impianto di Movimentazione Merci                     | -                 | -                 | -                  | -           | -            | -                    | -                            |
|                     | Deck Machinery                                       | -                 | -                 | -                  | -           | -            | -                    | -                            |
|                     | Climatizzazione e Refrigerazione (Produzione)        | -                 | -                 | -                  | -           | -            | -                    | -                            |
|                     | Ventilazione Dei Locali di Alloggio                  | -                 | -                 | -                  | -           | -            | -                    | -                            |
|                     | Illuminazione  | -                 | -                 | -                  | -           | -            | -                    | -                            |
|                     | Navigazione e Comunicazione                          | -                 | -                 | -                  | -           | -            | -                    | -                            |
|                     | Cucina   | -                 | -                 | -                  | -           | -            | -                    | -                            |
|                     | Lavanderia   | -                 | -                 | -                  | -           | -            | -                    | -                            |
|                     | Altre Utenze Generali                                | -                 | -                 | -                  | -           | -            | -                    | -                            |
|                     | Perdite (GCU)  | 520,33            | 136.589,00        | 271,69             | -           | -            | 271,69               | 3,5%                         |
| Totale              |  | 14.524,8          | 8.791.785,00      | 7.624,70           | 122,95      | 125,41       | 7.750,11             | 100,0%                       |



## RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA

Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 40

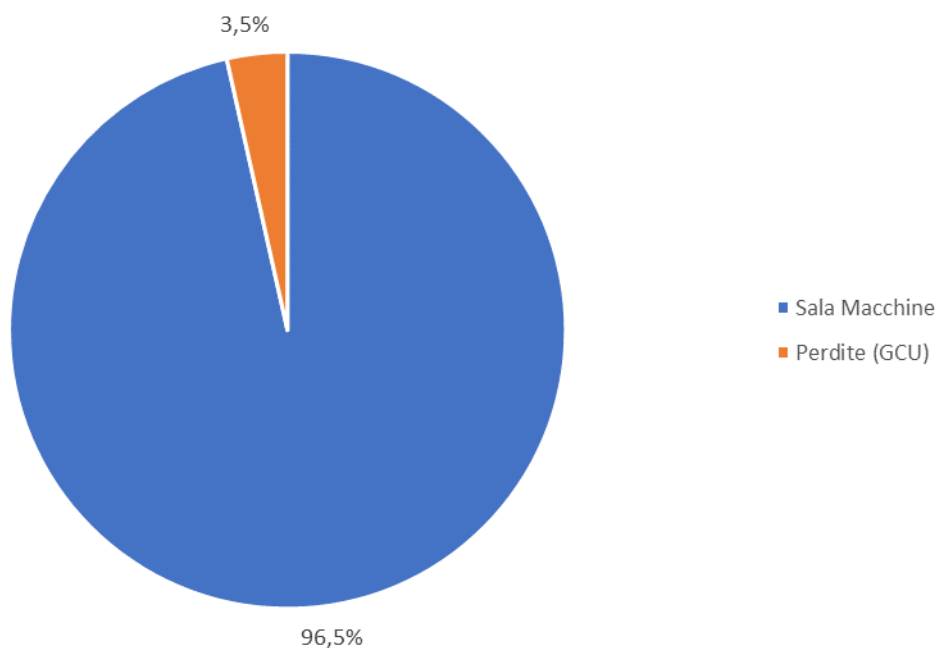


Figura 6.2: Ripartizione dei consumi energetici di Boil-Off Gas e Diesel per aree funzionale periodo Luglio – Dicembre 2023)

In Tabella 6.2 si riporta invece l'autoproduzione (ed autoconsumo) di energia elettrica, ripartita per area funzionale. L'energia elettrica, che viene prodotta a bordo della FSRU tramite i generatori (MGE) alimentati a Boil-Off Gas, è il vettore secondario che alimenta tutta l'attività produttiva del sito.

Nell'ambito dell'approfondimento dei consumi energetici dell'intero stabilimento, emerge che le aree funzionali preponderanti in termini di consumo energetico sono le LNG Booster Pumps e le Sea Water Lift Pumps, entrambe attività essenziali per il processo di rigassificazione del GNL.



**RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA**Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 41*Tabella 6.2: Consumi energetici di energia elettrica per aree funzionale periodo Luglio – Dicembre 2023*

| Tipologia           | Attività   | Energia Elettrica [MWh] | Ripartizione Consumo tep [%] |
|---------------------|--|-------------------------|------------------------------|
| Attività principali | LNG Booster Pumps                                    | 13.526,6                | 42,47%                       |
|                     | Sea Water Lift Pumps                                 | 7.439,6                 | 23,36%                       |
|                     | Regasification Plant (Altro)                         | 123,9                   | 0,39%                        |
|                     | Em'cy Cargo/LNG Feed Pump                            | 1.073,2                 | 3,37%                        |
|                     | L/D Compressor                                       | 1.998,9                 | 6,28%                        |
|                     | Water Spray Pump                                     | 380,4                   | 1,19%                        |
| Servizi Ausiliari   | Sala Macchine  | 493,4                   | 1,55%                        |
|                     | Centrale Termica                                     | 202,8                   | 0,64%                        |
|                     | Impianto Di Movimentazione Merci (servizi ausiliari) | 110,6                   | 0,35%                        |
|                     | Ventilazione Sala Macchine                           | 1.054,2                 | 3,31%                        |
| Servizi Generali    | Sistema Di Propulsione                               | 33,9                    | 0,11%                        |
|                     | Scaldacqua   | 18,8                    | 0,06%                        |
|                     | Sistema di trattamento delle acque di scarico        | 3,2                     | 0,01%                        |
|                     | Impianto di Movimentazione Merci                     | 2.517,0                 | 7,90%                        |
|                     | Deck Machinery                                       | 212,3                   | 0,67%                        |
|                     | Climatizzazione e Refrigerazione (Produzione)        | 1.371,7                 | 4,31%                        |
|                     | Ventilazione Dei Locali di Alloggio                  | 14,0                    | 0,04%                        |
|                     | Illuminazione  | 597,5                   | 1,88%                        |
|                     | Navigazione e Comunicazione                          | 372,3                   | 1,17%                        |
|                     | Cucina   | 107,3                   | 0,34%                        |
|                     | Lavanderia   | 69,0                    | 0,22%                        |
|                     | Altre Utenze Generali                                | 132,5                   | 0,42%                        |
|                     | Perdite (GCU)  | -                       | 0,00%                        |
| Totale              |  | <b>31.853,1</b>         | <b>100%</b>                  |



## RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA

Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 42

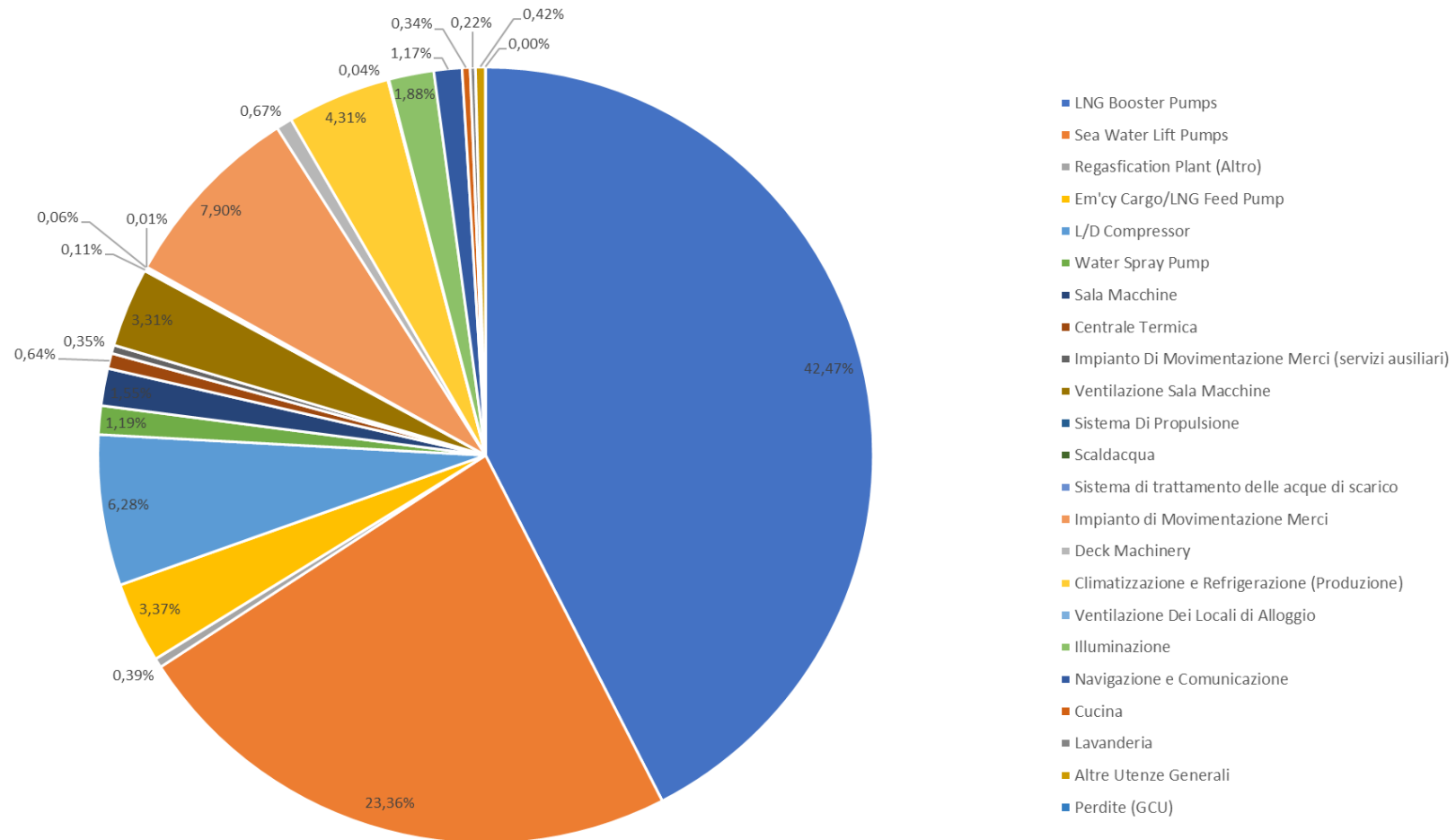


Figura 6.3: Consumi energetici di energia elettrica per area funzionale periodo Luglio – Dicembre 2023



## 7 Modello energetico e analisi di dettaglio

I consumi energetici della FSRU sono imputabili a due vettori energetici: GNL, in qualità di Boil-Off Gas, e di Diesel.

Per tali usi aggregati si esegue un'analisi di dettaglio mediante la costruzione di un modello energetico e l'aggregazione in:

- Attività principali;
- Attività ausiliarie;
- Servizi generali.

Segue poi una analisi della correlazione tra consumi e variabili energetiche.

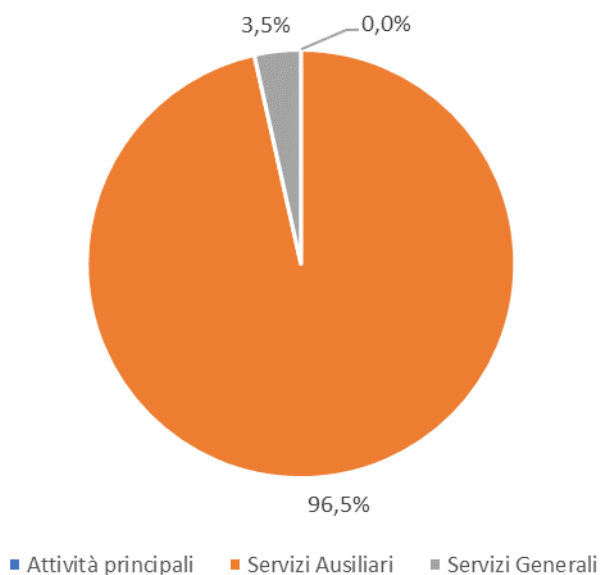


Figura 7.1: Ripartizione consumi energetici aggregati per attività principali, servizi ausiliari e generali – Luglio-Dicembre 2023



## RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA

Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 44

### 7.1 Analisi dati operativi

#### 7.1.1 Boil-Off Gas

Gli usi energetici del Boil-Off Gas considerati sono riportati nella seguente tabella:

| Tipologia                | Attività - BOG | m <sup>3</sup> GNL | TEP            | %           |
|--------------------------|----------------|--------------------|----------------|-------------|
| <b>Servizi Ausiliari</b> | Sala Macchine  | 14.082,5           | 7.353,0        | 96,4%       |
| <b>Servizi Generali</b>  | Perdite (GCU)  | 520,3              | 271,7          | 3,6%        |
| <b>Totale</b>            |                | <b>14.524,8</b>    | <b>7.624,7</b> | <b>100%</b> |

Tabella 7.1: Dettaglio impianti che utilizzano Boil-Off Gas

I consumi di Boil-Off Gas utilizzati per la realizzazione del modello operativo sono stati forniti tramite il sistema di misurazione installato a bordo, il quale misura il volume di gas inviato in Sala Macchine, più precisamente ai generatori (MGE) per la produzione del vettore secondario energia elettrica. Il Boil-Off Gas in eccesso viene invece bruciato all'interno delle unità di combustione; pertanto, tale quantità viene considerata come perdita.

#### ➤ Produzione di Energia Elettrica in Sala Macchine

Nel contesto delle operazioni di rigassificazione di GNL a bordo di FSRU, il Boil-Off Gas (BOG) rappresenta una risorsa di estremo valore. Esso si genera durante il processo di riscaldamento del GNL il quale ne determina il passaggio di stato in gas naturale.

L'impiego del Boil-Off Gas come combustibile per i generatori a bordo riveste un ruolo cruciale nel garantire la generazione di tutta quella quota di energia elettrica necessaria per alimentare i vari sistemi e le attrezzature della nave, sia durante le operazioni di rigassificazione che in altri processi ausiliari e generali di bordo.

Questa pratica non solo ottimizza l'efficienza energetica delle operazioni navali, ma contribuisce anche alla riduzione dell'impatto ambientale. Utilizzando una risorsa precedentemente considerata un sottoprodotto, si massimizza l'efficienza e si promuove la sostenibilità delle attività marittime.

In Tabella 7.2 vengono riportati i consumi di Boil-Off Gas e le produzioni di energia elettrica dai 4 generatori. In Figura 7.2 invece viene riportata la retta di regressione tra i dati considerati. La retta presenta un indice  $R^2$  pari a 0,9747, sintomo di un'ottima correlazione tra consumi e produzione dei generatori.

Tabella 7.2: Consumi di Boil-Off Gas e produzione di Energia Elettrica

| Mese      | Consumo di BOG<br>[m <sup>3</sup> ] | Produzione di Energia Elettrica<br>[MWh] |
|-----------|-------------------------------------|--|
| Luglio    | 1.984,32                            | 3.805,6                                  |
| Agosto    | 1.442,25                            | 3.004,6                                  |
| Settembre | 1.135,93                            | 2.807,3                                  |
| Ottobre   | 2.803,18                            | 6.552,6                                  |
| Novembre  | 3.348,86                            | 7.921,3                                  |
| Dicembre  | 3.367,91                            | 7.761,7                                  |



## RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA

Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 45

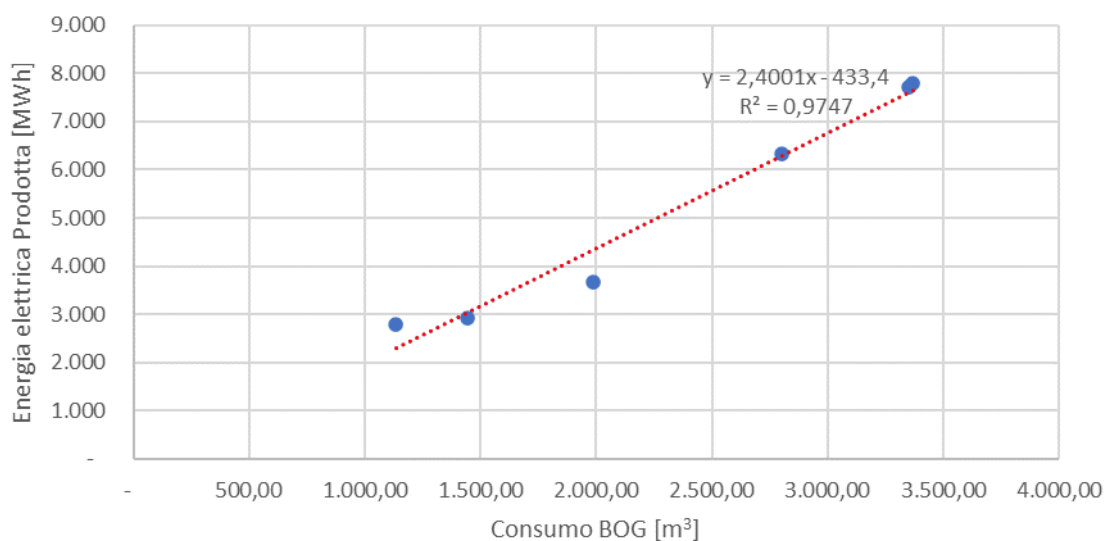


Figura 7.2: Relazione tra Boil-Off Gas e produzione di energia elettrica

### ➤ Processo di Rigassificazione:

Nel processo di rigassificazione, la transizione di stato da liquido a gassoso avviene mediante passaggio del fluido (LNG) attraverso scambiatori di calore alimentati con acqua di mare. Al fine di sostenere tutti i fabbisogni energetici della FSRU, una quota di Boil-Off Gas viene utilizzata come vettore energetico nei generatori per la produzione di energia elettrica. Di seguito, analogamente a quanto proposto in precedenza, si propone l'analisi dei consumi di Boil-off Gas in funzione delle produzioni di GNL Rigassificato.

In Tabella 7.3 vengono riportati i consumi di Boil-Off Gas e i volumi di GNL Rigassificato. In Figura 7.3 invece viene riportata la retta di regressione tra i dati considerati. La retta presenta un indice  $R^2$  pari a 0,9902, indicativa di una correlazione lineare tra i consumi mensili di Boil-Off gas e il volume di GNL Rigassificato immesso in rete. Si può notare come la retta di regressione non parta dall'origine degli assi, cosa dipendente dal fatto che la FSRU ha notevoli consumi associati ai servizi ausiliari e generali che restano invariati al variare del sendout, come emerge chiaramente dall'analisi dei dati di Settembre 2023 quando il sendout è stato nullo ma chiaramente non nulli sono stati i consumi di BOG.

Tabella 7.3: Consumi di Boil-Off Gas e GNL Rigassificato

| Mese      | Consumo di BOG [m³] | GNL Rigassificato (send-out) [Sm³] |
|-----------|---------------------|------------------------------------|
| Luglio    | 1.984,32            | 99.066.802                         |
| Agosto    | 1.442,25            | 7.566.807                          |
| Settembre | 1.135,93            | -                                  |
| Ottobre   | 2.803,18            | 244.358.525                        |
| Novembre  | 3.348,86            | 343.117.229                        |
| Dicembre  | 3.367,91            | 332.958.154                        |



## RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA

Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 46

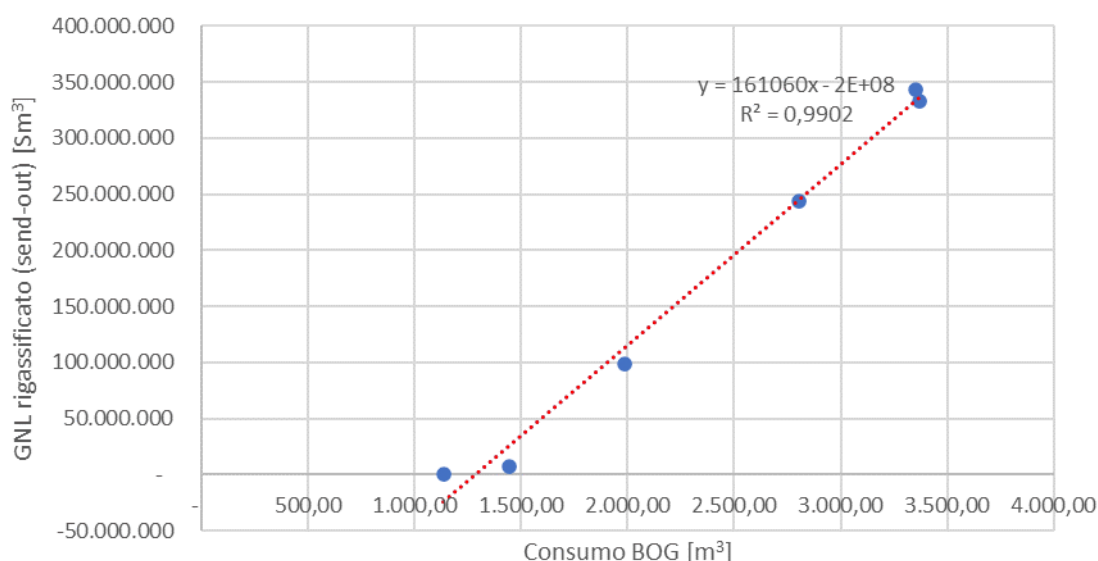


Figura 7.3: Relazione tra Boil-Off Gas e produzione di energia elettrica

### 7.1.2 Diesel

Gli usi energetici del diesel considerati sono riportati nella seguente tabella:

| Tipologia         | Attività - DIESEL | ton    | TEP    | %      |
|-------------------|-------------------|--------|--------|--------|
| Servizi Ausiliari | Sala Macchine     | 122,95 | 125,41 | 100,0% |
|                   | Centrale termica  | -      | -      | 0,0%   |
| Totale            |                   | 122,95 | 125,41 | 100%   |

Tabella 7.4: Dettaglio Utilizzatori di Diesel

I consumi di Diesel utilizzati per la realizzazione del seguente modello energetico sono stati forniti tramite il sistema di archiviazione implementato a bordo, il quale misura il quantitativo di diesel utilizzato dai generatori e dal relativo pilota.

Nel processo di produzione di energia elettrica attraverso i quattro generatori, non esiste una diretta dipendenza tra i consumi di diesel e la quantità di energia elettrica prodotta. Questo perché il consumo di diesel, principalmente dovuto al pilota è sostanzialmente costante su base giornaliera. Anche se la produzione di energia può variare in base alla domanda e ad altri fattori, il consumo di diesel per il pilota rimane relativamente stabile nel corso del tempo. Questo fenomeno può essere attribuito al fatto che il diesel utilizzato per il pilota non è direttamente correlato alla quantità di energia elettrica generata, ma piuttosto funge da componente essenziale per il funzionamento continuo dei generatori.

Escludendo alcuni picchi di consumo che si sono verificati nel mese di luglio, periodo in cui non erano ancora raggiunte le condizioni ottimali di funzionamento, il grafico mostrato nella Figura 7.4 evidenzia la costanza dei consumi di diesel per l'utenza analizzata.



## RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA

Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 47

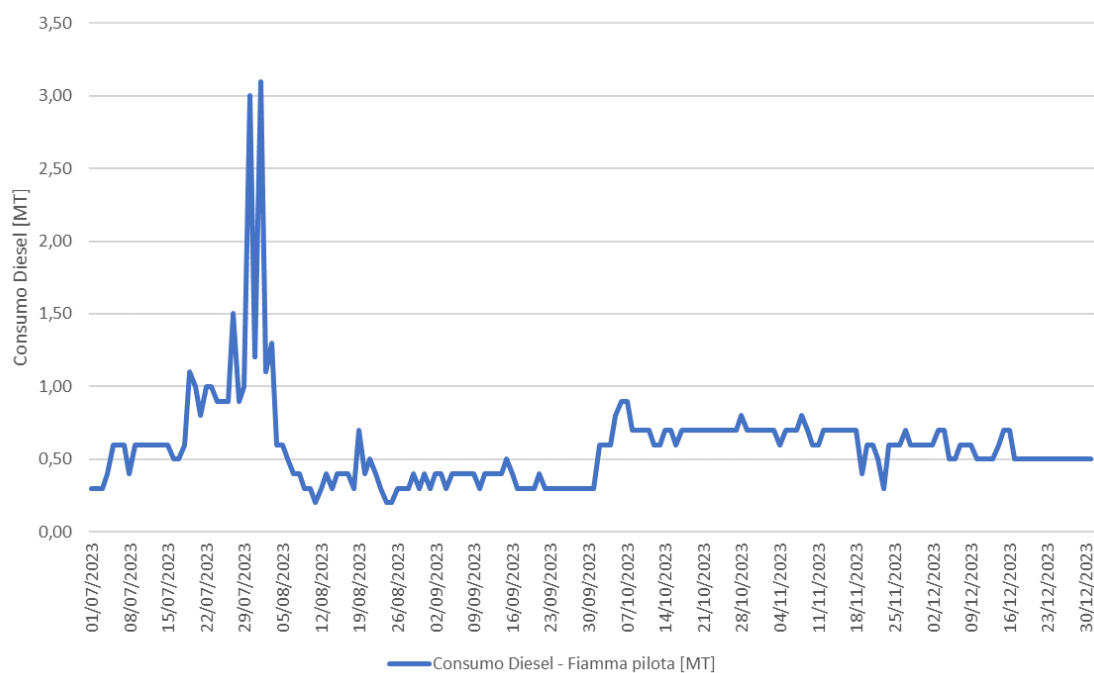


Figura 7.4: Andamento giornaliero del consumo di Diesel per pilota



## RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA

Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 48

### 7.1.3 Energia elettrica

Gli usi energetici del vettore secondario energia elettrica sono riportati nella seguente tabella.

| Tipologia           | Attività   | Energia Elettrica [MWh] | Ripartizione Consumo tep [%] |
|---------------------|--|-------------------------|------------------------------|
| Attività principali | LNG Booster Pumps                                    | 13.526,6                | 42,47%                       |
|                     | Sea Water Lift Pumps                                 | 7.439,6                 | 23,36%                       |
|                     | Regasification Plant (Altro)                         | 123,9                   | 0,39%                        |
|                     | Em'cy Cargo/LNG Feed Pump                            | 1.073,2                 | 3,37%                        |
|                     | L/D Compressor                                       | 1.998,9                 | 6,28%                        |
|                     | Water Spray Pump                                     | 380,4                   | 1,19%                        |
| Servizi Ausiliari   | Sala Macchine  | 493,4                   | 1,55%                        |
|                     | Centrale Termica                                     | 202,8                   | 0,64%                        |
|                     | Impianto Di Movimentazione Merci (servizi ausiliari) | 110,6                   | 0,35%                        |
|                     | Ventilazione Sala Macchine                           | 1.054,2                 | 3,31%                        |
| Servizi Generali    | Sistema Di Propulsione                               | 33,9                    | 0,11%                        |
|                     | Scaldacqua   | 18,8                    | 0,06%                        |
|                     | Sistema di trattamento delle acque di scarico        | 3,2                     | 0,01%                        |
|                     | Impianto di Movimentazione Merci                     | 2.517,0                 | 7,90%                        |
|                     | Deck Machinery                                       | 212,3                   | 0,67%                        |
|                     | Climatizzazione e Refrigerazione (Produzione)        | 1.371,7                 | 4,31%                        |
|                     | Ventilazione Dei Locali di Alloggio                  | 14,0                    | 0,04%                        |
|                     | Illuminazione  | 597,5                   | 1,88%                        |
|                     | Navigazione e Comunicazione                          | 372,3                   | 1,17%                        |
|                     | Cucina   | 107,3                   | 0,34%                        |
|                     | Lavanderia   | 69,0                    | 0,22%                        |
|                     | Altre Utenze Generali                                | 132,5                   | 0,42%                        |
|                     | Perdite (GCU)  | -                       | 0,00%                        |
| Totale              |  | 31.853,1                | 100%                         |

Tabella 7.5: Dettaglio impianti che utilizzano l'energia elettrica

Per il periodo di analisi a disposizione, i dati operativi di energia elettrica sono stati ottenuti attraverso calcoli basati su potenze installate delle singole macchine e il rispettivo periodo di funzionamento. Per il calcolo del consumo energetico si sono considerati anche adeguati valori di fattori di carico, rendimento e coefficienti di utilizzo.

Si specifica che l'azienda ha in campo un sistema di acquisizione dati che permette la lettura in remoto dell'energia prodotta dai quattro generatori ma non ne permette l'archiviazione.

Dettagliando l'analisi dell'uso del vettore secondario energia elettrica emerge che:

- Tra le Attività Principali, gli usi energetici "LNG Booster Pumps" e "Sea Water Lift Pumps" consumato la maggiore parte di energia elettrica, rispettivamente il 42,5% e 23,4% dei consumi elettrici totali.



Tra le Attività Ausiliarie e i Servizi Generali, l'incidenza dei vari usi energetici considerati è relativamente bassa (la maggior parte dei quali al di sotto del 5% dei consumi totali di energia elettrica). Solamente l'utenza "Impianto di movimentazione merce" incide in misura superiore al 5%, incorporando al suo interno le Booster Pumps. Tuttavia, per completezza e siccome questa rappresenta la prima analisi energetica della FSRU, verranno riportate tutte le utenze del modello energetico.

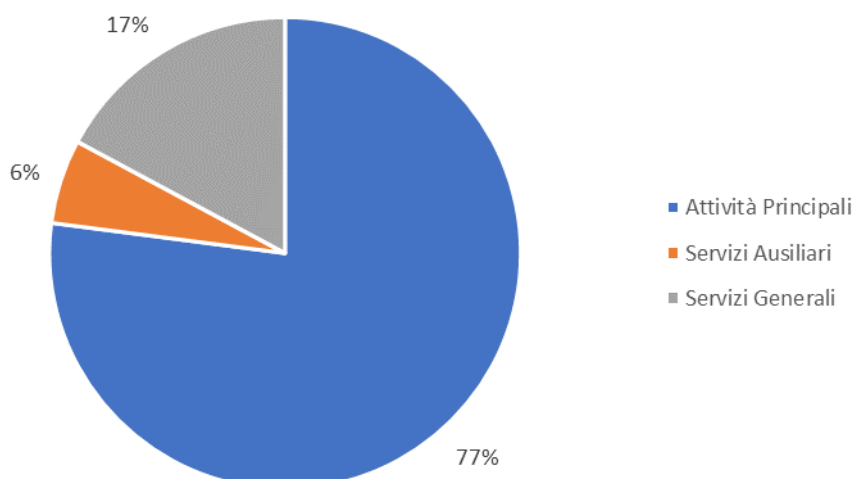


Figura 7.5: Ripartizione dei consumi elettrici per singolo uso energetico

#### **Dati modellizzati:**

Per ottenere stime accurate dei consumi energetici, tutte le utenze elettriche sono state valutate considerando i valori di potenza nominale riportati in targa, unitamente ai fattori di carico, utilizzando come fonte di informazioni principale l'electric load analysis della FSRU. Successivamente, sono state stimate le ore di esercizio di ciascuna utenza al fine di calcolarne i consumi effettivi.

#### **➤ MODELLO ELETTRICO**

Di seguito viene riportato l'elenco delle utenze principali, ausiliarie e generali considerate nel modello elettrico, specificando le caratteristiche tecniche, le ore di funzionamento di marcia, le potenze assorbite e il consumo derivante da calcoli per il periodo Luglio-Dicembre 2023. Si precisa che il consumo viene modellizzato considerando i seguenti fattori:

- Potenza di Input, espressa in kW, con riferimento al load balance della FSRU;
- Q'ty, indicatore che rappresenta il numero di elementi di cui l'attività è formata;
- KL, fattore che indica un primo coefficiente di carico, con riferimento a quanto riportato sul load balance della FSRU;
- CONT & INT [kW], definiscono il risultato del consumo di energia elettrica dell'attività a seconda che essa sia continua o intermittente. Il consumo risulterà essere pari al valore di potenza in input moltiplicato per il fattore di Carico KL;
- Potenza Tot, rappresenta la somma delle potenze continue ed intermittenti dell'attività analizzata;
- $K_{int}$  rappresenta il coefficiente di carico basato sul rapporto tra send-out effettivo e send-out di design;
- Ore di esercizio, indicano le ore in cui vi è stata attività, stimate pari a metà anno;
- Consumi, espressi in MWh/anno indicano il prodotto tra la potenza totale, il fattore di carico e le ore di esercizio.



# RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA

Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 50

Tabella 7.6: Elenco delle utenze principali

| Attività                             | Equipment Name            | Output [kW] | Input [kW] | Q'ty [-] | KL [%] | CONT. [kW] | INT. [kW] | POTENZA TOT [kW] | K_int [%] | Ore di esercizio [h/y] | CONSUMI [MWh/y] |
|--------------------------------------|---------------------------|-------------|------------|----------|--------|------------|-----------|------------------|-----------|------------------------|-----------------|
| Regasification plant                 | LNG Booster Pump          | 1500,0      | 1579,0     | 6        | 80%    | 7.579,0    | 0         | 7.579,0          | 0,41      | 4380                   | 13.526,6        |
|                                      | Sea Water Lift Pump       | 1650,0      | 1736,8     | 3        | 80%    | 4.168,4    | 0         | 4.168,4          | 0,41      | 4380                   | 7.439,6         |
| Impianto di Rigassificazione (Altro) | Re-Gas Swbd Dc110v Ups    | 2,5         | 2,5        | 2        | 20%    | 1,0        | 0         | 1,0              | 0,41      | 4380                   | 1,8             |
|                                      | Re-Gas Swbd Aux Control   | 3,0         | 3,0        | 2        | 20%    | 1,2        | 0         | 1,2              | 0,41      | 4380                   | 2,1             |
|                                      | Fwd Mgps Tr/Rectifier     | 41,6        | 41,6       | 2        | 75%    | 62,4       | 0         | 62,4             | 0,41      | 4380                   | 111,4           |
|                                      | Fwd Mgps Pump Sw Booster  | 3,0         | 3,0        | 2        | 80%    | 4,8        | 0         | 4,8              | 0,41      | 4380                   | 8,6             |
| Cargo handling plant                 | Em'cy Cargo/LNG Feed Pump | 260         | 286,3      | 3        | 70%    | 601,3      | -         | 601,3            | 41%       | 4.380                  | 1.073,2         |
|                                      | L/D Compressor            | 760         | 800,0      | 2        | 70%    | 1.120,0    | -         | 1.120,0          | 41%       | 4.380                  | 1.998,9         |
|                                      | Water Spray Pump          | 550         | 579,0      | 1        | 75%    | -          | 434       | 434,2            | 20%       | 4.380                  | 380,0           |

**RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA**Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 51

Tabella 7.7: Elenco delle utenze ausiliarie

| Attività      | Equipment Name              | Output [kW] | Input [kW] | Q'ty [-] | KL [%] | CONT. [kW] | INT. [kW] | POTENZA TOT [kW] | K_int [%] | Ore di esercizio [h/y] | CONSUMI [MWh/y] |
|---------------|-----------------------------|-------------|------------|----------|--------|------------|-----------|------------------|-----------|------------------------|-----------------|
| Sala Macchine | Mge Hfo Supply Pump For Mge | 2,5         | 3,1        | 1        | 70%    | 2,1        | -         | 2,1              | 40%       | 4.380                  | 3,7             |
|               | Mge Hfo Supply Pump For Mge | 4,6         | 5,5        | 1        | 70%    | 3,8        | -         | 3,8              | 40%       | 4.380                  | 6,7             |
|               | Mge Hfo Circ. Pump For Mge  | 8,6         | 9,6        | 1        | 70%    | 6,7        | -         | 6,7              | 40%       | 4.380                  | 11,7            |
|               | Mge Hfo Circ. Pump For Mge  | 12,7        | 14,0       | 1        | 70%    | 9,8        | -         | 9,8              | 40%       | 4.380                  | 17,1            |
|               | Mge Jacket Preheater        | 149,2       | 158,7      | 1        | 45%    | -          | 71        | 71,4             | 20%       | 4.380                  | 62,6            |
|               | Mge Pilot Fo Feed Pump      | 2,5         | 2,8        | 1        | 70%    | 2,0        | -         | 2,0              | 40%       | 4.380                  | 3,4             |
|               | Main Gen. L.O. Pump         | 1,3         | 1,6        | 1        | 70%    | 1,1        | -         | 1,1              | 40%       | 4.380                  | 2,0             |
|               | E/R Hfo Transfer Pp         | 6,3         | 7,4        | 1        | 80%    | -          | 6         | 5,9              | 20%       | 4.380                  | 5,2             |
|               | Lo Transfer Pump            | 2,5         | 3,1        | 1        | 70%    | -          | 2         | 2,1              | 20%       | 4.380                  | 1,9             |
|               | Central C.F.W. Pump         | 55          | 58,5       | 1        | 75%    | -          | 2         | 2,14             | 20%       | 4380                   | 1,9             |
|               | Cargo Mach. C.F.W. Pump     | 45          | 49,5       | 1        | 75%    | 43,8       | -         | 43,82            | 40%       | 4380                   | 76,8            |
|               | Cargo Mach. C.S.W. Pump     | 37          | 41,6       | 1        | 75%    | 37,1       | -         | 37,11            | 40%       | 4380                   | 65,0            |
|               | Pack.Air Cond. C.F.W. Pump  | 3,7         | 4,6        | 1        | 75%    | 31,2       | -         | 31,18            | 40%       | 4380                   | 54,6            |
|               | Start Air Compressor        | 23          | 25,7       | 1        | 75%    | 3          | -         | 3,49             | 40%       | 4380                   | 6,1             |
|               | Control Air Compressor No.1 | 53          | 58,2       | 1        | 75%    | -          | 19        | 19,39            | 20%       | 4380                   | 17,0            |
|               | G/S Air Compressor          | 36          | 39,6       | 1        | 75%    | -          | 44        | 43,95            | 20%       | 4380                   | 38,5            |
|               | Fire Jockey Pump            | 5,5         | 6,3        | 1        | 80%    | -          | 5         | 5,1              | 20%       | 4.380                  | 4,4             |
|               | F.W.Supply Unit             | 4,4         | 4,9        | 1        | 50%    | -          | 2         | 2,5              | 20%       | 4.380                  | 2,2             |
|               | Hfo Purifier                | 21          | 23,1       | 1        | 70%    | 16,2       | -         | 16,2             | 40%       | 4.380                  | 28,3            |
|               | Hfo Purifier Feed Pump      | 2,5         | 3,0        | 1        | 70%    | 2,1        | -         | 2,1              | 40%       | 4.380                  | 3,7             |
|               | Mgo Purifier                | 11          | 12,4       | 1        | 70%    | 8,7        | -         | 8,7              | 40%       | 4.380                  | 15,2            |
|               | Mgo Purifier Feed Pump      | 2,5         | 3,0        | 1        | 70%    | 2,1        | -         | 2,1              | 40%       | 4.380                  | 3,7             |
|               | Lo Purifier                 | 8,6         | 10,1       | 1        | 70%    | 7,1        | -         | 7,1              | 40%       | 4.380                  | 12,4            |

**RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA**Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 52

| Attività                            | Equipment Name             | Output [kW] | Input [kW] | Q'ty [-] | KL [%] | CONT. [kW] | INT. [kW] | POTENZA TOT [kW] | K_int [%] | Ore di esercizio [h/y] | CONSUMI [MWh/y] |
|-------------------------------------|----------------------------|-------------|------------|----------|--------|------------|-----------|------------------|-----------|------------------------|-----------------|
|                                     | Lo Purifier Feed Pump      | 2,5         | 3,0        | 1        | 80%    | 2,4        | -         | 2,4              | 40%       | 4.380                  | 4,2             |
|                                     | Hot Water Circ. Pump       | 0,4         | 0,6        | 1        | 80%    | 0,4        | -         | 0,4              | 40%       | 4.380                  | 0,8             |
|                                     | E/Rm Bilge Pump            | 2,55        | 3,0        | 1        | 80%    | -          | 2         | 2,4              | 20%       | 4.380                  | 2,1             |
|                                     | Clean Water Disch. Pump    | 7,5         | 8,8        | 1        | 70%    | -          | 6         | 6,2              | 20%       | 4.380                  | 5,4             |
|                                     | Mgps                       | 7,4         | 7,4        | 1        | 100 %  | 7,4        | -         | 7,4              | 40%       | 4.380                  | 13,0            |
|                                     | Silver Ion Sterilizer      | 0,03        | 0,0        | 1        | 80%    | 0,0        | -         | 0,0              | 40%       | 4.380                  | 0,1             |
|                                     | Air Dryer                  | 0,25        | 0,3        | 1        | 70%    | -          | 0         | 0,2              | 20%       | 4.380                  | 0,2             |
| Centrale termica                    | Aux Boiler Fd Fan          | 14,5        | 16,1       | 1        | 72%    | 11,6       | -         | 11,60            | 100%      | 4.380                  | 50,8            |
|                                     | Aux Boiler Fo Pump         | 2,5         | 3,1        | 2        | 80%    | 5,0        | -         | 5,0              | 100%      | 4.380                  | 21,9            |
|                                     | Aux Boiler Mgo Supply Pump | 0,45        | 0,5        | 1        | 67%    | 0,3        | -         | 0,3              | 100%      | 4.380                  | 1,5             |
|                                     | Aux Boiler Feed W. Pump    | 15          | 16,4       | 1        | 70%    | 11,5       | -         | 11,5             | 100%      | 4.380                  | 50,3            |
|                                     | Boiler Water Circ. Pump    | 3,7         | 4,1        | 1        | 67%    | 2,8        | -         | 2,8              | 100%      | 4.380                  | 12,1            |
|                                     | Boiler Preheater           | 21,6        | 21,6       | 1        | 70%    | 15,1       | -         | 15,1             | 100%      | 4.380                  | 66,2            |
| Impianto di movimentazione e merce  | L/D Comp. Aux Lo Pump      | 7           | 9,2        | 2        | 70%    | -          | 13        | 12,8             | 20%       | 4.380                  | 11,2            |
|                                     | Hyd.Pp For Car.V/V(Main)   | 29,9        | 32,5       | 2        | 70%    | -          | 46        | 45,5             | 20%       | 4.380                  | 39,9            |
|                                     | N2 Generator               | 4           | 4,0        | 1        | 100 %  | -          | 4         | 4,0              | 20%       | 4.380                  | 3,5             |
|                                     | N2 Generator Compr.        | 84          | 91,3       | 1        | 70%    | -          | 64        | 63,9             | 20%       | 4.380                  | 56,0            |
| Ventilazione dei locali di alloggio | E/R Supply Fan 1&4         | 63          | 68,3       | 2        | 70%    | 95,7       | -         | 95,7             | 100%      | 4.380                  | 419,0           |
|                                     | E/R Supply Fan 2&3(Low)    | 15          | 16,3       | 2        | 70%    | 22,8       | -         | 22,8             | 100%      | 4.380                  | 99,8            |
|                                     | Purifier Room Exh. Fan     | 3,45        | 4,0        | 2        | 46%    | 3,7        | -         | 3,7              | 100%      | 4.380                  | 16,2            |
|                                     | G/E Gvu Room Ext.Exh.Fan   | 2,2         | 2,6        | 2        | 69%    | 3,6        | -         | 3,6              | 100%      | 4.380                  | 15,9            |
|                                     | Gcu Gvu Room Ext.Exh.Fan   | 2,2         | 2,6        | 1        | 69%    | 1,8        | -         | 1,8              | 100%      | 4.380                  | 7,9             |

**RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA**Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 53

| Attività | Equipment Name                      | Output [kW] | Input [kW] | Q'ty [-] | KL [%] | CONT. [kW] | INT. [kW] | POTENZA TOT [kW] | K_int [%] | Ore di esercizio [h/y] | CONSUMI [MWh/y] |
|----------|-------------------------------------|-------------|------------|----------|--------|------------|-----------|------------------|-----------|------------------------|-----------------|
|          | Welding Space Exh. Fan              | 0,86        | 1,2        | 1        | 39%    | -          | 0         | 0,5              | 50%       | 4.380                  | 1,0             |
|          | Co2 Room Exh. Fan                   | 0,43        | 0,5        | 1        | 50%    | 0,3        | -         | 0,3              | 100%      | 4.380                  | 1,1             |
|          | Paint Store Exh. Fan                | 0,37        | 0,5        | 1        | 15%    | 0,1        | -         | 0,1              | 100%      | 4.380                  | 0,3             |
|          | Fc Deck Store Exh. Fan              | 0,21        | 0,3        | 1        | 80%    | 0,2        | -         | 0,2              | 100%      | 4.380                  | 0,9             |
|          | Cargo Mach.Room Exh. Fan            | 18,5        | 20,2       | 1        | 70%    | 14,2       | -         | 14,2             | 100%      | 4.380                  | 62,1            |
|          | El. Motor Room Sup. Fan             | 8,6         | 9,7        | 1        | 65%    | 6,3        | -         | 6,3              | 100%      | 4.380                  | 27,5            |
|          | Passage Way Exh. Fan                | 15          | 16,7       | 2        | 65%    | 21,7       | -         | 21,7             | 100%      | 4.380                  | 95,1            |
|          | Duct Keel Exh. Fan                  | 11          | 12,4       | 1        | 65%    | 8,0        | -         | 8,0              | 100%      | 4.380                  | 35,2            |
|          | Sanitary Space Exh. Fan             | 4,6         | 5,7        | 1        | 61%    | 3,5        | -         | 3,5              | 100%      | 4.380                  | 15,2            |
|          | Chemical Store Exh.Fan              | 0,37        | 0,5        | 1        | 15%    | 0,1        | -         | 0,1              | 100%      | 4.380                  | 0,3             |
|          | Co2 Room Exh. Fan                   | 0,43        | 0,5        | 1        | 60%    | 0,3        | -         | 0,3              | 100%      | 4.380                  | 1,3             |
|          | Bosun Store Sup. Fan                | 21,3        | 24,5       | 1        | 65%    | 15,9       | -         | 15,9             | 100%      | 4.380                  | 69,7            |
|          | S/G Rm Supply Fan                   | 8,6         | 10,1       | 1        | 65%    | 6,6        | -         | 6,6              | 100%      | 4.380                  | 28,8            |
|          | Activity Room Exh. Fan              | 0,16        | 0,2        | 1        | 60%    | 0,1        | -         | 0,1              | 100%      | 4.380                  | 0,5             |
|          | Night Pantry Exh. Fan               | 0,1         | 0,1        | 1        | 60%    | 0,1        | -         | 0,1              | 100%      | 4.380                  | 0,3             |
|          | Oil Pollution Equip Locker Exh. Fan | 0,1         | 0,1        | 1        | 60%    | 0,1        | -         | 0,1              | 100%      | 4.380                  | 0,3             |
|          | Bosun's Workshop Exh. Fan           | 0,14        | 0,2        | 1        | 60%    | 0,1        | -         | 0,1              | 100%      | 4.380                  | 0,5             |
|          | Re-Gas Swbd Room Exh. Fan           | 4,6         | 5,8        | 1        | 60%    | 3,5        | -         | 3,5              | 100%      | 4.380                  | 15,1            |
|          | Fwd Pump Room Sup. Fan              | 42,6        | 53,3       | 1        | 60%    | 32,0       | -         | 32,0             | 100%      | 4.380                  | 139,9           |

**RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA**Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 54

Tabella 7.8: Elenco utenze attività generali

| Attività                                      | Equipment Name           | Output [kW] | Input [kW] | Q'ty [-] | KL [%] | CONT. [kW] | INT. [kW] | POTENZA TOT [kW] | K_int [%] | Ore di esercizio [h/y] | CONSUMI [MWh/y] |
|---|--------------------------|-------------|------------|----------|--------|------------|-----------|------------------|-----------|------------------------|-----------------|
| Sistema di propulsione                        | Pm Space Heater          | 1,6         | 1,6        | 2        | 100%   | 3,2        | -         | 3,2              | 50%       | 4.380                  | 7,0             |
|   | F. Conv. Space Heater    | 1,3         | 1,3        | 2        | 100%   | 2,6        | -         | 2,6              | 50%       | 4.380                  | 5,7             |
|   | Prop. Tr Space Heater    | 0,4         | 0,4        | 4        | 100%   | 1,6        | -         | 1,6              | 100%      | 4.380                  | 7,0             |
|   | Brake Resistor Space Htr | 0,25        | 0,3        | 2        | 100%   | 0,5        | -         | 0,5              | 100%      | 4.380                  | 2,2             |
|   | Main Swbd Dc110v Ups     | 2,5         | 2,5        | 2        | 25%    | 1,3        | -         | 1,3              | 100%      | 4.380                  | 5,5             |
|   | Main Swbd Aux. Control   | 3           | 3,0        | 2        | 25%    | 1,5        | -         | 1,5              | 100%      | 4.380                  | 6,6             |
| Sala Macchine                                 | Calorifier               | 30          | 30,0       | 1        | 70%    | -          | 21        | 21,0             | 20%       | 4.380                  | 18,4            |
|   | Sewage Treatment Sys     | 6,3         | 7,4        | 1        | 50%    | -          | 4         | 3,7              | 20%       | 4.380                  | 3,2             |
| Impianto di Movimentazione carichi            | Hyd.Pp Ballast V/V(Main) | 9,2         | 10,3       | 2        | 70%    | -          | 14        | 14,5             | 50%       | 4.380                  | 31,7            |
|   | Ballast Pump             | 355         | 373,7      | 2        | 75%    | 560,5      | -         | 560,5            | 100%      | 4.380                  | 2.455,1         |
|   | Glycol Water Pump        | 7,5         | 8,6        | 1        | 70%    | 6,0        | -         | 6,0              | 100%      | 4.380                  | 26,3            |
|   | Cargo Swbd Dc110v Ups    | 2,5         | 2,5        | 2        | 20%    | 1,0        | -         | 1,0              | 41%       | 4.380                  | 1,8             |
|   | Cargo Swbd Aux Control   | 3           | 3,0        | 2        | 20%    | 1,2        | -         | 1,2              | 41%       | 4.380                  | 2,1             |
| Deck Machinery                                | Aft Deck Mach Hyd Pump   | 132         | 140,4      | 2        | 25%    | -          | 70,2      | 70,2             | 50%       | 4.380                  | 153,8           |
|   | S/G Grease Pump          | 0,1         | 0,1        | 1        | 80%    | -          | 0,1       | 0,1              | 50%       | 4.380                  | 0,2             |
|   | Hose Handling Crane      | 33          | 35,5       | 1        | 75%    | -          | 26,6      | 26,6             | 50%       | 4.380                  | 158,3           |
| Climatizzazione E Refrigerazione (Produzione) | Air Cond. Comp.          | 132         | 141,9      | 2        | 60%    | 170,3      | -         | 170,3            | 100%      | 4.380                  | 746,0           |
|   | Ahu Supply Fan           | 25,3        | 27,8       | 2        | 60%    | 33,4       | -         | 33,4             | 100%      | 4.380                  | 146,1           |
|   | Refer Provision Plant    | 17,2        | 17,7       | 1        | 60%    | 10,6       | -         | 10,6             | 100%      | 4.380                  | 46,6            |
|   | Package A/C, Ecr         | 16,71       | 19,2       | 1        | 60%    | 11,5       | -         | 11,5             | 100%      | 4.380                  | 50,5            |
|   | Package A/C, W/Shop      | 10,33       | 11,9       | 1        | 60%    | -          | 7         | 7,1              | 50%       | 4.380                  | 15,6            |
|   | Package A/C, Galley      | 22,98       | 26,4       | 1        | 60%    | 15,8       | -         | 15,8             | 100%      | 4.380                  | 69,4            |

**RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA**Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 55

| Attività                            | Equipment Name                | Output [kW] | Input [kW] | Q'ty [-] | KL [%] | CONT. [kW] | INT. [kW] | POTENZA TOT [kW] | K_int [%] | Ore di esercizio [h/y] | CONSUMI [MWh/y] |
|-------------------------------------|-------------------------------|-------------|------------|----------|--------|------------|-----------|------------------|-----------|------------------------|-----------------|
|                                     | Package A/C, Msb Rm           | 16,71       | 19,2       | 2        | 60%    | 23,1       | -         | 23,1             | 100%      | 4.380                  | 101,0           |
|                                     | Package A/C, Csb Rm           | 13,9        | 16,0       | 2        | 60%    | 19,2       | -         | 19,2             | 100%      | 4.380                  | 84,0            |
|                                     | Package A/C, Conv. Rm         | 6,57        | 7,6        | 2        | 60%    | 9,1        | -         | 9,1              | 100%      | 4.380                  | 39,7            |
|                                     | Package A/C, Eer              | 3,12        | 3,6        | 1        | 60%    | 2,2        | -         | 2,2              | 100%      | 4.380                  | 9,4             |
|                                     | Package A/C, Ccr              | 3,12        | 3,6        | 1        | 60%    | 2,2        | -         | 2,2              | 100%      | 4.380                  | 9,4             |
|                                     | Package A/C, Re-Gas Swbd Room | 17,86       | 20,5       | 1        | 60%    | 12,3       | -         | 12,3             | 100%      | 4.380                  | 54,0            |
| Ventilazione dei locali di alloggio | Garbage Store Exh. Fan        | 0,26        | 0,3        | 1        | 60%    | 0,2        | -         | 0,2              | 100%      | 4.380                  | 0,9             |
|                                     | Safety Locker & F.C.S Exh.Fan | 0,22        | 0,3        | 1        | 60%    | 0,2        | -         | 0,2              | 100%      | 4.380                  | 0,7             |
|                                     | Galley Exh. Fan               | 2,5         | 3,1        | 1        | 41%    | 1,3        | -         | 1,3              | 100%      | 4.380                  | 5,5             |
|                                     | Galley Supply Fan             | 1,73        | 2,3        | 1        | 52%    | 1,2        | -         | 1,2              | 100%      | 4.380                  | 5,1             |
|                                     | Hospital Exh. Fan             | 0,13        | 0,2        | 1        | 60%    | 0,1        | -         | 0,1              | 100%      | 4.380                  | 0,4             |
|                                     | Lift Machine Room Exh. Fan    | 0,43        | 0,5        | 1        | 60%    | 0,3        | -         | 0,3              | 100%      | 4.380                  | 1,4             |
| Cucina & Lavanderia                 | Galley Equipment              | 140         | 140,0      | 1        | 35%    | -          | 49        | 49,0             | 50%       | 4.380                  | 107,3           |
|                                     | Laundry Equipment             | 90          | 90,0       | 1        | 35%    | -          | 32        | 31,5             | 50%       | 4.380                  | 69,0            |
| Illuminazione & Comunicazione       | Engine Room Lighting          | 60          | 63,2       | 1        | 75%    | 47,4       | -         | 47,4             | 100%      | 4.380                  | 207,5           |
|                                     | Accommodation Lighting        | 90          | 94,7       | 1        | 70%    | 66,7       | -         | 66,7             | 100%      | 4.380                  | 292,3           |
|                                     | On Deck Light                 | 53          | 55,8       | 1        | 40%    | 22,3       | -         | 22,3             | 100%      | 4.380                  | 97,7            |
|                                     | Communication Equip't         | 10          | 12,5       | 1        | 40%    | 5,0        | -         | 5,0              | 100%      | 4.380                  | 21,9            |
|                                     | Ups                           | 60          | 66,7       | 2        | 60%    | 80,0       | -         | 80,0             | 100%      | 4.380                  | 350,4           |
| Altre utenze generali               | I.C.C.P. (Fwd)                | 6           | 6,7        | 1        | 20%    | 1,3        | -         | 1,3              | 100%      | 4.380                  | 5,8             |
|                                     | I.C.C.P. (Aft)                | 24          | 26,7       | 1        | 30%    | 8,0        | -         | 8,0              | 100%      | 4.380                  | 35,0            |
|                                     | Battery Charger               | 3           | 3,8        | 1        | 60%    | 2,3        | -         | 2,3              | 100%      | 4.380                  | 9,9             |
|                                     | Personal Lift                 | 7,5         | 9,4        | 1        | 70%    | 6,6        | -         | 6,6              | 100%      | 4.380                  | 28,8            |
|                                     | Workshop Equipment            | 26          | 32,5       | 1        | 40%    | -          | 13        | 13,0             | 50%       | 4.380                  | 28,5            |



# RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA

Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 56

| Attività | Equipment Name        | Output [kW] | Input [kW] | Q'ty [-] | KL [%] | CONT. [kW] | INT. [kW] | POTENZA TOT [kW] | K_int [%] | Ore di esercizio [h/y] | CONSUMI [MWh/y] |
|----------|-----------------------|-------------|------------|----------|--------|------------|-----------|------------------|-----------|------------------------|-----------------|
|          | Batt. Charger For E/G | 1           | 1,0        | 1        | 60%    | 0,6        | -         | 0,6              | 100%      | 4.380                  | 2,6             |
|          | Miscellaneous         | 5           | 5,0        | 1        | 100%   | 5,0        | -         | 5,0              | 100%      | 4.380                  | 21,9            |





## RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA

Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 57

In Tabella 7.9 vengono riportati i consumi di energia elettrica e i volumi di GNL rigassificato immessi in rete SNAM. In Figura 7.6 invece viene riportata la retta di regressione tra i dati considerati. La retta presenta un indice  $R^2$  pari a 0,9901, sintomo di un'ottima correlazione tra i consumi totali di energia elettrica della FSRU ed il sendout. Come già evidenziato per gli autoconsumi di BOG, si fa notare che in condizioni di sendout nullo i consumi elettrici non sono nulli a causa dei consumi delle utenze dei servizi ausiliari e generali.

Tabella 7.9: Consumi di Boil-Off Gas e produzione di Energia Elettrica

| Mese      | Consumo Energia Elettrica [MWh] | GNL Rigassificato (send-out) [Sm <sup>3</sup> ] |
|-----------|---------------------------------|---|
| Luglio    | 3.805,6                         | 99.066.802                                      |
| Agosto    | 3.004,6                         | 7.566.807                                       |
| Settembre | 2.807,3                         | -   |
| Ottobre   | 6.552,6                         | 244.358.525                                     |
| Novembre  | 7.921,3                         | 343.117.229                                     |
| Dicembre  | 7.761,7                         | 332.958.154                                     |

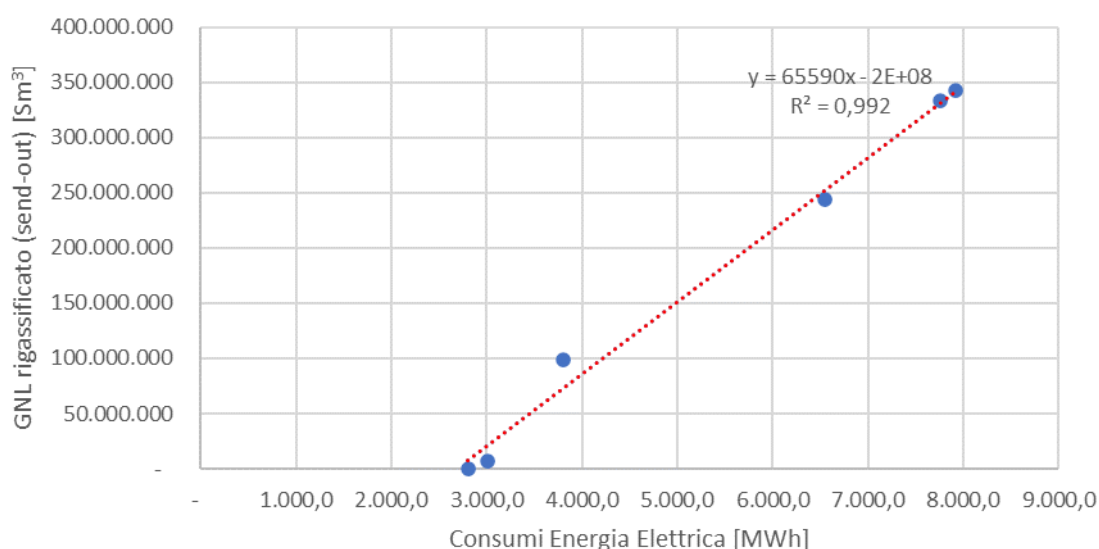


Figura 7.6: Relazione tra consumi di energia elettrica e send-out di GNL rigassificato

Per valutare la correlazione tra i volumi di gas naturale rigassificato immesso in rete ed i consumi elettrici della FSRU, sono stati considerati esclusivamente i dati di produzione di energia elettrica dei 4 generatori, in quanto la ripartizione di quest'ultimi nelle diverse attività è stata basata su calcoli derivanti da fattori di utilizzo e potenze nominali anziché su misurazioni dirette. In futuro, qualora vengano installati misuratori di energia elettrica sulle diverse utenze, sarà allora possibile calcolare indicatori e correlazioni più significative.



## RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA

Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 58

### ➤ MODELLO ELETTRICO: Approfondimento Illuminazione interna ed esterna

Sulla base del censimento dei corpi illuminanti interni ed esterni, è stata effettuata una valutazione del consumo associato all'uso energetico dell'illuminazione attraverso calcoli e stime. Come precedentemente specificato nel capitolo 3.3, il censimento riguarda la configurazione originale dell'impianto, compresi i modelli e le potenze inizialmente installate. Attualmente però, è in corso un programma di sostituzione dei corpi illuminanti con nuove tecnologie a LED, che ha coinvolto finora il 30% dei corpi illuminanti installati nei locali interni della FSRU.

In Tabella 7.10 si riportano le potenze ed i consumi dei corpi illuminanti installati originariamente a bordo.

Tabella 7.10: Modello operativo illuminazione stabilimento

| Censimento Illuminazione<br>Esterna – Interna                      | N°           | kW/cadauno | Ore di<br>funzionamento<br>[h] | Consumi<br>Luglio – Dicembre<br>2023 [kWh] |
|--|--------------|------------|--------------------------------|--|
| Fl 2x 18 W Ceiling Light Surface Type Ip20                         | 119          | 0,036      | 4380                           | 18.764                                     |
| Fl 2x 18 W Ceiling Light Surface Type Ip20<br>Battery Back Up      | 40           | 0,036      | 4380                           | 6.307                                      |
| Fl 2x 36 W Ceiling Light Surface Type Ip20                         | 117          | 0,072      | 4380                           | 36.897                                     |
| Fl 2x 36 W Ceiling Light Surface Type Ip20<br>Battery Back Up      | 4            | 0,072      | 4380                           | 1.261                                      |
| Fl 2x18w Ceiling Lig Ip20ht Semi Flush Type Ip20                   | 4            | 0,036      | 4380                           | 631  |
| Fl 2x36w Ceiling Lig Ip20ht Semi Flush Type Ip21                   | 38           | 0,072      | 4380                           | 11.984                                     |
| Fl 2x18w Ceiling Light Ip56  | 70           | 0,036      | 4380                           | 11.038                                     |
| Fl 2x18w Ceiling Light With Battery Pack                           | 7            | 0,036      | 4380                           | 1.104                                      |
| Fl 2x36 W Ceiling Light Ip 56                                      | 530          | 0,072      | 4380                           | 167.141                                    |
| Fl 2x18w,Ceiling Light Thin Surface Ip44                           | 11           | 0,036      | 4380                           | 1.734                                      |
| Fl 2x 36 W Ceiling Light Thin Surface Ip 44                        | 16           | 0,072      | 4380                           | 5.046                                      |
| Fl 2x18w,Outside Light Ip 67                                       | 92           | 0,036      | 4380                           | 14.507                                     |
| Fl 2x18w,Outside Light Ip 67 With Battery Pack                     | 10           | 0,036      | 4380                           | 1.577                                      |
| Fl 2x18w Explosion Proof Light Ip67,Exed lic T5                    | 260          | 0,036      | 4380                           | 40.997                                     |
| Fl 2x36w Explosion Proof Light Ip67,Exed lic T5                    | 65           | 0,072      | 4380                           | 20.498                                     |
| Fl 2x18w Explosion Proof Light Ip67,Exd lic T6                     | 5            | 0,036      | 4380                           | 788  |
| Fl 2x36w Explosion Proof Light Ip67,Exd lic T6                     | 6            | 0,072      | 4380                           | 1.892                                      |
| Fl 15w Bed Light   | 50           | 0,015      | 4380                           | 3.285                                      |
| Fl 20 W Mirror Light Ip44  | 3            | 0,02       | 4380                           | 263  |
| Fl 15w Mirror Light Ip 44  | 48           | 0,015      | 4380                           | 3.154                                      |
| Fl 13 W Pendant Light Ip56   | 58           | 0,013      | 4380                           | 3.303                                      |
| Fl 13 W Pendant Light Ip57 With Glove/Sreen                        | 5            | 0,013      | 4380                           | 285  |
| Tc-18w Down Light Flush Mounting Type                              | 32           | 0,018      | 4380                           | 2.523                                      |
| Tc-23w Explosion Proof Type Pendant Light Ip67<br>Exd lic T5       | 28           | 0,023      | 4380                           | 2.821                                      |
| Il-15w Step Light Ip 54  | 16           | 0,015      | 4380                           | 1.051                                      |
| Il-100 Ceiling Light Ip56  | 11           | 0,1        | 4380                           | 4.818                                      |
| Il-60w Wall Light Decorative Type                                  | 38           | 0,06       | 4380                           | 9.986                                      |
| 400w Hp Sodium Flood Light Ip67                                    | 25           | 0,4        | 4380                           | 43.800                                     |
| 2x 400w Hp Sodium Flood Light Ip67                                 | 35           | 0,8        | 4380                           | 122.640                                    |
| 500w Halogen Flood Light Ip67                                      | 32           | 0,5        | 4380                           | 70.080                                     |
| 500W HALOGEN FLOOD LIGHT IP67 EXPLOSION<br>PROOF Exdeiib           | 6            | 0,5        | 4380                           | 13.140                                     |
| 400w Hp Sodium Flood Light Ip67 Explosion<br>Proof Ip 66exd lic T4 | 10           | 0,4        | 4380                           | 17.520                                     |
| 300w Halogen Flood Light Ip67                                      | 2            | 0,3        | 4380                           | 2.628                                      |
| <b>Totale</b>  | <b>1.793</b> |            |                                | <b>643.461</b>                             |



## RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA

Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 59

In considerazione dell'attività di relamping e sostituzione corpi illuminanti con tecnologia LED attualmente in atto, si è proceduto applicato un coefficiente di risparmio energetico pari al 50%, dovuto al cambio di tecnologia, al 30% dei corpi illuminanti installati internamente alla FSRU. In tal modo è stato possibile stimare i consumi di illuminazione per la configurazione attualmente in corso. I risultati dell'analisi sono mostrati nella tabella seguente.

Tabella 7.11: Stima consumi illuminazione nuova configurazione

| Stima dei consumi energetici di illuminazione in considerazione del relamping in atto | Consumo energetico "ANTE INTERVENTO" [kWh] | Risparmio energetico stimato [kWh] | Consumo energetico "POST INTERVENTO" [kWh] |
|---|--|------------------------------------|--|
| Illuminazione interna   | 306.394,1                                  | 45.959,1                           | 260.435,0                                  |
| Illuminazione esterna   | 337.067,3                                  | -                                  | 337.067,3                                  |
| <b>Totale consumi</b>   | <b>643.461,4</b>                           | <b>45.959,1</b>                    | <b>597.502,3</b>                           |



## **7.2 Validazione attendibilità modello**

L'analisi energetica è un processo finalizzato alla creazione di un modello energetico che possa essere confrontato con i consumi effettivi, misurati attraverso dati concreti come le fatture, al fine di identificare possibili aree di miglioramento dell'efficienza energetica. Questo confronto consente di ottenere indici che possono essere utilizzati per individuare azioni specifiche che portino a una riduzione dei consumi energetici.

L'accuratezza del modello viene valutata confrontando i dati previsti dal modello con i dati effettivi raccolti nel periodo di analisi prescelto. È importante ridurre al minimo lo scostamento tra i due insiemi di dati.

Una volta completata l'analisi, si possono identificare le azioni di miglioramento dell'efficienza energetica che offrono il miglior rapporto costi-benefici. Queste azioni possono includere aggiornamenti tecnologici, modifiche nei processi operativi o investimenti in infrastrutture.

### **7.2.1 Boil-Off Gas**

Per l'elaborazione del modello energetico del Boil-Off Gas, sono stati impiegati dati operativi, provenienti da misuratori installati a bordo degli utilizzatori, ovvero i generatori e le unità di combustione, i quali sono archiviati con frequenza oraria. Pertanto è stato possibile sviluppare un modello accurato e privo di scostamenti.

### **7.2.2 Diesel**

Per l'elaborazione del modello energetico del Diesel, sono stati impiegati dati operativi, provenienti da misuratori installati a bordo degli utilizzatori, i quali sono archiviati con frequenza oraria. Pertanto, anche in questo caso è stato possibile sviluppare un modello accurato e privo di scostamenti.

### **7.2.3 Energia Elettrica**

Per l'elaborazione del modello riguardante il vettore secondario Energia Elettrica, sono stati impiegati dati operativi, ovvero i dati provenienti dai contatori che misurano l'energia elettrica generata dai 4 motori installati in sala macchine.

Successivamente, la ripartizione dei consumi nelle diverse attività e aree funzionali è stata effettuata tramite l'utilizzo di dati nominali d'impianto e fattori di utilizzo.

Il bilancio elettrico si è chiuso senza scostamenti, ma è importante sottolineare che, non essendoci utenze misurate, l'intera analisi si è basata su stime e calcoli.



## 8 Indicatori energetici e Baselines

Nel presente capitolo, i consumi energetici della FSRU Golar Tundra vengono analizzati in relazione all'attività di rigassificazione. Lo scopo è ottenere indicatori di prestazione generale indicabili come baseline per una futura comparazione delle prestazioni annue.

Tabella 8.1: Valore degli indicatori di prestazione generale ENPIG

| Indicatore                      | u. m.                                | Luglio - Dicembre 2023 |
|---------------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| ENPIG 1 (Boil-Off Gas & Diesel) | TEP/10 <sup>-3</sup> Sm <sup>3</sup> | 0,007                  |
| ENPIG 2 (Energia Elettrica)     | kWh/Sm <sup>3</sup>                  | 0,031                  |

Non risulta invece possibile individuare indicatori di prestazione specifica in quanto l'energia elettrica non risulta monitorata in nessuna attività di processo o area funzionale. La ripartizione dei consumi viene infatti effettuata tramite stime e calcoli, come già ampiamente discusso nel Capitolo 7.1.3.

A tal proposito, verrà proposto, nel successivo capitolo 11, l'intervento di efficientamento energetico mirato all'implementazione di un sistema di monitoraggio dei consumi energetici della FSRU.

L'unico indicatore specifico interessante da mostrare e che influisce direttamente su tutto il processo produttivo è l'efficienza media di produzione elettrica dei quattro generatori installati in sala macchine. Il rendimento viene calcolato come rapporto tra l'energia elettrica prodotta e l'energia chimica contenuta in input in forma di combustibile. In Tabella 8.2, si riportano i risultati dell'analisi, in cui si può notare un diverso valore di efficienza media dei generatori, che dipende principalmente dalla taglia e dal diverso fattore di carico medio a cui hanno lavorato durante il periodo di riferimento.

Tabella 8.2: Rendimento medio dei generatori

| Indicatore    | u. m. | Luglio - Dicembre 2023 |
|---------------|-------|------------------------|
| $\eta_{MGE1}$ | [-]   | 40%                    |
| $\eta_{MGE2}$ | [-]   | 35%                    |
| $\eta_{MGE3}$ | [-]   | 37%                    |
| $\eta_{MGE4}$ | [-]   | 37%                    |



## RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA

Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 62

### 9 Stima degli usi e dei consumi futuri

Di seguito, si riporta la previsione dei consumi energetici area per area per l'anno 2024.

Tabella 9.1: previsione consumi energetici – 2024

| Tipologia           | Attività   | Boil-Off Gas [m3] | Boil-Off Gas [Sm3] | Boil-Off Gas [tep] | Diesel [MT] | Diesel [tep] | Consumo Totale [tep] | Ripartizione Consumo tep [%] |
|---------------------|--|-------------------|--------------------|--------------------|-------------|--------------|----------------------|------------------------------|
| Attività principali | LNG Booster Pumps                                    | -                 | -                  | -                  | -           | -            | -                    | -                            |
|                     | Sea Water Lift Pumps                                 | -                 | -                  | -                  | -           | -            | -                    | -                            |
|                     | Regasification Plant (Altro)                         | -                 | -                  | -                  | -           | -            | -                    | -                            |
|                     | Em'cy Cargo/LNG Feed Pump                            | -                 | -                  | -                  | -           | -            | -                    | -                            |
|                     | L/D Compressor                                       | -                 | -                  | -                  | -           | -            | -                    | -                            |
|                     | Water Spray Pump                                     | -                 | -                  | -                  | -           | -            | -                    | -                            |
| Servizi Ausiliari   | Sala Macchine  | 28.164,9          | 17.310.392,0       | 14.706,0           | 245,9       | 250,8        | 14.956,8             | 96,5%                        |
|                     | Centrale Termica                                     | -                 | -                  | -                  | -           | -            | -                    | -                            |
|                     | Impianto Di Movimentazione Merci (servizi ausiliari) | -                 | -                  | -                  | -           | -            | -                    | -                            |
|                     | Ventilazione Sala Macchine                           | -                 | -                  | -                  | -           | -            | -                    | -                            |
| Servizi Generali    | Sistema Di Propulsione                               | -                 | -                  | -                  | -           | -            | -                    | -                            |
|                     | Scaldacqua   | -                 | -                  | -                  | -           | -            | -                    | -                            |
|                     | Sistema di trattamento delle acque di scarico        | -                 | -                  | -                  | -           | -            | -                    | -                            |
|                     | Impianto di Movimentazione Merci                     | -                 | -                  | -                  | -           | -            | -                    | -                            |
|                     | Deck Machinery                                       | -                 | -                  | -                  | -           | -            | -                    | -                            |
|                     | Climatizzazione e Refrigerazione (Produzione)        | -                 | -                  | -                  | -           | -            | -                    | -                            |
|                     | Ventilazione Dei Locali di Alloggio                  | -                 | -                  | -                  | -           | -            | -                    | -                            |
|                     | Illuminazione  | -                 | -                  | -                  | -           | -            | -                    | -                            |
|                     | Navigazione e Comunicazione                          | -                 | -                  | -                  | -           | -            | -                    | -                            |
|                     | Cucina   | -                 | -                  | -                  | -           | -            | -                    | -                            |



# RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA

Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 63

| Tipologia | Attività              | Boil-Off Gas [m3] | Boil-Off Gas [Sm3] | Boil-Off Gas [tep] | Diesel [MT] | Diesel [tep] | Consumo Totale [tep] | Ripartizione Consumo tep [%] |
|-----------|-----------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------|--------------|----------------------|------------------------------|
|           | Lavanderia            | -                 | -                  | -                  | -           | -            | -                    | -                            |
|           | Altre Utenze Generali | -                 | -                  | -                  | -           | -            | -                    | -                            |
|           | Perdite (GCU)         | 1.040,7           | 273.178,0          | 543,4              | -           | -            | 543,4                | 3,5%                         |
| Totale    |                       | 29.205,6          | 17.583.570,0       | 15.249,4           | 245,9       | 250,8        | 15.500,2             | 100,0%                       |

L'eventuale realizzazione di alcuni degli interventi di efficientamento energetico proposti all'interno di questo report porterebbe ad una tangibile riduzione dei consumi rispetto ai valori attualmente riportati in tabella.



## 10 Livello Attuale di Efficienza Energetica

La valutazione del livello attuale di efficienza energetica della FSRU Golar Tundra è effettuata in maniera qualitativa, dal momento che non esistono benchmark disponibili con cui confrontare i consumi specifici della FSRU per unità di GNL rigassificato e che tutti gli impianti di rigassificazione hanno caratteristiche diverse per cui la comparazione risulta difficoltosa. Tuttavia, l'analisi delle caratteristiche degli impianti presenti a bordo consente di concludere che il livello di efficienza energetica è decisamente superiore alla media a causa dell'adozione di un certo numero di buone pratiche impiantistiche e gestionali.

Tra queste buone pratiche già in atto presso la FSRU Golar Tundra, si trovano:

- l'installazione di inverter sulle pompe "Sea Water Lift Pump"; durante il sopralluogo, grazie alla visualizzazione dei sistemi di misura installati a bordo dei quadri elettrici, è stato possibile rilevare come, nel mese di Gennaio, le pompe di prelievo dell'acqua di mare utilizzata per lo scambio termico lavorassero ad una frequenza di 20 Hz invece che a 60 Hz, cosa che consente una notevole riduzione dei consumi di energia elettrica delle pompe, in linea con le reali necessità di acqua per il processo di rigassificazione. La stessa buona pratica è stata implementata sulle pompe dell'acqua di mare per il raffreddamento dei generatori e delle altre utenze di bordo che richiedono raffreddamento;
- la presenza di economizzatori sui camini dei generatori allo scopo di recuperare calore di scarto e ridurre gli sprechi energetici, con utilizzo del calore recuperato per la produzione della quasi totalità del vapore necessario a bordo della FSRU e la conseguente riduzione dei consumi di combustibile delle caldaie;
- l'utilizzo del vapore prodotto tramite recupero termico come descritto al punto precedente per una serie di utilizzi termici di bordo quali il preriscaldamento dei motori, la produzione di acqua calda sanitaria ed il riscaldamento degli alloggi; questo consente la riduzione dei consumi di energia elettrica dei sistemi elettrici presenti a bordo per la fornitura degli stessi servizi;
- la produzione di acqua dolce per usi civili e circuiti di raffreddamento in un evaporatore alimentato a vapore (prodotto tramite recupero termico come descritto sopra) invece che con energia elettrica; questo come la buona pratica precedente riduce i consumi di energia elettrica di analoghi sistemi presenti a bordo; inoltre, operando la FSRU nel porto di Piombino e non in ambiente offshore, apporta un beneficio di uso efficiente delle risorse in quanto l'acqua dolce necessaria al personale di bordo è prodotta a partire da acqua di mare invece che tramite rifornimento da terra con autobotti;
- l'utilizzo di spray pumps per favorire la condensazione del BOG generato nei serbatoi, cosa che riduce il consumo di energia elettrica dei BOG compressors per l'ottenimento del medesimo risultato;
- lo spegnimento dell'illuminazione esterna della FSRU durante il giorno, buona pratica attualmente adottata grazie a comandi impartiti manualmente e non tramite un sensore crepuscolare;
- la raccolta e successiva elaborazione dei dati di consumo energetico monitorati in un foglio di calcolo dedicato, cosa che consente elaborazioni successive legate ad esempio all'efficienza ed al carico medio dei generatori.





## 11 Individuazione delle opportunità di miglioramento e loro priorità

Al fine di attribuire un ordine di priorità a tali opportunità di miglioramento, l'azienda stabilisce dei criteri discrezionali. Successivamente, il prodotto dei punteggi ottenuti permetterà di valutare la definizione degli obiettivi sulla base delle opzioni finanziarie, tecnologiche e delle sollecitazioni delle parti interessate.

Al fine di dare meglio evidenza di quali sono le opportunità di miglioramento più significative, così come previsto anche al punto d) dell'allegato 2 del D.Lgs 102/2014 e s.m.i., l'organizzazione stabilisce i seguenti criteri per la determinazione della priorità: (specificare riferimento

- **CRITERIO 1: INTERVENTO SU UN USO ENERGETICO SIGNIFICATIVO ED EFFETTI ENERGETICI INDIRETTI**

Più basso sarà il costo dell'investimento in rapporto al fatturato del sito, più alto sarà il punteggio attribuito:

- 5: l'intervento è relativo a più usi energetici significativi;
- 3: L'intervento è relativo ad un solo uso energetico significativo e ad uno o più usi energetici non significativi (effetti energetici indiretti);
- 2: L'intervento è relativo ad un solo uso energetico significativo;
- 1: L'intervento è relativo a uno o più usi energetici non significativi;

- **CRITERIO 2: ASPETTI SINERGICI DELL'INVESTIMENTO – EFFETTI NON ENERGETICI INDIRETTI**

Ovvero altri benefici derivanti dalla realizzazione del progetto oltre ai risparmi energetici attesi, quali, migliorie delle performance ambientali e delle emissioni climalteranti, riduzione del rischio per la sicurezza, miglior visibilità dell'azienda all'esterno; più sono numerosi gli aspetti aggiuntivi che beneficiano dell'investimento, più alto sarà il punteggio, come segue:

- 5: benefici aggiuntivi in materia di riduzione delle emissioni derivanti da gas ad effetto serra, ambiente, sicurezza, qualità, immagine aziendale;
- 4: benefici aggiuntivi in almeno tre dei seguenti settori: riduzione delle emissioni derivanti da gas ad effetto serra, ambiente, sicurezza, qualità, immagine aziendale;
- 3: benefici aggiuntivi in almeno due dei seguenti settori: riduzione delle emissioni derivanti da gas ad effetto serra, ambiente, sicurezza, qualità, immagine aziendale;
- 2: benefici aggiuntivi in almeno uno dei seguenti settori: riduzione delle emissioni derivanti da gas ad effetto serra, ambiente, sicurezza, qualità, immagine aziendale;
- 1: nessuno beneficio aggiuntivo.

- **CRITERIO 3: SEMPLICITA' DI REALIZZAZIONE/MESSA IN ESERCIZIO DELL'INTERVENTO**

Con questo criterio si intende valorizzare quei progetti che per la loro esecuzione e messa in servizio non arrecano difficoltà tecniche, impiantistiche e/o gestionali; il punteggio attribuito sarà più alto quanto più semplice sarà la fase di progettazione esecutiva e/o di realizzazione:

- 6: nessuna delle difficoltà elencate sotto / anche in presenza di tali complicazioni, l'intervento è altamente innovativo/addizionale rispetto all'evoluzione tecnologica in essere / nel caso dell'installazione di sistemi permanenti di misura ma che sono alla base di qualsiasi investimenti quali sono alla base del monitoraggio di qualsiasi intervento;
- 5: assenti di difficoltà diverse da quelle strettamente legate alla realizzazione/messa in esercizio dell'intervento;
- 4: difficoltà legata esclusivamente alla ricerca di fornitori qualificati;
- 3: problemi legati a necessità di fermo impianti/installazione di quadri o elementi e di individuazione di fornitori qualificati;



## RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA

Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 66

2: problemi legati a necessità di fermo impianti/installazione di quadri o elementi accessori problemi di spazio o accesso all'area di intervento e di individuazione di fornitori qualificati;

1: problemi legati a necessità di fermo impianti/installazione di quadri o elementi accessori, problemi di spazio o accesso all'area di intervento, di potenzialità di fornitura di vettori energetici già presenti, di individuazione di fornitori qualificati.

Il prodotto dei punteggi assegnati secondo i criteri da 1 a 3 permetterà di valutare la priorità sulla base delle opzioni tecnologiche e delle sollecitazioni delle parti interessate; tale risultato va integrato valutando i seguenti criteri aggiuntivi che influiranno sulla priorità, mediante l'eventuale somma dei punteggi ottenuti rispondendo ai criteri 4 e 5:

### • CRITERIO 4: INTERVENTO CHE PERMETTE IL MIGLIORAMENTO DELL'EnPI ASSOCIATO ALL'USO(I) ENERGETICO(I)

L'intervento prevede la riduzione dell'EnPI?

- 20: nel caso in cui la prevista riduzione dell'EnPI riguardi più usi dell'energia;
- 10: nel caso in cui la prevista riduzione dell'EnPI riguardi almeno un uso dell'energia;
- 0: in caso negativo o in caso di dati non disponibili;

Di seguito si riporta la descrizione degli interventi di efficientamento energetico proposti per la FSRU Golar Tundra; per ciascun intervento identificato viene fornita una descrizione tecnica dello stato attuale e della proposta di miglioramento, una valutazione dei potenziali risparmi energetici ed economici ed una stima dell'investimento necessario e degli indicatori di performance finanziaria.

## 11.1 Misura 1: Implementazione del sistema di monitoraggio dei consumi energetici

### 11.1.1 Descrizione tecnica

Il sistema di monitoraggio energetico attualmente implementato a bordo della FSRU Golar Tundra presenta alcune limitazioni significative. Infatti, sebbene tale sistema sia adeguato all'analisi dei vettori energetici principali, come il Boil-Off Gas e il Diesel, risulta carente invece nel monitoraggio del vettore secondario energia elettrica.

Il sistema si concentra esclusivamente sulla misurazione e l'acquisizione dei dati relativi alla produzione di energia elettrica dei quattro generatori installati in sala macchine, trascurando la ripartizione energetica tra i diversi utilizzatori a valle.

Questa limitazione impedisce una visione completa e dettagliata del panorama energetico della FSRU, rendendo difficile l'identificazione di potenziali inefficienze o aree di miglioramento. Pertanto, si propone di implementare un sistema di monitoraggio più completo e sofisticato che possa considerare una gamma più ampia di variabili energetiche al fine di ottimizzare l'efficienza complessiva dell'impianto.

Si consiglia quindi di installare sistemi di acquisizione dei dati a livello di singolo componente facente parte delle attività principali, tra cui:

- N°1 misuratore per ogni LNG BOOSTER PUMP, quindi per un totale di 6;
- N°1 misuratore per ogni SEA WATER LIFT PUMP, quindi per un totale di 3;
- N°1 misuratore per ogni EM'CY CARGO/LNG FEED PUMP, quindi per un totale di 3;
- N°1 misuratore per ogni L/D COMPRESSOR, quindi per un totale di 2;



## RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA

Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 67

- N°1 misuratore per ogni WATER SPRAY PUMP, quindi per un totale di 1;

Riguardo i Servizi Ausiliari si consiglia di montare i consumi relativi all'area funzionale "Ventilazione sala macchine", essendo questa l'attività più energivora riscontrata tra i servizi ausiliari. In dettaglio, si propone:

- N°2 misuratori per E/R SUPPLY FAN 1&4;
- N°2 misuratori per E/R SUPPLY FAN 2&3(Low);
- N°2 misuratori per CARGO MACH.ROOM EXH. FAN;
- N°2 misuratori per EL. MOTOR ROOM SUP. FAN;
- N°2 misuratori per PASSAGE WAY EXH. FAN;
- N°1 misuratori per DUCT KEEL EXH. FAN;
- N°1 misuratori per SANITARY SPACE EXH. FAN;

infine, riguardo i Servizi Generali si consiglia di installare i consumi relativi all'area funzionale "Impianto movimentazione merci", al cui interno sono installate le Ballast Pumps, l'area "Climatizzazione e Refrigerazione (Produzione)". Il monitoraggio dell'illuminazione verrà proposto nella Misura 2 assieme al relamping completo dell'impianto. In dettaglio, si propone:

- N°1 misuratore di assorbimento elettrico per ogni BALLAST PUMP, per un totale di 3;
- N°1 misuratore di assorbimento elettrico per ogni AIR COND. COMPRESSOR, in totale 2.
- N°1 misuratore di assorbimento elettrico per ogni AHU SUPPLY FAN, in totale 2;
- N°1 misuratore di assorbimento elettrico per ogni REFER PROVISION PLANT, in totale 2;
- N°1 misuratore di assorbimento elettrico per ogni PACKAGE A/C, ECR, in totale 1;
- N°1 misuratore di assorbimento elettrico per ogni PACKAGE A/C, W/SHOP, in totale 1;
- N°1 misuratore di assorbimento elettrico per ogni PACKAGE A/C, GALLEY, in totale 1;
- N°1 misuratore di assorbimento elettrico per ogni PACKAGE A/C, MSB RM, in totale 2;
- N°1 misuratore di assorbimento elettrico per ogni PACKAGE A/C, CSB RM, in totale 2;
- N°1 misuratore di assorbimento elettrico per ogni PACKAGE A/C, CONV. RM, in totale 2;
- N°1 misuratore di assorbimento elettrico per ogni PACKAGE A/C, EER, in totale 1;
- N°1 misuratore di assorbimento elettrico per ogni PACKAGE A/C, CCR, in totale 1;
- N°1 misuratore di assorbimento elettrico per ogni PACKAGE A/C, RE-GAS SWBD ROOM, in totale 1.

Complessivamente si ipotizza di installare, al fine di intraprendere un primo passo verso una più completa visione e ripartizione dei consumi energetici, un numero di 48 misuratori di energia elettrica.

Si fa presente che la fattibilità di questo intervento dovrà essere valutata in termini impiantistici e di compatibilità con le regole di Classe applicabili.



## **11.2 Misura 2: Completamento relamping impianto di illuminazione**

### **11.2.1 Descrizione tecnica**

Nel contesto dell'efficientamento energetico, il relamping dell'impianto di illuminazione interno ed esterno rappresenta un intervento di facile realizzazione e dai risultati garantiti.

Durante il sopralluogo, si è osservato un utilizzo prevalente di lampade non LED, con un'illuminazione interna costantemente accesa e lampade esterne attivate solamente durante le ore serali. Tale osservazione è stata confermata dai referenti di sito e dal censimento degli impianti.

Va comunque sottolineato che, ad oggi, è attivo un percorso di sostituzione dei corpi illuminanti con tecnologia LED, il quale ha già interessato il 30% delle lampade interne, mentre il restante 70% rimane ancora costituito da corpi illuminanti tradizionali. Questa situazione rappresenta un'opportunità di miglioramento significativo sia in termini di efficienza energetica che di qualità dell'illuminazione.

I benefici derivanti dall'adozione di lampade LED sono molteplici e includono:

- **Risparmio Energetico:** le lampade a tecnologia LED consumano significativamente meno rispetto alle lampade tradizionali, riducendo così i costi operativi;
- **Durata e Affidabilità:** le lampade LED hanno una durata operativa molto più lunga rispetto alle fonti luminose tradizionali, riducendo la frequenza di sostituzione e i costi di manutenzione;
- **Migliore Qualità della Luce:** le lampade LED offrono una luce più uniforme, priva di sfarfallio e con una resa cromatica superiore, migliorando il comfort visivo e la qualità dell'illuminazione negli ambienti interni ed esterni;
- **Flessibilità e Controllo:** tramite sistemi di controllo intelligente è possibile regolare l'intensità luminosa in base alle esigenze specifiche dell'ambiente e dell'utente, garantendo un utilizzo ottimale dell'energia e un maggiore comfort visivo.

In conclusione, il relamping completo dell'impianto di illuminazione rappresenta un intervento di efficientamento dai notevoli benefici.

### **11.2.2 Stima dei risparmi**

I risparmi derivanti dal relamping dell'impianto di illuminazione interno ed esterno della FSRU sono stati stimati, cautelativamente, nel 40% dei consumi attuali di energia elettrica per illuminazione.

Questo intervento presenta un legame diretto con la riduzione dei consumi dell'azienda: difatti, la tecnologia LED, secondo quanto riportato in letteratura consuma dal 50% al 70% di energia in meno rispetto alle lampade fluorescenti.

Sotto queste ipotesi, è possibile concludere che i risparmi conseguenti alla messa in pratica di questo intervento corrispondono a circa 239 MWh/anno di energia elettrica, il che equivalgono a 106 m<sup>3</sup>/anno di GNL.

### **11.2.3 Valutazione dell'investimento**

Per quanto riguarda l'investimento, si sono considerati i seguenti costi unitari:

- Lampade LED per illuminazione interna: 100€/pezzo, comprensivo di installazione;
- Lampade LED per illuminazione esterna: 300€/pezzo, comprensivo di installazione;
- Fari LED per illuminazione esterna: 1000€/pezzo, comprensivo di installazione.



## RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA

Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 69

I prezzi proposti tengono conto della necessità di installare corpi illuminanti certificati ATEX nelle aree esterne, essendo gran parte del sito produttivo potenzialmente caratterizzato da tale rischio.

Questi costi unitari vanno poi moltiplicati per il numero di lampade da sostituire, riportato in Tabella 11.1.

Tabella 11.1: Numero di lampade da sostituire per tipologia

| Area   | Pezzi | Note                                  |
|--|-------|---------------------------------------|
| Illuminazione interna                        | 860   | Al netto delle lampade già sostituite |
| Illuminazione esterna (lampade tradizionali) | 445   |                                       |
| Illuminazione esterna (Fari)                 | 110   | Lampade ATEX                          |

Di conseguenza, il costo totale dell'intervento è stimato in circa 329.500€ e quindi il tempo di ritorno dell'investimento sarà di 10,8 anni.

Il tempo di ritorno elevato è estremamente influenzato dal costo dei fari esterni, i quali, seppur presenti in numero limitato rispetto alle lampade interne ed esterne, presentano dei costi estremamente elevati, dovendo rispettare tutti i requisiti previsti dalla direttiva ATEX 1999/92/CE.

I dati relativi alla Misura #2 sono riassunti in Tabella 11.2.

Tabella 11.2: Risultati della misura 2

|                                | Valore  | Unità di Misura         |
|--------------------------------|---------|-------------------------|
| Investimento Totale            | 329.500 | €                       |
| Durata Utile dell'Investimento | 15      | anni                    |
| Risparmi Totali                | 23.923  | €/anno                  |
| Tempo di Pay-Back Semplice     | 13,77   | anni                    |
| Flusso di Cassa                | 55.603  | €                       |
| TIR                            | 2       | %                       |
| VAN a 15 anni                  | -52.203 | €                       |
| VAN/I                          | 0,16    | -                       |
| Risparmi di Energia Elettrica  | 239     | MWh/anno                |
| Risparmi di Boil-Off Gas       | 106     | m <sup>3</sup> /anno    |
| Risparmi di Energia Primaria   | 55      | tep/anno                |
| Emissioni di Gas Serra Evitate | 130     | tCO <sub>2</sub> e/anno |



### **11.3 Misura 3: Pompa di calore ad assorbimento per raffrescamento alloggi**

#### **11.3.1 Descrizione tecnica**

Nel contesto dell'efficientamento energetico, il recupero di calore di scarto generato come sottoprodotto di processi produttivi rappresenta una risorsa di elevato valore, soprattutto nel contesto marittimo.

Al tal fine, si propone l'installazione di una pompa di calore ad assorbimento di tipo indiretto, di taglia pari a 600 kW termici, volta al raffrescamento degli alloggi presenti a bordo, in sostituzione dell'attuale gruppo frigorifero, il quale rimarrebbe a disposizione come impianto di backup.

La pompa di calore ad assorbimento per il raffreddamento degli alloggi sfrutta il principio di assorbimento ed evaporazione di un fluido refrigerante per trasferire il calore dall'interno all'esterno, raffreddando efficacemente l'ambiente. Questi sistemi sono particolarmente utili in ambienti dove è necessario il raffreddamento e dove sono disponibili fonti di calore di recupero.

Tutto il calore necessario per lo scambio termico è reso disponibile in sovrabbondanza dai fumi esausti provenienti dai 4 generatori.

Essendo tuttavia il funzionamento dei generatori alternato durante le operazioni di rigassificazione, si richiede l'installazione di uno scambiatore termico per ogni camino in modo tale da poter fornire il servizio con continuità. Seppur non si possa considerare un intervento complesso, l'installazione della pompa di calore ad assorbimento e dei suoi ausiliari richiede lavori di installazione significativi ed il fermo impianto per tutto il periodo necessario all'installazione e collaudo dell'impianto.

Si fa presente che la fattibilità di questo intervento dovrà essere valutata in termini impiantistici e di compatibilità con le regole di Classe applicabili.

#### **11.3.2 Stima dei risparmi**

Il risparmio di energia elettrica ottenibile dall'installazione di una pompa di calore ad assorbimento da 600 kW termici, che ha una potenza elettrica installata di soli 30 kW, è stimato nel 90% dei consumi dell'attuale gruppo frigorifero.

Una volta che la pompa di calore ad assorbimento sarà pienamente operativa, l'attuale gruppo frigorifero non sarà più utilizzato, tranne in casi eccezionali di necessità ed urgenza.

Considerando l'attuale configurazione impiantistica e la soluzione proposta, è possibile concludere che i risparmi conseguenti alla messa in pratica di questo intervento corrispondono a circa 667 MWh/anno di energia elettrica, che equivalgono a 295 m<sup>3</sup>/anno di GNL, per una riduzione complessiva di 362 tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalente immesse in atmosfera.

#### **11.3.3 Valutazione dell'investimento**

Per quanto riguarda la misura proposta di installazione di una pompa di calore ad assorbimento in sostituzione del gruppo frigorifero esistente, si è considerato un costo complessivo, comprensivo di installazione, di 600.000 €. A tale investimento corrisponde quindi un tempo di ritorno dell'investimento di circa 9 anni.

I dati relativi alla Misura #3 sono riassunti in Tabella 11.3.



## RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA

Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 71

Tabella 11.3: Risultati della misura 3

|                                | Valore  | Unità di Misura         |
|--------------------------------|---------|-------------------------|
| Investimento Totale            | 600.000 | €                       |
| Durata Utile dell'Investimento | 15      | anni                    |
| Risparmi Totali                | 66.785  | €/anno                  |
| Tempo di Pay-Back Semplice     | 8,98    | anni                    |
| Flusso di Cassa                | 475.037 | €                       |
| TIR                            | 10%     | %                       |
| VAN a 15 anni                  | 174.094 | €                       |
| VAN/I                          | 0,29    | -                       |
| Risparmi di Energia Elettrica  | 667     | MWh/anno                |
| Risparmi di Boil-Off Gas       | 295     | m <sup>3</sup> /anno    |
| Risparmi di Energia Primaria   | 154     | tep/anno                |
| Emissioni di Gas Serra Evitate | 362     | tCO <sub>2</sub> e/anno |

### 11.4 Misura 4: Manutenzione straordinaria rete aria compressa

#### 11.4.1 Descrizione tecnica

Questa misura punta al miglioramento della manutenzione delle reti aria compressa presenti a bordo della FSRU; infatti, i sistemi di produzione di aria compressa sono già caratterizzati da un sufficiente livello di efficienza energetica che potrà aumentare in caso di installazione di inverter come proposto in una misura precedente, mentre la distribuzione presenta margini di miglioramento.

Questa misura propone l'istituzione di un controllo periodico di routine volto ad individuare le perdite seguendo la rete aria compressa. La frequenza di tale controllo potrebbe indicativamente essere di quattro volte l'anno. Secondo l'esperienza sviluppata in impianti industriali, questa routine dovrebbe ridurre le perdite dal 30% iniziale stimato al 15% con la sola riparazione di perdite facilmente rilevabili.

#### 11.4.2 Stima dei risparmi

I risparmi derivanti dalle attività di manutenzione straordinaria della rete di aria compressa dello stabilimento sono stati stimati pari al 10% dei consumi attuali di energia elettrica assorbita dai compressori.

Sotto tale ipotesi, è possibile concludere che i risparmi conseguenti alla messa in pratica di questo intervento corrispondono a circa 8 MWh/anno di energia elettrica.

Queste riduzioni di consumo corrispondono ad un risparmio economico di 758 €/anno e ad emissioni di gas serra evitate pari a 4,1 tCO<sub>2</sub>e/anno.



## RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA

Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 72

### 11.4.3 Valutazione dell'investimento

Il valore dell'investimento è stato stimato pari a 5.000 €. In particolare, il costo dell'investimento di manutenzione straordinaria si compone di due attività, la prima, volta alla identificazione delle perdite di aria compressa all'interno della rete di stabilimento, la seconda, volta invece alla riparazione di quanto individuato. Il tempo di ritorno risulta essere pari a 6,6 anni.

I risultati principali dell'intervento proposto dalla Misura #4 sono mostrati in Tabella 11.4.

Tabella 11.4: Risultati della Misura 4

|                                | Valore | Unità di Misura         |
|--------------------------------|--------|-------------------------|
| Investimento Totale            | 5.000  | €                       |
| Durata Utile dell'Investimento | 20     | anni                    |
| Risparmi Totali                | 758    | €/anno                  |
| Tempo di Pay-Back Semplice     | 6,6    | anni                    |
| Flusso di Cassa                | 9.897  | €                       |
| TIR                            | 17%    | %                       |
| VAN a 20 anni                  | 5.022  | €                       |
| VAN/I                          | 1,00   | -                       |
| Risparmi di Energia Elettrica  | 8      | MWh/anno                |
| Risparmi di Boil-Off Gas       | 3      | m <sup>3</sup> /anno    |
| Risparmi di Energia Primaria   | 1,75   | tep/anno                |
| Emissioni di Gas Serra Evitate | 4,11   | tCO <sub>2</sub> e/anno |

### 11.5 Misura 5: Manutenzione straordinaria rete vapore

#### 11.5.1 Descrizione tecnica

La corretta e periodica manutenzione della rete vapore di un sito produttivo è fondamentale per garantire l'efficienza energetica, ridurre le perdite ed i costi operativi e promuovere azioni di sostenibilità. Attraverso le attività di ispezione, controllo e pulizia della rete e degli scaricatori di condensa della FSRU è possibile individuare e riparare eventuali perdite in modo efficiente e prevenire guasti improvvisi.

Questa analisi consentirà di identificare eventuali inefficienze o perdite nel sistema e di prendere le misure correttive appropriate per migliorare l'efficienza complessiva dell'impianto.

### 11.6 Misura 6: Adozione dello standard ISO 50001:2018

#### 11.6.1 Descrizione tecnica

La normativa ISO 50001:2018 "Sistemi di Gestione dell'Energia - Requisiti e linee guida per l'uso" è un importante strumento che mira a garantire coerenza e validità delle prestazioni energetiche aziendali a livello globale. Questa normativa stabilisce un quadro di gestione dell'energia che comprende politiche, processi, procedure e compiti specifici per soddisfare gli obiettivi energetici di un'organizzazione. Attraverso un





## RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA

Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 73

approccio basato sul ciclo iterativo “Plan-Do-Check-Act” (PDCA), la ISO 50001 promuove un miglioramento continuo delle prestazioni energetiche.

L'adozione della norma ISO 50001 offre numerosi vantaggi, tra cui:

- standardizzazione del framework per la gestione energetica, offrendo politiche, processi e piani d'azione per implementare opportunità di risparmio energetico, garantendo un miglioramento continuo nella gestione dell'energia;
- riduzione dei costi energetici e del consumo energetico, in quanto standard mira proprio ad identificare e gestire dove, quando e come l'energia viene consumata e predisporre miglioramenti continui;
- minore emissione di CO<sub>2</sub>, come diretta conseguenza della miglior gestione del consumo energetico;
- incremento della reputazione aziendale e maggiore forza commerciale, in quanto la conformità alla normativa ISO 50001 offre significativi vantaggi reputazionali, dimostrando agli stakeholder l'impegno dell'organizzazione nel gestire il consumo energetico e nell'implementare pratiche volte a migliorare l'efficienza energetica.

In conclusione, l'implementazione della norma ISO 50001 è cruciale per adottare un approccio più sistematico e sostenibile alla gestione dell'energia all'interno delle organizzazioni, portando a benefici tangibili sia dal punto di vista energetico che economico.



## RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA FSRU GOLAR TUNDRA

Rev. 0  
Data: 01/03/2024  
Pag. 74

A seguire viene riportata la tabella con il riepilogo degli interventi proposti nel presente report.

Tabella 11.5: Riepilogo Progetti di efficientamento proposti nel report

| n | Obiettivo  | Investimento | Risparmio energetico atteso [m3 GNL] | Pay-back semplice [anni] | Priorità | Criterio 1 | Criterio 2 | Criterio 3 | Criterio 4 |
|---|--|--------------|--------------------------------------|--------------------------|----------|------------|------------|------------|------------|
| 1 | Monitoraggio dei consumi elettrici tramite installazione di misuratori e sistema di acquisizione/elaborazione dati | 29.600,00 €  | 266                                  | n.d.                     | 33       | 3          | 4          | 6          | 20         |
| 2 | Sostituzione corpi illuminanti con nuova tecnologia LED  | 329.500,00 € | 106                                  | 13,8                     | 34       | 3          | 5          | 6          | 20         |
| 3 | Installazione di una pompa di calore ad assorbimento per il raffrescamento degli alloggi                           | 600.000,00 € | 295                                  | 9,0                      | 31       | 3          | 4          | 4          | 20         |
| 4 | manutenzione straordinaria della rete dell'aria compressa  | 5.000,00 €   | 3                                    | 6,6                      | 33       | 3          | 5          | 5          | 20         |
| 5 | Manutenzione straordinaria della rete vapore   | n.d.         | n.d.                                 | n.d.                     | 32       | 3          | 4          | 5          | 20         |
| 6 | Adozione dello standard ISO 50001:2018   | n.d.         | n.d.                                 | n.d.                     | 33       | 3          | 4          | 6          | 20         |

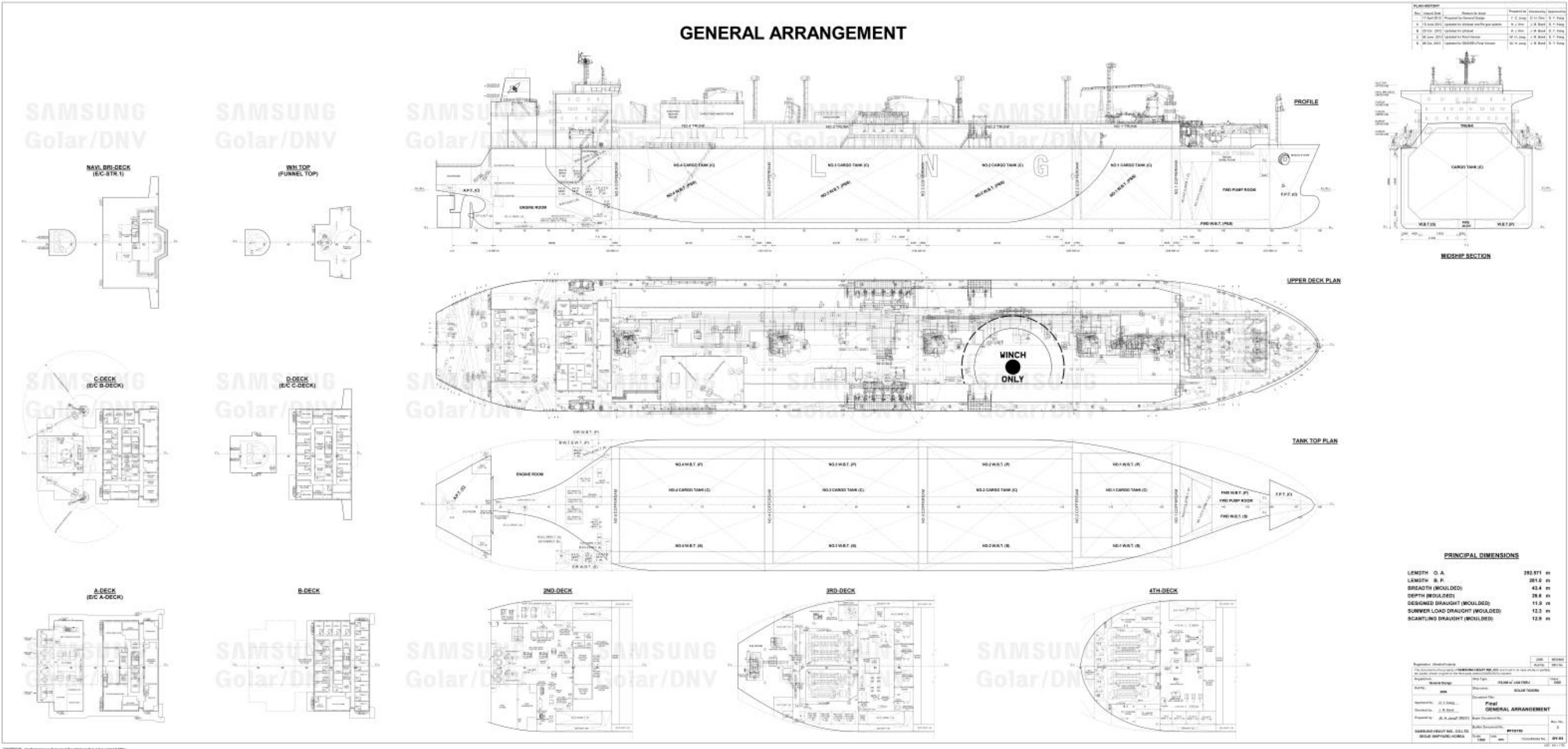
|  |                            |
|--|----------------------------|
|  |                            |
| <b>RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA INIZIALE</b> | Rev. 0<br>Data: 01/03/2024 |

Piombino (LI), 01/03/2024

  
\_\_\_\_\_  
*Ing. Carlo Mangia*  
*Director FSRU Operations*

  
**Ing. Giorgio Bonvicini**  
Cert. n. 17M00002PV1 (Settore Civile)  
17M00002PV2 (Settore Industriale)  
  
PERSONALE CERTIFICATO  
UNI CEI 11339 Esperto in  
Gestione dell'Energia  
*Ing. Giorgio Bonvicini*  
*RINA Consulting S.p.A. – Carbon Reduction Manager*  
*EGE Civile e Industriale ex UNI CEI 11339:2009*

Allegato 1 General Arrangement FSRU Golar Tund



|  |                            |
|--|----------------------------|
|  |                            |
| <b>RAPPORTO DI ANALISI ENERGETICA INIZIALE</b> | Rev. 0<br>Data: 01/03/2024 |

**Allegato 2 - Certificato EGE dell'Auditor**

---



## CERTIFICATO N. / CERTIFICATE No. 17MI00002PV1

SI CERTIFICA CHE / IT IS HEREBY CERTIFIED THAT

**GIORGIO BONVICINI**

Nome / Name      Cognome / Surname

Luogo di nascita / *Place of birth*: LA SPEZIA (SP)

Data di nascita / *Date of birth*: 27/06/1988

C.F.: BNVGRG88H27E463C

**soddisfa i requisiti specificati nei seguenti documenti:**  
*satisfies the requirements specified in the documents below:*

- Norma UNI CEI 11339:2009 "Gestione dell'energia - Esperti in gestione dell'energia - Requisiti generali per la qualificazione"
- Schema di certificazione e accreditamento per la conformità alla norma UNI CEI 11339:2009 in materia di Esperti in Gestione dell'Energia (EGE) redatto ai sensi dell'art.12, comma 1, del Decreto Legislativo 4 luglio 2014, n. 102", emesso da ACCREDIA
- "Scheda Integrativa dei Requisiti della Certificazione delle Persone" allegata a RC/C 85 "Regolamento generale per la certificazione delle persone", emesso da RINA

**per il settore / for the sector**

**CIVILE E INDUSTRIALE**

*L'uso e la validità del presente certificato sono soggetti al rispetto del Regolamento RINA sopracitato, disponibile sul sito [www.rina.org](http://www.rina.org) / The use and validity of this certificate are subject to compliance with the above RINA Rules, available in RINA website [www.rina.org](http://www.rina.org)*

Data di rilascio / *First issue*      27/01/2017

Emissione corrente / *Current issue*      23/12/2021

Data di scadenza / *Expiry date*      26/01/2027

**Filippo Lago**

Italy Welding & Pressure Equipments, Personnel  
Certification & Laboratories, Director

**RINA Services SpA**

Via Corsica 12 - 16128 Genova



**PRS N° 066 C**

Membro degli Accordi di Mutuo  
Riconoscimento EA, IAF e ILAC  
*Signatory of EA, IAF and ILAC  
Mutual Recognition Agreements*