


	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NQ/R 21300/L01	<b>UNITA'</b> 000
	<b>LOCALITA'</b> PORTO TORRES	<b>001-GA-E-08006</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 1 di 36	<b>Rev.</b> 01

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C001-8096-RT-1013-001

## TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE

### Relazione Tecnica di Selezione Tipologia di Vaporizzatore



01	Emissione per Enti	A.ROSSINI (TECNOCONSULT)	L.NARDI	P.RUSSO S.SCANDALE	AGOSTO 2024
00	Emissione per Enti/Appalto	V. ZITO	G.RASO	L.DEROSSI	26/09/22
<b>Rev.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Elaborato</b>	<b>Verificato</b>	<b>Approvato Autorizzato</b>	<b>Data</b>

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NQ/R 21300/L01	<b>UNITA'</b> 000
	<b>LOCALITA'</b> PORTO TORRES	<b>001-GA-E-08006</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 2 di 36	<b>Rev.</b> 01

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C001-8096-RT-1013-001

## INDICE

	Pagina
<b>1. GENERALITÀ</b>	<b>4</b>
<b>2. SCOPO DEL DOCUMENTO</b>	<b>9</b>
<b>3. ACRONIMI</b>	<b>9</b>
<b>4. NORMATIVE DI RIFERIMENTO</b>	<b>9</b>
<b>5. RIFERIMENTI</b>	<b>9</b>
<b>6. UNITA' DI MISURA</b>	<b>10</b>
<b>7. TECNOLOGIA DEI VAPORIZZATORI</b>	<b>11</b>
7.1. Descrizione generale	11
7.2. Open Rack Vaporizer (ORV)	12
7.3. Shell and Tube Vaporizer (STV)	14
7.4. Intermediate Fluid Vaporizer (IFV)	16
7.5. Submerged Combustion Vaporizer (SCV)	19
<b>8. CARATTERISTICHE OPERATIVE DEI VAPORIZZATORI</b>	<b>21</b>
<b>9. CONFRONTO TRA VAPORIZZATORI</b>	<b>23</b>
9.1. Simulazioni	25
9.1.1. Caso 1a (ORV)	25
9.1.2. Caso 1b (STV)	26
9.1.3. Caso 2a (IFV – Kobe Steel)	27
9.1.4. Caso 2b (IFV - Sistema Acqua/Glicole)	29
9.1.5. Caso 2c (IFV - Sistema Propano)	31
9.1.6. Caso 3 (SCV)	33
9.2. Riepilogo del confronto	34
<b>10. CONCLUSIONI</b>	<b>35</b>

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NQ/R 21300/L01	<b>UNITA'</b> 000
	<b>LOCALITA'</b> PORTO TORRES	<b>001-GA-E-08006</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 3 di 36	<b>Rev.</b> 01



Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C001-8096-RT-1013-001

## INDICE DELLE FIGURE

	Pagina
Figura 1-1 – Vista generale dell'Area d'Intervento.	5
Figura 1-2 – Rete Energetica Sardegna Tratto Nord.	6
Figura 7-1 – Schematico di un vaporizzatore ORV for onshore installation.	12
Figura 7-2 – Schematico di un vaporizzatore STV (Chicago Power & Process, Inc.).	14
Figura 7-3 – Formazione di zone morte all'interno del mantello.	15
Figura 7-4 – Schematico di un vaporizzatore IFV (Kobe Steel, Ltd).	16
Figura 7-5 – Schematico di un vaporizzatore IFV con circuito chiuso IF.	17
Figura 7-6 – Schematico di un vaporizzatore IFV con più fonti di calore.	18
Figura 7-7 – Schematico di un vaporizzatore SCV.	19
Figura 9-1 – Schema di processo ORV.	25
Figura 9-2 – Schema di processo STV.	26
Figura 9-3 – Schema di processo IFV – Kobe Steel.	27
Figura 9-4 – Schema di processo IFV - Sistema Acqua/Glicole.	29
Figura 9-5 – Schema di processo IFV - Sistema Propano.	31
Figura 9-6 – Schema di processo SCV.	33

## INDICE DELLE TABELLE

	Pagina
Tabella 10-1 – Casi analizzati per il Confronto tra Vaporizzatori.	23
Tabella 10-2 – Condizioni operative delle simulazioni.	24
Tabella 10-3 – PROs & CONs Vaporizzatore ORV.	25
Tabella 10-4 – PROs & CONs Vaporizzatore STV.	26
Tabella 10-5 – PROs & CONs Vaporizzatore IFV – Kobe Steel.	28
Tabella 10-6 – PROs & CONs Vaporizzatore IFV – Sistema Acqua e Glicole.	30
Tabella 10-7 – PROs & CONs Vaporizzatore IFV – Sistema Propano.	32
Tabella 10-8 – PROs & CONs Vaporizzatore SCV.	33
Tabella 10-9 – Riepilogo del Confronto tra Vaporizzatori.	34
Tabella 11-1 – Valutazione qualitativa dei vaporizzatori.	35

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NQ/R 21300/L01	<b>UNITA'</b> 000
	<b>LOCALITA'</b> PORTO TORRES	<b>001-GA-E-08006</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 4 di 36	<b>Rev.</b> 01

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C001-8096-RT-1013-001

## 1. GENERALITÀ

### 1.1. Inquadramento Generale

La Società Snam Rete Gas ("SRG"), soggetta all'attività di direzione e coordinamento di Snam S.p.A. ("Snam"), una delle principali società di infrastrutture energetiche e principale TSO (Transport System Operator - gestore del sistema di trasporto gas) in ambito europeo, intende allestire nel porto industriale di Porto Torres (SS) un terminale di rigassificazione su un mezzo navale permanentemente ormeggiato ("Terminale") per consentire lo stoccaggio e la vaporizzazione di gas naturale liquefatto (GNL) per il suo trasferimento nella rete di trasporto di gas naturale a terra che sarà realizzata da Enura S.p.A., società soggetta anch'essa all'attività di direzione e coordinamento di Snam. Il Terminale è anche predisposto per svolgere servizi di Small Scale LNG attraverso il rifornimento di apposite navi metaniere "bunkering vessels".



Il Terminale sarà costituito da una unità navale di stoccaggio e rigassificazione flottante (Floating Storage Regasification Unit o "FSRU") con una capacità indicativa di stoccaggio di circa 140.000 m<sup>3</sup> di GNL e una capacità di rigassificazione nominale di circa 330.000 Sm<sup>3</sup>/h. La FSRU sarà ormeggiata a lungo termine (25 anni).

Il Progetto, inizialmente presentato da Snam (Rif. Prot. No. 245 del 29 Novembre 2022), prevedeva l'accosto della FSRU in corrispondenza della banchina carbonile in stretta adiacenza al molo di ormeggio in concessione a EP FiumeSanto. Le numerose interlocuzioni intercorse con le Autorità tecniche portuali nonché con gli organi del Comitato Tecnico Regionale (CTR), hanno fatto emergere l'opportunità di spostare la posizione del Terminale lungo la parte terminale del molo foraneo settentrionale realizzando una nuova struttura d'accosto permanente in cassoni che resterà a servizio del Porto.

Il progetto è parte integrante del più ampio progetto di "Collegamento Virtuale" (o "Virtual Pipeline") per l'approvvigionamento di gas naturale alla Sardegna, che Snam intende realizzare, anche attraverso le sue controllate e partecipate come Snam Rete Gas ed Enura, in coerenza a quanto disciplinato dall'art. 2 comma 4 e comma 5 del Decreto del Presidente del Consiglio dei ministri del 29 marzo 2022, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale numero 125 del 30 maggio 2022, avente ad oggetto "*Individuazione delle opere e delle infrastrutture necessarie al phase out dell'utilizzo del carbone in Sardegna e alla decarbonizzazione dei settori industriali dell'Isola*" (c.d. DPCM Sardegna").

Come indicato nell'art. 1 comma 1 del suddetto DPCM Sardegna, il progetto Virtual Pipeline si inserisce nell'ambito delle iniziative mirate a sostenere il rilancio delle attività produttive nella regione Sardegna, la decarbonizzazione dei settori industriali, la transizione energetica delle attività produttive e il phase-out del carbone garantendo sia l'approvvigionamento di energia all'Isola a prezzi in linea con quelli del resto d'Italia che, assicurando l'attuazione degli obiettivi del PNIEC (Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima).

Il progetto Virtual Pipeline include lo sviluppo delle infrastrutture di trasporto e di rigassificazione di GNL necessarie a garantire la fornitura di gas naturale in Sardegna mediante l'utilizzo di navi spola (metaniere di piccola taglia o c.d. "shuttle carrier") tra i terminali di rigassificazione italiani regolati ed i futuri terminali di rigassificazione da realizzare in Sardegna. Lo spostamento di volumi fisici di GNL mediante navi spola sarà effettuato con modalità equiparate, anche ai fini tariffari, a quelle del trasporto di gas, che comunemente avviene attraverso un qualsiasi metanodotto del sistema nazionale di trasporto.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NQ/R 21300/L01	<b>UNITA'</b> 000
	<b>LOCALITA'</b> PORTO TORRES	<b>001-GA-E-08006</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 5 di 36	<b>Rev.</b> 01

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C001-8096-RT-1013-001

In tale contesto, gli shipper operanti nel sistema di trasporto gas nazionale potranno rendere disponibili volumi di gas in un qualsiasi punto di ingresso del sistema o al c.d. Punto di Scambio Virtuale (PSV), richiedendone a Snam Rete Gas la riconsegna in un punto di uscita in Sardegna. In questo modo, volumi di GNL immessi nel sistema presso i terminali di stoccaggio in continente, potranno essere intercambiabili, attraverso opportuni meccanismi di “swap”, con equivalenti volumi di gas per i quali sia stata richiesta una riconsegna in Sardegna.



La disponibilità di gas naturale in Sardegna consentirà di avviare il processo di conversione a gas naturale di utenze civili e industriali, oggi ancora approvvigionate principalmente a carbone, olio combustibile, gasolio, GPL o aria propanata, con riduzione degli effetti sull'ambiente, dato che il gas naturale è un combustibile con basse emissioni inquinanti (annullamento sia di particolato (PM10) che di ossidi di zolfo (SOx), ed una considerevole riduzione degli ossidi di azoto (NOx) e, a titolo di esempio, circa -15% di CO2 rispetto al gasolio).

Il Terminale di rigassificazione di Porto Torres (art. 2 comma 4, del DPCM Sardegna) sarà il principale punto di approvvigionamento di gas naturale dei bacini di consumo della Città Metropolitana di Sassari nonché del segmento industriale, ed eventualmente termoelettrico, del Nord dell'Isola.



Figura 1-1 – Corografia con Rete Energetica Sardegna Tratto Nord e ubicazione della FSRU



	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NQ/R 21300/L01	<b>UNITA'</b> 000
	<b>LOCALITA'</b> PORTO TORRES	<b>001-GA-E-08006</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 6 di 36	<b>Rev.</b> 01

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C001-8096-RT-1013-001

### 1.1.1. Terminale di Porto Torres



Il progetto ("Terminale di Porto Torres") prevede la realizzazione di un terminale di ricezione, stoccaggio e rigassificazione di Gas Naturale Liquefatto (GNL) del tipo flottante (Floating Storage Regasification Unit o "FSRU") all'interno del porto industriale di Porto Torres in Provincia di Sassari e relative opere connesse per la realizzazione del collegamento a terra con lo scopo di raggiungere la futura Dorsale Nord già autorizzata con Decreto VIA n. 373 del 05.12.2022.

Nella seguente figura si riporta un inquadramento dell'area con indicate le opere in progetto:

- Terminale FSRU;
- banchina di ormeggio;
- condotta sottomarina e relativo approdo;
- cavo elettrico a Media Tensione (MT).



Figura 1-2 – Stralcio ortofoto con ubicazione del progetto in area portuale

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NQ/R 21300/L01	<b>UNITA'</b> 000
	<b>LOCALITA'</b> PORTO TORRES	<b>001-GA-E-08006</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 7 di 36	<b>Rev.</b> 01

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C001-8096-RT-1013-001



Il progetto del Terminale di Porto Torres, oggetto del presente Studio di Impatto Ambientale (SIA) sarà composto da:

- Una FSRU (Floating Storage and Regasification Unit) avente una capacità indicativa di stoccaggio pari a circa 140.000 m<sup>3</sup>, una capacità di rigassificazione di circa 330.000 Sm<sup>3</sup>/h e dimensioni pari a circa 290 m (lunghezza) x 48 m (larghezza)
- Una nuova banchina costituita da:
  - N.28 cassoni cellulari prefabbricati in c.a. zavorrati con materiale arido;
  - Coronamento dei cassoni in cemento armato gettato in opera;
  - Impalcati di collegamento tra i cassoni con travi in c.a.p. e getti in opera di completamento;
  - Scanno di imbasamento dei cassoni in pietrame protetto da una mantellata in massi naturali;
- Gli impianti e le attrezzature da realizzarsi sulla nuova banchina est esistente costituiti da:
  - Sistema di scarico del gas vaporizzato dalla FSRU costituito da N. 2 bracci di scarico ed una condotta in acciaio che corre interrata fino al punto di intercettazione linea (PIL) anch'esso in banchina;
  - Sistema di ormeggio della FSRU;
  - Sistema antincendio costituito da un sistema di pompaggio, un anello di distribuzione ed una serie di monitori e cortine d'acqua;
  - Sistema di controllo ed emergenza per gli impianti di processo sulla nuova banchina;
  - Sistema di blowdown e sfiato di emergenza.
- Un tratto di condotta sottomarina di lunghezza complessiva pari a circa 1670 m di cui 1300 m saranno all'interno di un microtunnel da realizzare come approdo costiero. La condotta a mare funge da collegamento tra il sistema di scarico del gas dalla FSRU e il punto di interfaccia con il tratto a terra della condotta. La condotta proseguirà a terra fino al Punto d'Intercetto, che identifica il punto di ingresso nella rete di trasporto del gas naturale a terra (Rete Energetica tratto nord, si veda la Figura 1.3), che non è oggetto del presente documento;
- Un cavo elettrico di media tensione (MT) per l'alimentazione della banchina di ormeggio della FSRU;
- Un cavo telecomando per collegamento con il dispacciamento a terra di SRG con tracciato in parallelo alla condotta sottomarina.

#### 1.1.2. Opere Connesse

Si considerano opere connesse e oggetto della presente procedura di Valutazione di Impatto Ambientale, la Rete Energetica di Porto Torres di proprietà di Enura S.p.A. La Rete energetica consentirà il collegamento del Terminale di Porto Torres. Quest'ultima a sua volta sarà connessa alle reti di distribuzione locali dei bacini di utenza della Città Metropolitana di Sassari, le principali utenze industriali del Nord dell'Isola ed eventualmente alle utenze termoelettriche.

La Valutazione di Impatto Ambientale della Rete Energetica di Porto Torres è riportata nel documento Doc. No. REL-SIA-E-13010 "Studio di Impatto Ambientale del Progetto Virtual Pipeline

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NQ/R 21300/L01	<b>UNITA'</b> 000
	<b>LOCALITA'</b> PORTO TORRES	<b>001-GA-E-08006</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 8 di 36	<b>Rev.</b> 01

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C001-8096-RT-1013-001

Sardegna – Rete Energetica tratto Nord – Metanodotto Collegamento FSRU di Porto Torres DN 500 (20”), DP 100 bar” Proponente: Enura S.p.A.

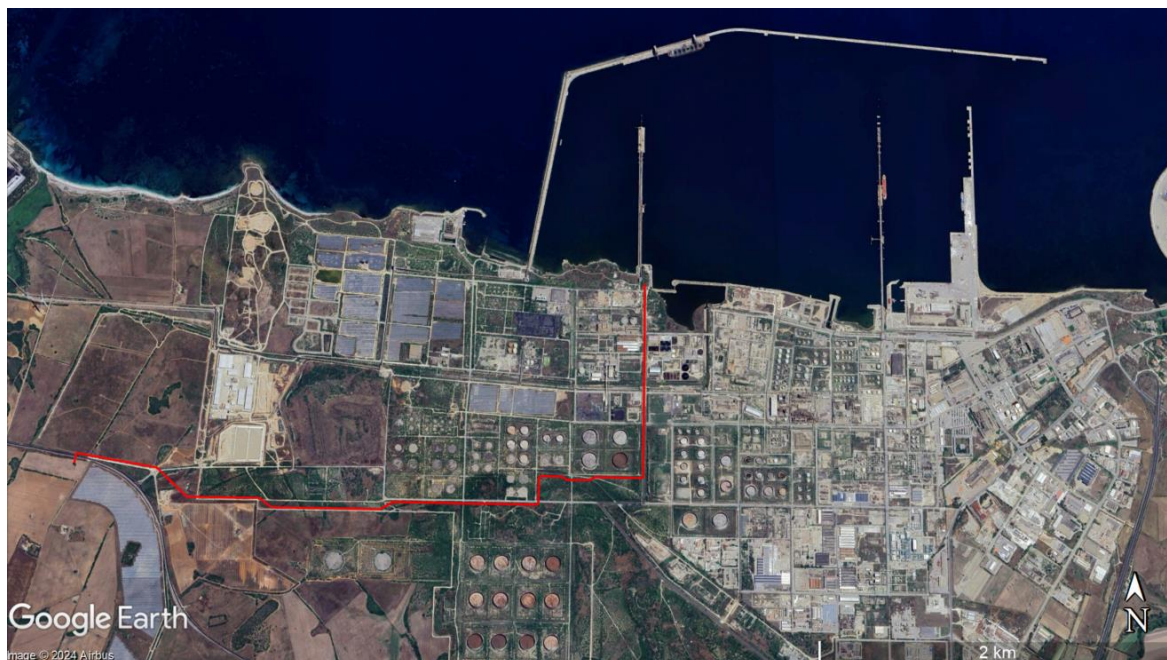


Figura 1-3 - Stralcio ortofoto con Metanodotto Collegamento FSRU di Porto Torres - DN 500 (20”) DP 100 bar

L’opera, denominata “Virtual Pipeline Sardegna – Rete Energetica Tratto Nord - Collegamento FSRU di Porto Torres DN 500 (20”), DP 100 bar, di lunghezza pari a 4,689 km proposta da Enura ha come obiettivo quello di consentire il collegamento tra il Terminale di Porto Torres e la Rete energetica della Sardegna (progetto Metanizzazione Sardegna – tratto Nord, per il quale Enura ha già ottenuto il decreto di compatibilità ambientale (VIA) con provvedimento n. 373 del 05 Dicembre 2022).



## 1.2. Il Soggetto Proponente

Il Proponente del Progetto è la Società Snam Rete Gas (“SRG”), società soggetta all’attività di direzione e coordinamento di Snam S.p.A (“Snam”).

Grazie a una rete sostenibile e tecnologicamente avanzata, Snam garantisce la sicurezza degli approvvigionamenti e gioca un ruolo di abilitatore nella transizione energetica. Oltre che in Italia, Snam è attiva, attraverso consociate internazionali, in Albania (AGSCo), Austria (TAG, GCA), Cina (Snam Gas & Energy Services), Francia (Teréga), Grecia (DESFA), Emirati Arabi Uniti (ADNOC Gas Pipelines) e Regno Unito (Interconnector UK).

Prima in Europa per estensione della rete di trasmissione (ca. 41.000 km) e capacità di stoccaggio (ca. 20 bcm) di gas naturale, è anche tra i principali operatori nella rigassificazione attraverso i terminali di Panigaglia (GNL Italia) e di Piombino (FSRU Italia), di cui è interamente proprietaria, e le partecipazioni nei rigassificatori italiani di Livorno (OLT) e Rovigo (Adriatic LNG), oltre che nel terminale di Revithoussa (DESFA) in Grecia.



	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NQ/R 21300/L01	<b>UNITA'</b> 000
	<b>LOCALITA'</b> PORTO TORRES	<b>001-GA-E-08006</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 9 di 36	<b>Rev.</b> 01

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C001-8096-RT-1013-001

## 2. SCOPO DEL DOCUMENTO

Lo scopo del presente documento è confrontare le tecnologie disponibili per il sistema di vaporizzazione del GNL, evidenziando vantaggi e svantaggi di ogni tipologia in relazione al contesto del progetto.

## 3. ACRONIMI



BoG	Boil-off Gas
DN	Diametro Nominale
FSRU	Floating Storage Regasification Unit
GNL	Gas Naturale Liquido
GN	Gas Naturale
GBS	Gravity Base Structure
IFV	Intermediate Fluid Vaporizer (Vaporizzatori con Fluido Intermedio)
IF	Intermediate Fluid
ORV	Open Rack Vaporizer
PCS	Potere Calorifico Superiore
SCV	Submerged Combustion Vaporizer (Vaporizzatore a Fiamma Sommersa)
STV	Shell & Tube Vaporizer (Vaporizzatore Tubo e Mantello)
SW	Sea Water
AAV	Ambient Air Vaporizer
HP	Alta Pressione
LP	Bassa Pressione
PCHE	Printed Circuit Heat Exchanger (Scambiatore di Calore a Circuito Stampato)

## 4. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

[N1]	UNI EN 1473	Installazioni ed equipaggiamenti per il gas naturale liquefatto (GNL)"
[N2]	ISO 20257	Installation and equipment for liquefied natural gas — Design of floating LNG installations

## 5. RIFERIMENTI

[A1]	P13IT02251-MNT-MA-001-002 Impianto di Rigassificazione Del Gas Naturale (GNL) Di Panigaglia (Sp) Manuale Operativo. P-00_IMPIANTO GNL-FASCICOLO 1 – DESCRIZIONE
[A2]	CODICE DI RIGASSIFICAZIONE – GNL Italia. Ai sensi dell'articolo 24, comma 5, del decreto legislativo 23 maggio 2000, n. 164/00. Come approvato dall'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente con deliberazione n. 115/07 e s.m.i.
[A3]	CODICE DI RETE – SNAM RETE GAS. Ai sensi dell'articolo 24, comma 5, del decreto legislativo 23 maggio 2000, n. 164/00.
[A4]	001-ZX-A-08002_00 Bilanci di materia ed energia
[A5]	Brochure vaporizzatore ORV - <a href="http://ckgasequipment.com/5-4-rack-vaporizer/286811/">http://ckgasequipment.com/5-4-rack-vaporizer/286811/</a>

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NQ/R 21300/L01	<b>UNITA'</b> 000
	<b>LOCALITA'</b> PORTO TORRES	<b>001-GA-E-08006</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 10 di 36	<b>Rev.</b> 01



Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C001-8096-RT-1013-001

[A6] Articolo "Thermal design of intermediate fluid vaporizer for subcritical liquefied natural gas", Shuangqing Xu\*, Xuedong Chen, Zhichao Fan

[A7] 001-ZB-B-15002 Caratterizzazione Meteomarina Area di Progetto

## 6. UNITA' DI MISURA

Le unità e i simboli utilizzati per il progetto saranno conformi alle unità SI.  
Tutte le coordinate UTM saranno espresse in metri con due (2) decimali.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NQ/R 21300/L01	<b>UNITA'</b> 000
	<b>LOCALITA'</b> PORTO TORRES	<b>001-GA-E-08006</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 11 di 36	<b>Rev.</b> 01

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C001-8096-RT-1013-001

## 7. TECNOLOGIA DEI VAPORIZZATORI

### 7.1. Descrizione generale

Uno dei componenti principali del sistema di rigassificazione è il vaporizzatore. Questo elemento consente il riscaldamento del gas naturale liquido (GNL) attraverso lo scambio di calore con un fluido ad una temperatura significativamente più alta rispetto al GNL. Il risultato del salto entalpico è il passaggio di stato del gas da liquido a gassoso, fatto che ne permette il dispacciamento agli utilizzatori.



La scelta della tecnologia di vaporizzazione è un fattore cruciale per gli Impianti di Rigassificazione e la selezione si basa su:

- Condizioni e località dell'impianto;
- Disponibilità e affidabilità della sorgente di calore;
- Regolamentazioni (limiti di emissioni, restrizioni su utilizzo di acqua);
- Condizioni ambientali (temperature ambiente e dell'acqua, cambi stagionali);
- Efficienza energetica.

I vaporizzatori di norma installati a bordo di una FSRU possono essere raggruppati in quattro principali tecnologie:

- Open Rack Vaporizer (ORV) – vedi Sezione 7.2;
- Shell and Tube Vaporizer (STV) – vedi Sezione 7.3;
- Intermediate Fluid Vaporizer (IFV) – vedi Sezione 7.4;
- Submerged Combustion Vaporizer (SCV) – vedi Sezione 7.5.

Il presente documento non analizzerà una quarta tipologia di vaporizzatori denominata "Ambient Air Vaporizers" (AAV), in quanto meno adatta all'installazione a bordo di una FSRU. Questa tecnologia prevede l'utilizzo del calore fornito dall'aria ambientale con cui il GNL entra in contatto tramite uno scambiatore a piastre. Tale configurazione richiede grandi superfici di scambio termico a parità di rendimento con altri sistemi, in quanto l'aria ha spiccate caratteristiche coibentanti. Pertanto, esso trova poche applicazioni nei sistemi offshore dove lo spazio a disposizione è limitato.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NQ/R 21300/L01	<b>UNITA'</b> 000
	<b>LOCALITA'</b> PORTO TORRES	<b>001-GA-E-08006</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 12 di 36	<b>Rev.</b> 01

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C001-8096-RT-1013-001

## 7.2. Open Rack Vaporizer (ORV)

Il vaporizzatore Open Rack (ORV) è comunemente usato come tecnologia di rigassificazione e prevede l'utilizzo di acqua di mare come fonte di calore per vaporizzare il GNL in un sistema a circuito aperto (*open loop*).

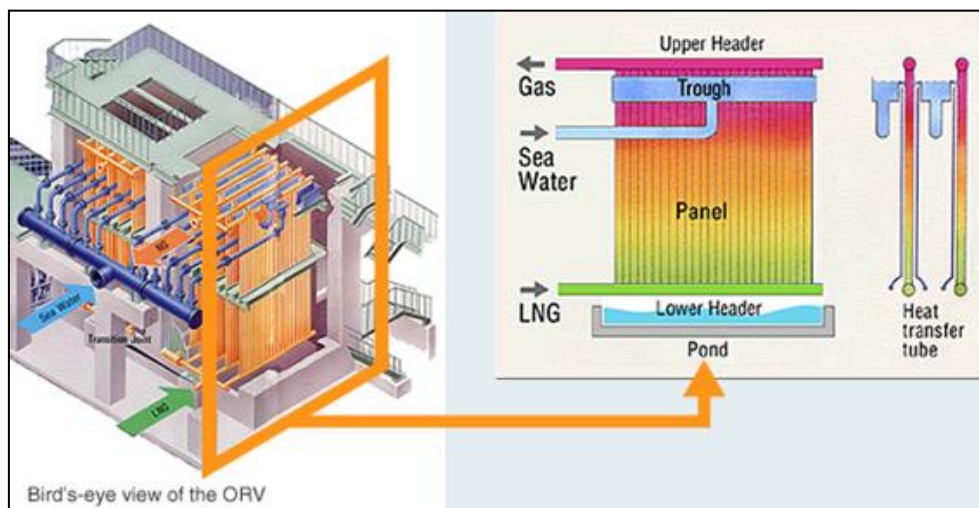




Figura 7-1 – Schematico di un vaporizzatore ORV for onshore installation.

La parte principale dell'ORV è costituita da un sistema di serpentine necessarie allo scambio termico. Nella configurazione tipica, il GNL entra da un ugello vicino al fondo e passa attraverso un collettore di ingresso per essere inviato a una serie di pannelli, ciascuno costituito da una serie di serpentine di scambio termico. Quando il GNL scorre verso l'alto all'interno delle serpentine, scambia calore con l'acqua di mare che discende verso il basso creando un sottile film all'esterno delle serpentine. Questo effetto riscalda il gas naturale fino alla temperatura richiesta, per poi essere inviato ad un ugello tramite un collettore di uscita.

Ogni pannello è generalmente costituito da quasi un centinaio di serpentine di scambio termico. Molti di questi pannelli (da tre a otto) sono unificati in un blocco tramite un collettore e sono appesi ad un telaio posto su una struttura di sostegno. Sotto tale blocco è previsto un supporto scorrevole per assorbire le dilatazioni / contrazioni termiche. Le superfici di questi pannelli, ciascuna costituita da lega di alluminio, sono rivestite a spruzzo con lega di alluminio-zinco che funge da anodo sacrificale per proteggere il materiale sottostante dalla corrosione dell'acqua di mare.

Le serpentine di scambio termico per l'ORV sono realizzate in lega di alluminio in quanto avente eccellenti caratteristiche alle basse temperature, come la tenacità alle basse temperature, nonché un'ottima conducibilità termica e lavorabilità. Inoltre, sono dotati di alette per aumentare l'area di trasferimento del calore. All'interno di ciascuna serpentina è presente un profilo crociato di lega di alluminio, a forma spirale e fissato per tutta la lunghezza. Questa struttura favorisce il flusso turbolento, che migliora le prestazioni di trasferimento del calore evitando che il GNL nebulizzato si riversi in uscita.



	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NQ/R 21300/L01	<b>UNITA'</b> 000
	<b>LOCALITA'</b> PORTO TORRES	<b>001-GA-E-08006</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 13 di 36	<b>Rev.</b> 01

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C001-8096-RT-1013-001

Quando un ORV è in funzione, la temperatura della parete esterna nella parte inferiore di ciascuna serpentina si abbassa al di sotto del punto di congelamento dell'acqua di mare, causando la formazione di ghiaccio. In particolar modo quando la temperatura dell'acqua di mare è bassa, lo spessore e l'altezza dello strato di ghiaccio aumentano in modo significativo, il che causa una notevole resistenza al trasferimento di calore.



Per questo motivo, sono stati sviluppati dei nuovi sistemi con una geometria della sezione della serpentina ottimizzata nella parte inferiore, per eliminare la formazione di ghiaccio sulla superficie esterna (SUPER-ORV). Ciò ha notevolmente migliorato le prestazioni di vaporizzazione, riducendo anche la necessità di fermare l'impianto per consentire l'eliminazione del ghiaccio.

Per quando riguarda il fluido di scambio termico, l'acqua di mare è uno dei mezzi di riscaldamento più utilizzati, in quanto è economico e facilmente reperibile offshore.

Il vaporizzatore ORV trova impiego in aree geografiche in cui la temperatura dell'acqua di mare è superiore a 5°C ed è quindi adatto all'eventuale impiego sul presente progetto essendo la temperatura minima attesa pari a circa 12°C (Rif. [A7](#)). Esso può essere progettato per ottenere una variazione della temperatura dell'acqua tra ingresso e uscita in un range determinato; normalmente questo range è compreso tra 5-8°C (la temperatura in uscita sarà 5-8°C più bassa di quella in ingresso).

Le principali caratteristiche del ORV sono:

- L'uso dell'acqua di mare come fonte di calore consente di ottenere bassi costi di esercizio (nella maggior parte dei casi sostenendo solo il costo di alimentazione delle pompe);
- Il sistema è semplice ed ha un'eccellente operabilità, consentendo osservazioni visive dall'esterno dei tubi di trasferimento del calore durante il suo funzionamento, il che garantisce un'elevata affidabilità;
- L'aumento o la diminuzione del numero di pannelli o blocchi consente facilmente un design appropriato per la capacità di vaporizzazione, consentendo la progettazione di vaporizzatori con grandi capacità.
- La formazione del microfilm all'esterno delle serpentine è piuttosto sensibile al movimento, per cui l'utilizzo di questa tecnologia è sicuramente indicata per impianti di vaporizzazione installati a terra o su strutture offshore fisse (piattaforme o GBS). L'applicazione sulla FSRU nel caso di Progetto potrebbe essere valutata essendo la nave permanentemente ormeggiata in una zona riparata; le performance dovranno essere confermate dal fornitore.
- Il contatto diretto tra fluido di processo ed acqua di mare genera le condizioni per la formazione di ghiaccio, specialmente quando l'acqua di mare ha temperature di partenza già piuttosto basse, come nel sito di progetto durante i mesi invernali.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NQ/R 21300/L01	<b>UNITA'</b> 000
	<b>LOCALITA'</b> PORTO TORRES	<b>001-GA-E-08006</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 14 di 36	<b>Rev.</b> 01

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C001-8096-RT-1013-001

### 7.3. Shell and Tube Vaporizer (STV)

I vaporizzatori a fascio tubiero (STV) possono essere impiegati nelle tre configurazioni a ciclo aperto, a ciclo chiuso o con sistema misto (fluido intermedio). Nelle applicazioni a ciclo aperto, l'acqua di mare viene pompata direttamente all'interno del guscio (*shell*) dove entra in contatto con il fascio tubiero (*tube*) nel quale scorre il GNL. Lo scambio di calore genera il passaggio di stato e, quindi, la vaporizzazione.

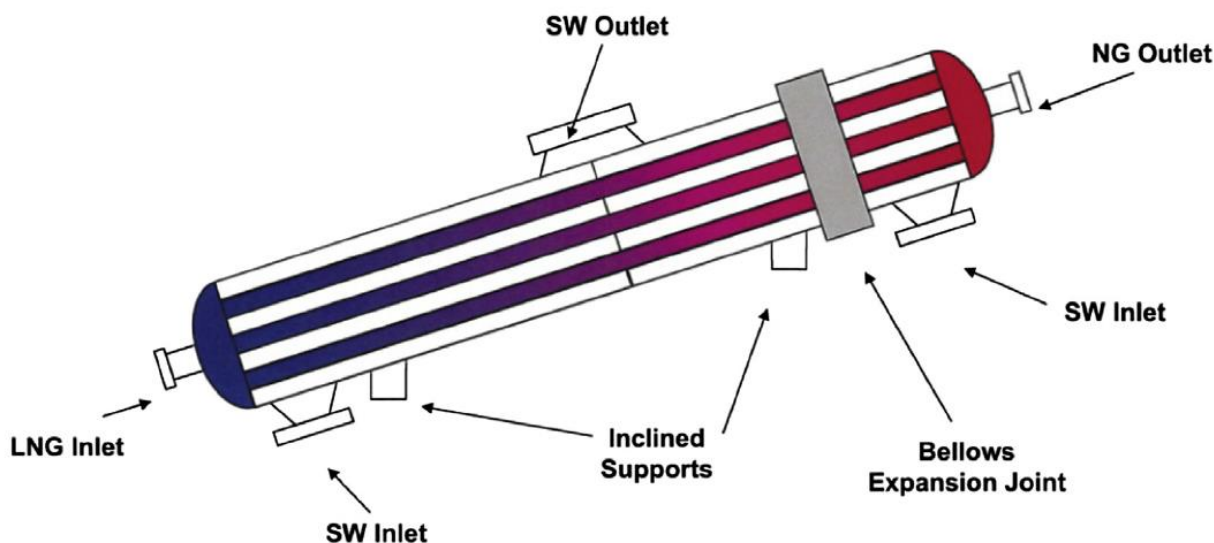




Figura 7-2 – Schematico di un vaporizzatore STV (Chicago Power & Process, Inc.).

Per ottimizzare l'efficienza il sistema viene generalmente montato in verticale o in posizione inclinata come mostrato in Figura 7-2. Il GNL entra nel fondo dello scambiatore e passa attraverso il fascio tubiero scambiando calore con l'acqua di mare che tende a scorrere ortogonalmente alla direzione del fluido di processo.

Il guscio dello scambiatore è realizzato in acciaio (tipicamente 304L o 316L) mentre il fascio tubiero è costruito in titanio o altri materiali idonei per il funzionamento con acqua di mare rendendo il costo del dispositivo generalmente maggiore di quello di un ORV (a parità di capacità).

Le dimensioni relativamente compatte (lunghezza 13 m x 1.5 m ND), il che può essere preferibile nelle applicazioni offshore. La totale immersione del fascio tubiero nel guscio garantisce uno scambio termico anche in condizioni di non perfetta stabilità rendendolo performante sotto l'azione del movimento della FSRU.

Come per tutte le tecnologie di vaporizzatori che prevedono il contatto diretto tra fluido di processo ed acqua di mare, anche per questa è stato dimostrato l'effetto della formazione di ghiaccio. In particolare, gli scambiatori di calore a fascio tubiero tendono a formare zone morte sul lato del mantello, ossia zone in cui si ha un ristagno del fluido riscaldante, fatto che influisce sul coefficiente di scambio termico locale e promuove il congelamento eccessivo in queste regioni.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NQ/R 21300/L01	<b>UNITA'</b> 000
	<b>LOCALITA'</b> PORTO TORRES	<b>001-GA-E-08006</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 15 di 36	<b>Rev.</b> 01

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C001-8096-RT-1013-001

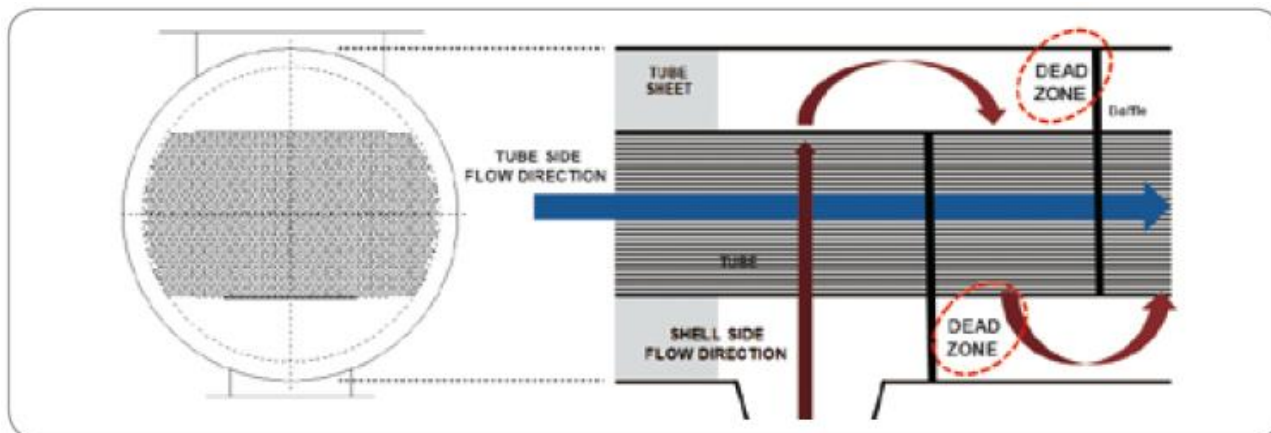




Figura 7-3 – Formazione di zone morte all'interno del mantello.

Formazione di ghiaccio può anche verificarsi intorno ai tubi a causa della significativa variazione del trasferimento di calore locale radialmente al fascio tubiero; gli effetti possono essere mitigati applicando piastre elicoidali. Sebbene i produttori siano alla costante ricerca di metodologie per la mitigazione del fenomeno, al momento il rischio dovrebbe essere considerato.

Le principali caratteristiche del STV sono:

- L'uso dell'acqua di mare come fonte di calore consente di ottenere bassi costi di esercizio (nella maggior parte dei casi sostenendo solo il costo di alimentazione delle pompe);
- Il sistema è semplice ed ha un'eccellente operabilità;
- L'uso della lega di titanio come materiale per le serpentine evita problemi di erosione e corrosione, anche quando viene utilizzata acqua di mare di "bassa qualità" con impurità, consentendo sistemi di filtraggio meno complessi;
- È capace di mantenere buone performance durante il movimento della FSRU (rollio e beccheggio). Ha dimensioni relativamente compatte (lunghezza 13 m x 1.5 m ND), il che può essere preferibile nelle applicazioni offshore. La totale immersione del fascio tubiero nel guscio garantisce uno scambio termico anche in condizioni di non perfetta stabilità rendendolo performante sotto l'azione del movimento della FSRU.
- Il contatto diretto tra fluido di processo ed acqua di mare genera le condizioni per la formazione di ghiaccio, specialmente quando l'acqua di mare ha temperature di partenza già piuttosto basse, come nel sito di progetto durante i mesi invernali.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NQ/R 21300/L01	<b>UNITA'</b> 000
	<b>LOCALITA'</b> PORTO TORRES	<b>001-GA-E-08006</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 16 di 36	<b>Rev.</b> 01

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C001-8096-RT-1013-001

#### 7.4. Intermediate Fluid Vaporizer (IFV)

Il vaporizzatore IFV utilizza un sistema di scambio di calore indiretto per vaporizzare il GNL. La configurazione prevede il riscaldamento di un fluido intermedio, di norma propano o miscela di acqua-glicole, tramite una sorgente di calore esterna, solitamente acqua di mare, con sistema a circuito aperto (*open loop*). A sua volta il fluido intermedio trasferisce calore al GNL fino a vaporizzarlo, normalmente tramite un circuito chiuso (*closed loop*). Prima di uscire dal IFV, il gas naturale viene portato alla temperatura di consegna desiderata attraversando una ulteriore sezione di scambio termico con l'acqua di mare.

In commercio esistono diverse configurazioni, una delle quali prodotta da Kobe Steel Ltd sulla base della licenza autorizzata da Osaka Gas Co. Ltd. Di seguito i dettagli di tale vaporizzatore IFV.

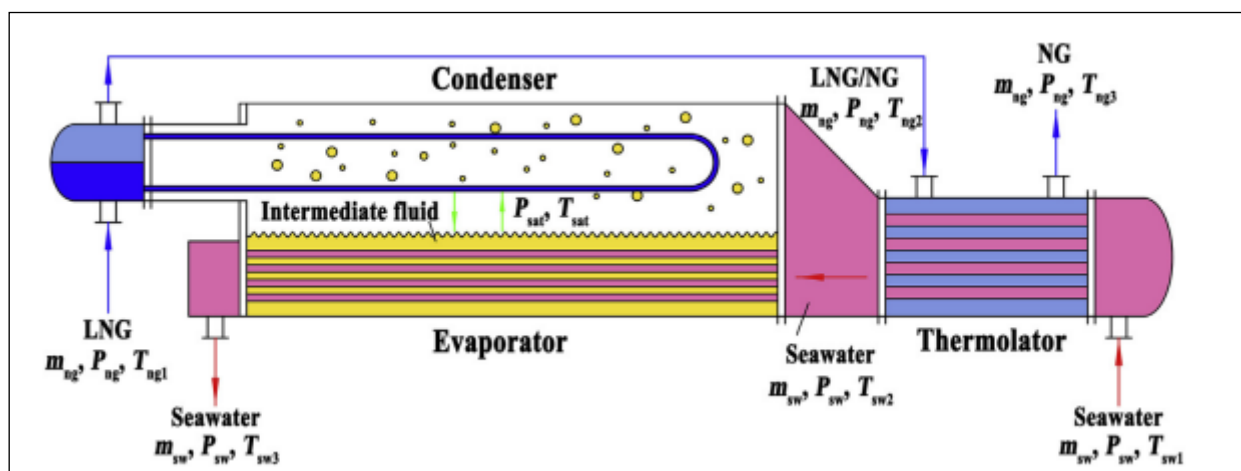




Figura 7-4 – Schematico di un vaporizzatore IFV (Kobe Steel, Ltd).

In generale, un vaporizzatore IFV può essere alimentato da diverse tipologie di fluido intermedio, come il propano, il butano o una miscela di acqua e glicole. Una configurazione che considera l'utilizzo di idrocarburi (Propano o Butano) come fluido intermedio, riportata in Figura 7-4 e prodotta da Kobe Steel Ltd su licenza della Osaka Gas Co. Ltd., è composta da:

- Vaporizzatore Idrocarburo: l'idrocarburo è lato mantello ed è vaporizzato da acqua mare che circola nel fascio tubiero;
- Vaporizzatore GNL: Il GNL scorre nei tubi e la condensazione dell'idrocarburo al suo esterno fornisce il calore necessario alla vaporizzazione a GN;
- Surriscaldatore GN: il gas naturale è surriscaldato dall'acqua mare calda lato tubi, l'acqua mare è poi diretta al Vaporizzatore Idrocarburo.

Una ulteriore configurazione prevede l'utilizzo di un vero e proprio circuito chiuso per il fluido intermedio, come di seguito rappresentato:



	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NQ/R 21300/L01	<b>UNITA'</b> 000
	<b>LOCALITA'</b> PORTO TORRES	<b>001-GA-E-08006</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 17 di 36	<b>Rev.</b> 01

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C001-8096-RT-1013-001

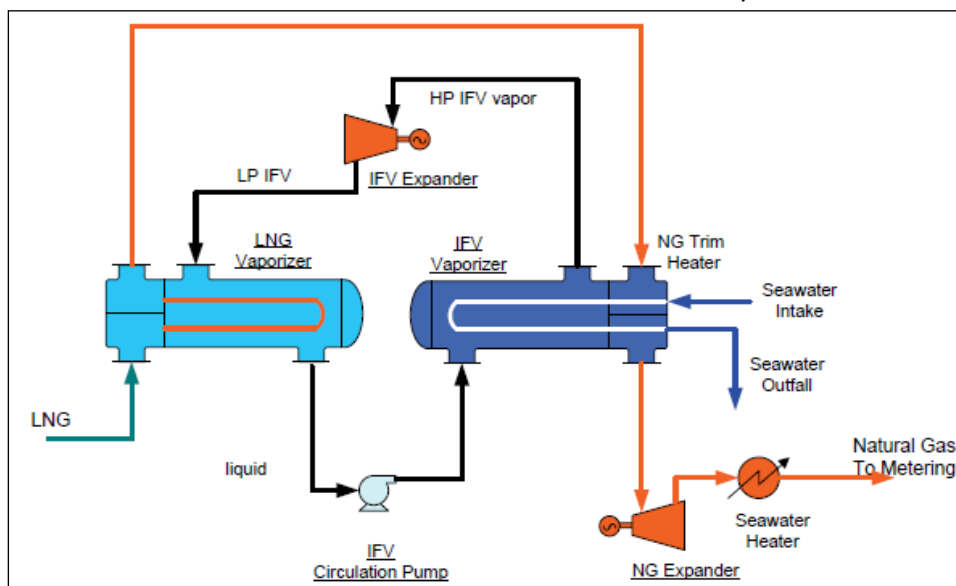




Figura 7-5 – Schematico di un vaporizzatore IFV con circuito chiuso IF.

L'IFV riportato in Figura 7-5 prevede tre scambiatori distinti, ovvero un vaporizzatore GNL, un vaporizzatore del fluido intermedio e un riscaldatore del GNL alimentato dall'acqua di mare. Nello specifico, il GNL viene introdotto nella serpentina del primo scambiatore, in cui è contenuto il fluido intermedio vaporizzato lato mantello. All'uscita il GNL è quasi interamente vaporizzato e viene trasferito allo scambiatore finale tramite una linea di interconnessione. Qui il GNL viene riscaldato fino alla temperatura di consegna richiesta, per mezzo del calore fornito dall'acqua di mare che scorre lato mantello dello scambiatore.

All'opposto, nelle applicazioni con fluido intermedio di tipo gassoso, questo viene condensato all'interno del primo scambiatore grazie al calore latente scambiato con il GNL e da qui viene trasferito tramite una linea di interconnessione ad un secondo scambiatore dove evapora per mezzo dello scambio termico con l'acqua di mare. Il fluido intermedio vaporizzato viene spinto nuovamente al primo scambiatore, nel quale riscalda e vaporizza il flusso di GNL in ingresso.

Per le applicazioni che usano fluidi intermedi a base di acqua e glicole il principio di funzionamento è lo stesso ma non è ovviamente presente il cambio di stato all'interno del circuito chiuso, in considerazione delle basse temperature in gioco.

Il sistema appena descritto e rappresentato in Figura 7-5 permette molteplici configurazioni e adattamenti, in funzione della disponibilità di altre fonti energetiche (vedi esempio Figura 7-6) e/o l'ottimizzazione delle portate di fluido intermedio e acqua di mare.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NQ/R 21300/L01	<b>UNITA'</b> 000
	<b>LOCALITA'</b> PORTO TORRES	<b>001-GA-E-08006</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 18 di 36	<b>Rev.</b> 01

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C001-8096-RT-1013-001

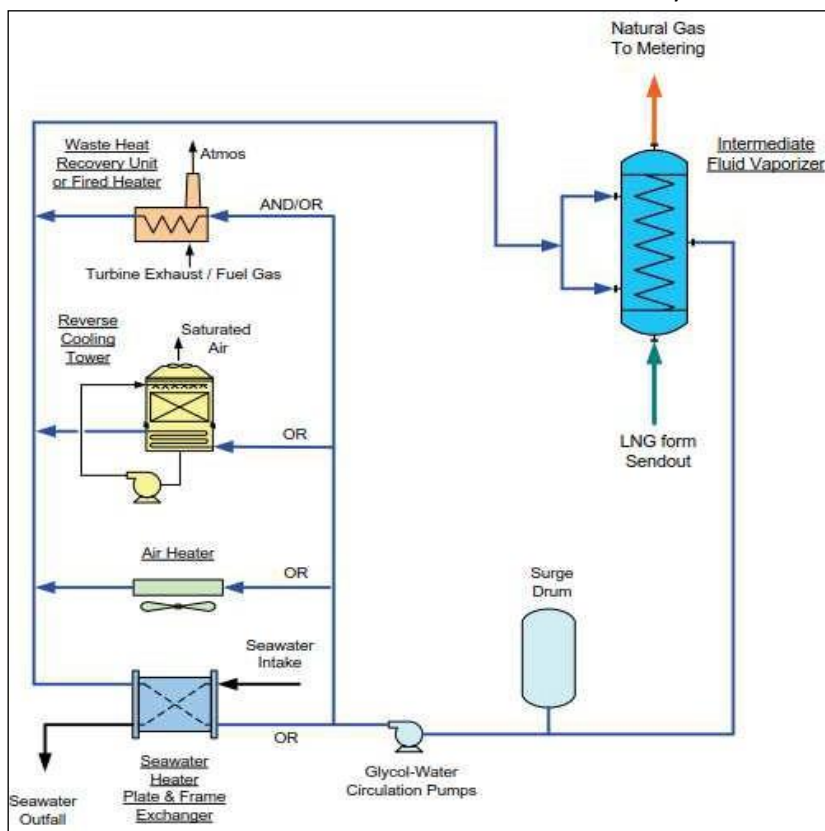




Figura 7-6 – Schematico di un vaporizzatore IFV con più fonti di calore.

Le principali caratteristiche del IFV sono:

- Come nel caso degli ORV/STV, l'uso dell'acqua di mare come principale fonte di calore consente di ottenere un basso costo di esercizio;
- Problematiche di sicurezza se è utilizzato un idrocarburo come Fluido Intermedio;
- Il calore viene scambiato tra il GNL e la sorgente di calore (i.e. acqua di mare) tramite un mezzo intermedio; ciò evita il congelamento del fluido sorgente di calore e le sue conseguenze come il blocco dei passaggi di flusso;
- L'acqua mare implica una metallurgia pregiata: l'uso della lega di titanio come materiale per le serpentine evita problemi di erosione e corrosione, anche quando viene utilizzata acqua di mare di "bassa qualità" con impurità, consentendo sistemi di filtraggio meno complessi.
- Inoltre, rispetto al vaporizzatore ORV/STV, l'utilizzo di un fluido intermedio con spiccate caratteristiche termodinamiche (alta entalpia di condensazione) permette di ridurre le superfici di scambio termico e di conseguenza le dimensioni del vaporizzatore.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NQ/R 21300/L01	<b>UNITA'</b> 000
	<b>LOCALITA'</b> PORTO TORRES	<b>001-GA-E-08006</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 19 di 36	<b>Rev.</b> 01

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C001-8096-RT-1013-001

## 7.5. Submerged Combustion Vaporizer (SCV)

In un vaporizzatore a combustione sommersa il GNL scorre attraverso un tubo immerso in un bagno d'acqua, il quale viene riscaldato dai fumi di un processo di combustione. L'apparecchiatura comprende un serbatoio, un bruciatore subacqueo, un fascio di tubi di scambio termico, un ventilatore dell'aria di combustione e un dispositivo di controllo dell'alimentazione del combustibile. Un esempio di sistema è mostrato in Figura 7-7.

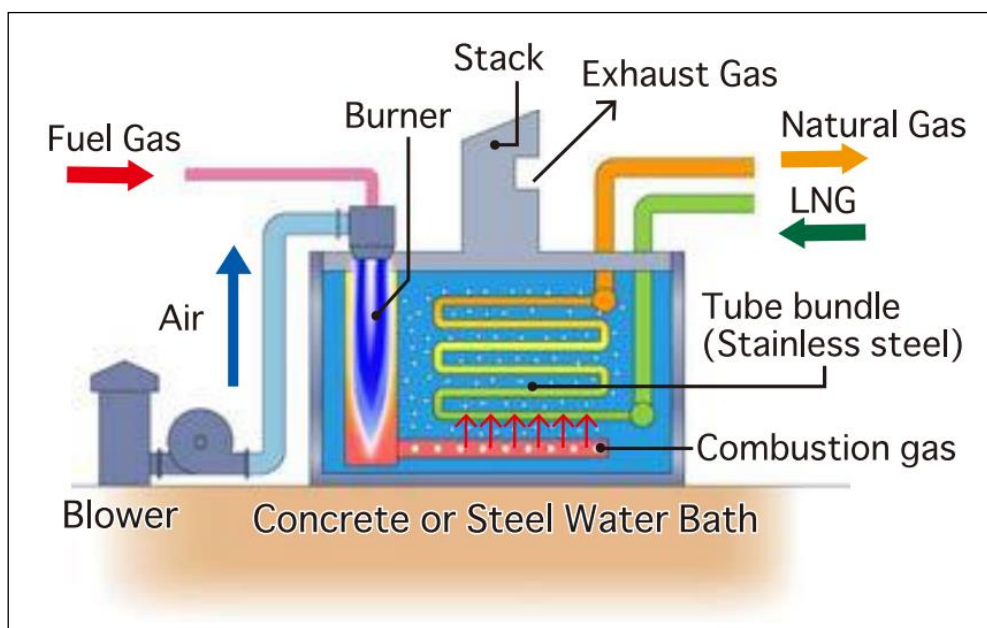




Figura 7-7 – Schematico di un vaporizzatore SCV.

Sia il fascio di tubi che il bruciatore subacqueo sono immersi nell'acqua all'interno del bagno. Il processo prevede lo scarico del gas di combustione ad alta temperatura all'interno del bagno d'acqua, di conseguenza il calore del vapore contenuto nel gas di combustione viene efficacemente impiegato per scaldare l'acqua. Il bagno d'acqua a sua volta riscalda fino all'evaporazione il GNL. I fumi vengono distribuiti uniformemente in tutto il bagno con sistemi che favoriscono la turbolenza. In questo modo viene aumentato lo scambio termico e si riduce la formazione di incrostazioni sulle superfici.

I livelli di pH del bagno d'acqua devono essere controllati poiché la CO<sub>2</sub> della combustione condenserà e acidificherà l'acqua, creando le condizioni per una significativa corrosione. Le sostanze chimiche caustiche come il carbonato di sodio e il bicarbonato di sodio sono additivi comuni per controllare i livelli di pH. I bruciatori sono soggetti alle normali specifiche industriali per quanto riguarda NO<sub>x</sub> e altre emissioni.

Le principali caratteristiche del SCV sono:



- L'utilizzo del gas di combustione come fonte di calore consente al vaporizzatore di essere più piccolo rispetto ad altri tipi di vaporizzatori della stessa capacità, sebbene richieda più attrezzature;

	<b>PROGETTISTA</b>  <b>TECHNIP ENERGIES</b>	<b>COMMESSA</b> NQ/R 21300/L01	<b>UNITA'</b> 000
	<b>LOCALITA'</b> PORTO TORRES	<b>001-GA-E-08006</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 20 di 36	<b>Rev.</b> 01

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C001-8096-RT-1013-001

- Anche quando il gas combustibile viene interrotto improvvisamente, la vaporizzazione può continuare (per un tempo limitato) grazie alla capacità termica dell'acqua riscaldata nella vasca;
- A differenza di ORV, SCT e IFV un SCV non richiede alcuna struttura per l'aspirazione e lo scarico dell'acqua, il che riduce i costi di costruzione (per gli impianti a terra) ed evita impatti ambientali sul sistema marino;
- Il costo di esercizio è molto elevato perché circa l'1,5% del GNL vaporizzato viene consumato come carburante ad ogni ciclo;
- La quota parte di gas di scarico che non condensano in vasca viene rilasciata in atmosfera, ponendo una questione di compatibilità ambientale.



	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NQ/R 21300/L01	<b>UNITA'</b> 000
	<b>LOCALITA'</b> PORTO TORRES	<b>001-GA-E-08006</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 21 di 36	<b>Rev.</b> 01

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C001-8096-RT-1013-001

## 8. CARATTERISTICHE OPERATIVE DEI VAPORIZZATORI

Nella presente sezione sono riportati alcuni parametri operativi di riferimento delle diverse tipologie di vaporizzatori, basati sulle informazioni provenienti da precedenti progetti o disponibili nella letteratura tecnica. Quanto riportato di seguito deve essere quindi considerato come dato tipico ai fini di una stima preliminare in linea con l'attuale fase di progetto (ingegneria autorizzativa); tali valori potrebbe variare in funzione del Fornitore selezionato.

Portata massima di GNL:

- Un vaporizzatore ORV è in grado di gestire portate superiori a 300'000 kg/h (pari a circa 390'000 Sm<sup>3</sup>/h di gas vaporizzato), in quanto è un sistema modulare;
- Un vaporizzatore STV è in grado di gestire portate fino a circa 180'000 kg/h (pari a circa 230'000 Sm<sup>3</sup>/h di gas vaporizzato).
- Un vaporizzatore IFV (modello Kobe Steel, Ltd) può essere progettato con diverse taglie, in grado di gestire portate massime da 10'000 kg/h a 250'000 kg/h (pari a circa 13'000 Sm<sup>3</sup>/h / 325'000 Sm<sup>3</sup>/h di gas vaporizzato);
- Un vaporizzatore SCV è in grado di gestire portate fino a circa 200'000 kg/h (pari a circa 260'000 Sm<sup>3</sup>/h di gas vaporizzato).

Temperatura tipica dell'acqua di mare per i vaporizzatori ORV, STV e IFV:

- Temperatura di ingresso (aspirazione) superiore a 5°C;
- Riduzione di temperatura in uscita dal vaporizzatore tra 5°C e 8°C.

Temperatura tipica del bagno d'acqua per il vaporizzatore SCV:

- Circa 15°C.

Pressione tipica di esercizio del circuito IF:

- IFV Kobe Steel circa 4.5 barg;
- IFV con circuito chiuso circa 3 barg / 6 barg.

Pressione tipica di esercizio del circuito acqua di mare:



- ORV pressione atmosferica;
- IFV e STV 3 barg / 6 barg.

Range di regolazione del carico per il vaporizzatore in base alla capacità nominale:

CENT.MDT.GG.GEN.09650 REV. 00

File dati: 001-GA-E-08006\_01



Documento di proprietà Snam Rete Gas. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

	<b>PROGETTISTA</b>  <b>TECHNIP ENERGIES</b>	<b>COMMESSA</b> NQ/R 21300/L01	<b>UNITA'</b> 000
	<b>LOCALITA'</b> PORTO TORRES	<b>001-GA-E-08006</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 22 di 36	<b>Rev.</b> 01

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C001-8096-RT-1013-001

- tra il 20% e il 100%.

Per quanto riguarda il vaporizzatore SCV, le emissioni di CO<sub>2</sub> sono contenute dal bagno d'acqua e il pH è regolato con l'aggiunta di additivi, mentre le emissioni di NO<sub>x</sub> possono essere limitate attraverso un sistema di filtraggio fino a circa 40 ppm.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NQ/R 21300/L01	<b>UNITA'</b> 000
	<b>LOCALITA'</b> PORTO TORRES	<b>001-GA-E-08006</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 23 di 36	<b>Rev.</b> 01

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C001-8096-RT-1013-001

## 9. CONFRONTO TRA VAPORIZZATORI

La selezione della tipologia di vaporizzatore influenza la filosofia di funzionamento del sistema di rigassificazione e relativi servizi ausiliari; pertanto, risulta importante valutare i pro e contro di ogni tecnologia.



Nelle analisi riportate di seguito, sono stati sviluppati diversi modelli tramite il software Aspen HYSYS per ogni tipologia di vaporizzatore.

La Tabella 9-1 riporta i casi analizzati.

Caso	Tecnologia di vaporizzazione	Tipologia di fluido intermedio	Note
Caso 1a	ORV	-	Si assume che le performance siano massimizzate anche nell'applicazione sulla FSRU
Caso 1b	STV	-	
Caso 2a	IFV	Propano	Modello Kobe Steel Ltd (kettle contenente IF)
Caso 2b	IFV	Acqua / Glicole	Configurazione con linea di ricircolo IF e no. 3 scambiatori separati
Caso 2c	IFV	Propano	Configurazione con linea di ricircolo IF e no. 3 scambiatori separati
Caso 3	SCV	-	

Tabella 9-1 – Casi analizzati per il Confronto tra Vaporizzatori.

Il presente studio è stato sviluppato sulla base delle condizioni operative di riferimento riportate nella Tabella 9-2, in modo da confrontare i risultati sulla base degli stessi dati di input. Tali parametri non sono necessariamente i valori di progettazione del sistema di vaporizzazione, ma il documento (Rif.[A4](#)) è stato preso come riferimento. Le analisi effettuate considerano GNL Pesante in ingresso ai sistemi di vaporizzazione in condizioni normali operative (CASO 3 dei Bilanci di Materia ed Energia).

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NQ/R 21300/L01	<b>UNITA'</b> 000
	<b>LOCALITA'</b> PORTO TORRES	<b>001-GA-E-08006</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 24 di 36	<b>Rev.</b> 01

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C001-8096-RT-1013-001

Parametri	GNL		Acqua di mare			
	Ingresso al vaporizzatore	Uscita dal vaporizzatore	Ingresso alle pompe	Ingresso al vaporizzatore	Uscita dal vaporizzatore	Uscita dalla FSRU
Pressione	80 barg	80 barg	0 barg	0 barg / 4 barg (Nota 1)	0 barg / 4 barg (Nota 1)	0 barg
Temperatura	- 162 °C	10 °C	12 °C	12 °C	7 °C	7 °C
Portata	260'000 kg/h	260'000 kg/h (pari a 340'000 Sm <sup>3</sup> /h)				

Nota:  
1) Il vaporizzatore ORV prevede l'impiego di acqua di mare a pressione atmosferica (pertanto è stato simulato con una pressione in ingresso pari a 0 barg), mentre le altre tipologie di vaporizzazione richiedono l'ingresso dell'acqua di mare in pressione all'interno degli scambiatori (pertanto sono stati simulati con una pressione in ingresso pari a 4 barg).

Tabella 9-2 – Condizioni operative delle simulazioni.



Si è assunto che:

- L'efficienza delle pompe è stata pari al 75%;
- L'efficienza del gas di combustione per il SCV è pari al 90%;
- Non sono state considerate perdite di carico all'interno dei vaporizzatori e lungo le linee.

A valle delle analisi sono stati valutati i principali parametri che caratterizzano il sistema di vaporizzazione, ossia:

- 1) Complessità del sistema
- 2) Portata d'acqua richiesta per la rigassificazione;
- 3) Potenza elettrica per il funzionamento di pompe e/o compressori;
- 4) Presenza di un fluido di scambio termico classificato come sostanza pericolosa;
- 5) Presenza di emissioni in atmosfera associate alla combustione di gas.



	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NQ/R 21300/L01	<b>UNITA'</b> 000
	<b>LOCALITA'</b> PORTO TORRES	<b>001-GA-E-08006</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 25 di 36	<b>Rev.</b> 01

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C001-8096-RT-1013-001

## 9.1. Simulazioni

### 9.1.1. Caso 1a (ORV)

La simulazione è basata sulla configurazione riportata nella Figura 9-1.

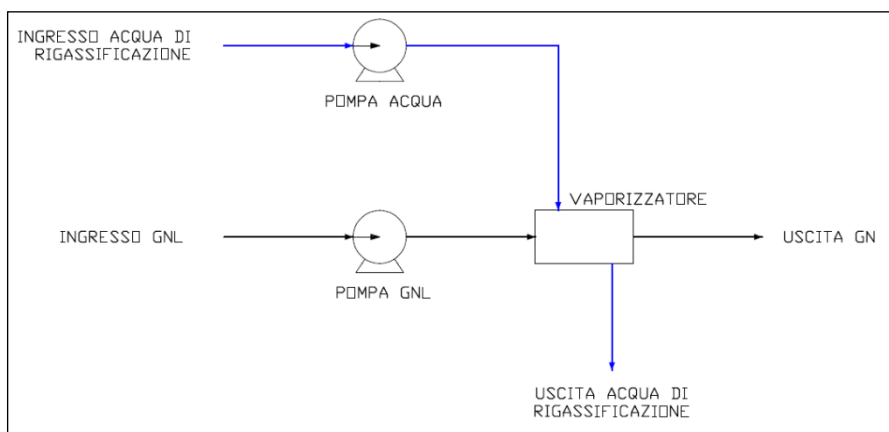




Figura 9-1 – Schema di processo ORV.

Fissate le condizioni operative riportate in Tabella 9-2, ne risulta che:

- La portata richiesta di acqua per il sistema di rigassificazione è circa 8'520 ton/h;
- La potenza richiesta dalle pompe per la mandata dell'acqua è circa 930 kW totali.

Vaporizzatore ORV	
PROs	CONS
Semplicità del sistema	Significativa necessità di manutenzione
Assenza di liquidi infiammabili in pressione	Formazione di ghiaccio
Tecnologia consolidata, <i>field proven</i>	Dimensioni e peso rilevanti. Quest'ultimo importante per le problematiche di pescaggio della FSRU
Limitato numero di apparecchiature	Necessità di significative portate di acqua ( <i>cooling water</i> )
Assenza di emissioni in atmosfera	Immissione di effluenti freddi nel corpo recipiente
Contenuti consumi di energia elettrica	Immissioni di sostanze chimiche nel corpo recipiente (cloro libero)
Assenza di liquidi infiammabili in pressione	Alto livello di filtraggio richiesto per l'acqua di mare
	Performance ridotte dal movimento

Tabella 9-3 – PROs & CONS Vaporizzatore ORV.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NQ/R 21300/L01	<b>UNITA'</b> 000
	<b>LOCALITA'</b> PORTO TORRES	<b>001-GA-E-08006</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 26 di 36	<b>Rev.</b> 01

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C001-8096-RT-1013-001

### 9.1.2. Caso 1b (STV)

La simulazione è basata sulla configurazione riportata nella Figura 9-2.

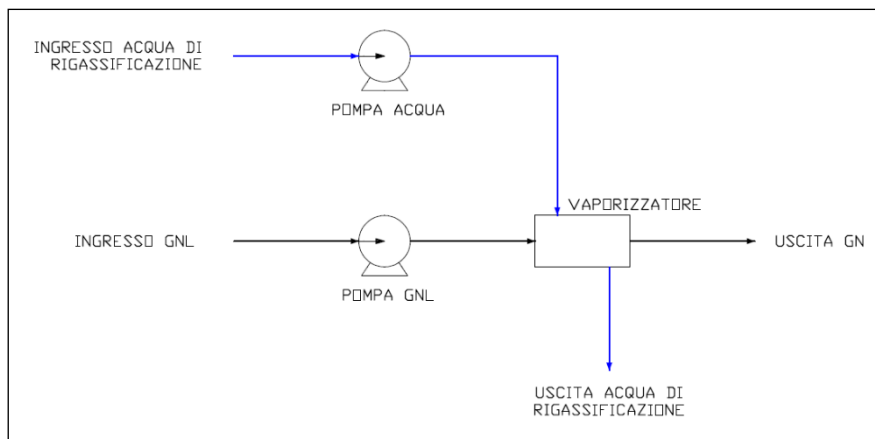




Figura 9-2 – Schema di processo STV.

Fissate le condizioni operative riportate in Tabella 9-2, ne risulta che:

- La portata richiesta di acqua per il sistema di rigassificazione è circa 8'510 ton/h;
- La potenza richiesta dalle pompe per la mandata dell'acqua è circa 1'550 kW totali.

Vaporizzatore STV	
PROs	CONS
Semplicità del sistema	Formazione di ghiaccio
Dimensioni relativamente compatte	Necessità di significative portate di acqua ( <i>cooling water</i> )
Assenza di liquidi infiammabili in pressione	Immissione di effluenti freddi nel corpo recipiente
Tecnologia consolidata, <i>field proven</i>	Immissioni di sostanze chimiche nel corpo recipiente (cloro libero)
L'uso della lega di titanio come materiale per le serpentine consente l'utilizzo di sistemi di filtraggio meno complessi	Alto livello di filtraggio richiesto per l'acqua di mare
Limitato numero di apparecchiature	
Assenza di emissioni in atmosfera	
Buone performance durante il movimento della FSRU	

Tabella 9-4 – PROs & CONS Vaporizzatore STV.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NQ/R 21300/L01	<b>UNITA'</b> 000
	<b>LOCALITA'</b> PORTO TORRES	<b>001-GA-E-08006</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 27 di 36	<b>Rev.</b> 01

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C001-8096-RT-1013-001

### 9.1.3. Caso 2a (IFV – Kobe Steel)

La simulazione è basata sulla configurazione riportata nella Figura 9-3, con fluido intermedio composto da Propano ( $C_3H_8$ ).

Il fluido intermedio è contenuto in un *kettle* e viene movimentato dal processo di vaporizzazione/condensazione senza l'utilizzo di pompe; all'interno del *kettle*, una volta a regime, si raggiunge un equilibrio termico dovuto principalmente a due azioni antitetiche:

1. L'evaporazione del fluido intermedio liquido sotto l'azione dello scambio termico con l'acqua di mare nella parte bassa.
2. La condensazione del fluido intermedio gassoso sotto l'azione dello scambio termico con il GNL.

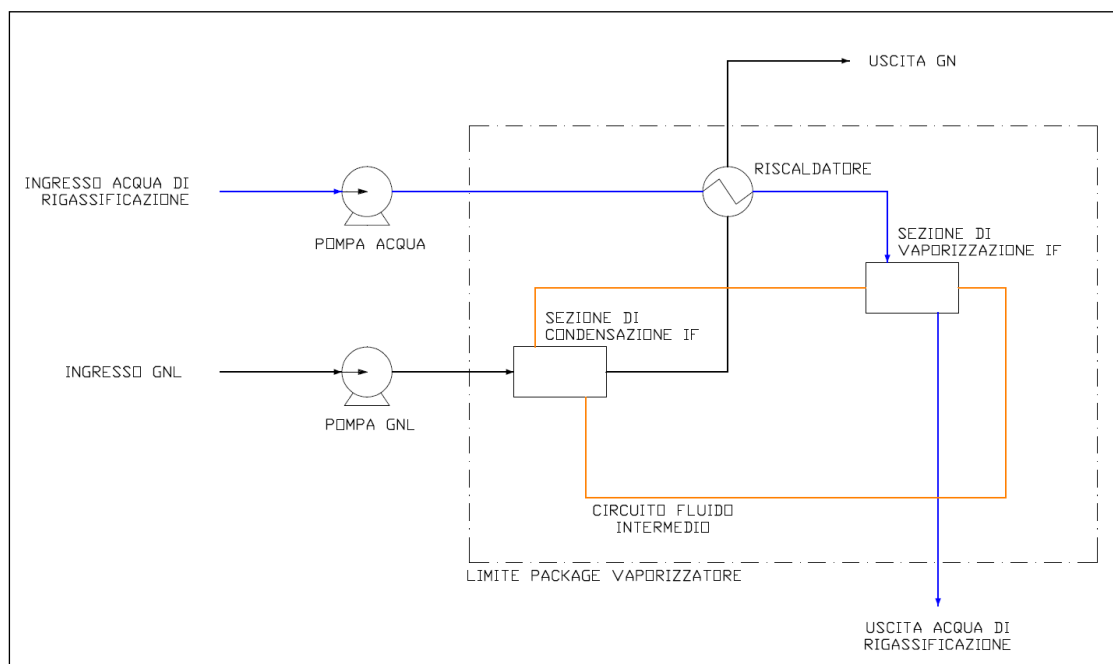




Figura 9-3 – Schema di processo IFV – Kobe Steel.

Fissate le condizioni operative riportate in precedenza, ne risulta che:



- La portata richiesta di acqua per il sistema di rigassificazione è circa 8'500 ton/h;
- La potenza richiesta dalle pompe per la mandata dell'acqua è circa 1'550 Kw.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NQ/R 21300/L01	<b>UNITA'</b> 000
	<b>LOCALITA'</b> PORTO TORRES	<b>001-GA-E-08006</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 28 di 36	<b>Rev.</b> 01

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C001-8096-RT-1013-001

<b>Vaporizzatore IFV – Kobe Steel</b>	
<b>PROs</b>	<b>CONs</b>
Semplicità del sistema. Le tre sezioni dello scambiatore sono raggruppate in un'unica apparecchiatura (vedi Figura 7-4).	Presenza di una certa quantità di liquido infiammabile in pressione, con conseguente aggravio del rischio
Dimensioni contenute	Maggiori costi dovuti all'utilizzo del fluido intermedio rispetto ai sistemi che utilizzano solo SW
Assenza di emissioni in atmosfera	Tecnologia proprietaria
Necessità di manutenzione estremamente ridotta	Necessità di significative portate di acqua ( <i>cooling water</i> )
Contenuti consumi di energia elettrica	Immissione di effluenti freddi nel corpo recipiente
Minore necessità di filtraggio dell'acqua di mare ( <i>cooling water</i> ) rispetto all' ORV	Immissioni di sostanze chimiche nel corpo recipiente (cloro libero)
Buone performance durante il movimento della FSRU	Necessità di metallurgia pregiata

Tabella 9-5 – PROs & CONs Vaporizzatore IFV – Kobe Steel.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NQ/R 21300/L01	<b>UNITA'</b> 000
	<b>LOCALITA'</b> PORTO TORRES	<b>001-GA-E-08006</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 29 di 36	<b>Rev.</b> 01

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C001-8096-RT-1013-001

#### 9.1.4. Caso 2b (IFV - Sistema Acqua/Glicole)

La simulazione è basata sulla configurazione riportata in Figura 9-4, con fluido intermedio composto da una miscela di Acqua e Glicole.

Il fluido intermedio viene movimentato da una pompa che ne consente il ricircolo fra lo scambiatore lato GNL e lo scambiatore lato acqua di mare.

Il primo salto entalpico nel GNL avviene tramite lo scambio di calore con il fluido intermedio che, essendo formato da una miscela di acqua e glicole (etilenico o propilenico), ha un punto di congelamento più basso della sola acqua di mare, eliminando (o riducendo) le problematiche connesse al congelamento degli elementi scambiatori. La perdita di efficienza e la necessità di manutenzione ciclica sono notevolmente ridotte. Il secondo salto entalpico avviene tramite lo scambio di calore tra il GN in uscita dal primo scambiatore e l'acqua di mare; siccome lo scambio termico in questa fase avviene con il fluido di processo a temperatura più elevata, anche nel secondo scambiatore non è attesa la formazione di ghiaccio.

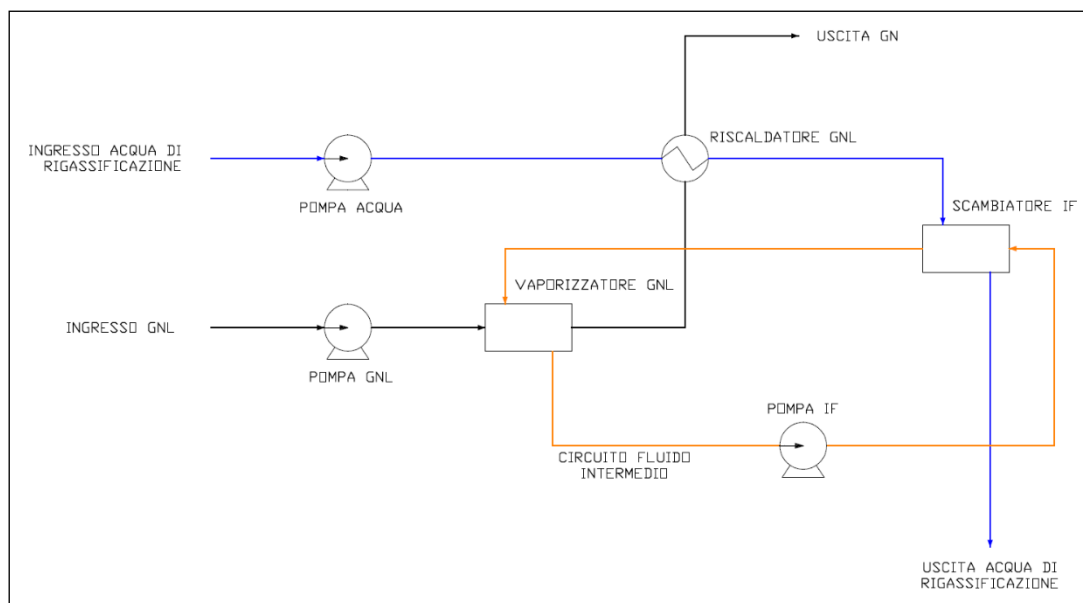




Figura 9-4 – Schema di processo IFV - Sistema Acqua/Glicole.

Fissate le condizioni operative riportate in precedenza, ne risulta che:

- La portata richiesta di acqua per il sistema di rigassificazione è circa 8'460 ton/h;
- La potenza richiesta dalle pompe per la mandata dell'acqua è circa 1'540 kW;
- La portata richiesta di fluido intermedio è circa 6'200 ton/h;
- La potenza richiesta dalle pompe per la circolazione del fluido intermedio è circa 200 Kw.





	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NQ/R 21300/L01	<b>UNITA'</b> 000
	<b>LOCALITA'</b> PORTO TORRES	<b>001-GA-E-08006</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 30 di 36	<b>Rev.</b> 01

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C001-8096-RT-1013-001

Vaporizzatore IFV – Sistema Acqua/Glicole	
PROs	CONs
Presenza di un fluido non infiammabile, con conseguente non aggravio del rischio, rispetto alla tecnologia che impiega il propano.	Maggiore complessità del sistema rispetto al vaporizzatore IFV Kobe Steel e al ORV, in quanto richiede l'installazione di diverse apparecchiature
Dimensioni minori rispetto al ORV	Maggiore manutenzione, vista la presenza delle pompe di ricircolo del IF
Tecnologia adatta a sinergie con diverse fonti di calore (sistemi di recupero calore)	Dimensioni maggiori rispetto al IFV Kobe Steel
Assenza di emissioni in atmosfera	Necessità di significative portate di acqua ( <i>cooling water</i> )
Minore necessità di filtraggio dell'acqua di mare ( <i>cooling water</i> ) rispetto all' ORV	Immissione di effluenti freddi nel corpo recipiente
Tecnologia consolidata, <i>field proven</i>	Maggiori costi dovuti all'utilizzo del fluido intermedio rispetto ai sistemi che utilizzano solo SW
	Immissioni di sostanze chimiche nel corpo recipiente

Tabella 9-6 – PROs & CONs Vaporizzatore IFV – Sistema Acqua e Glicole.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NQ/R 21300/L01	<b>UNITA'</b> 000
	<b>LOCALITA'</b> PORTO TORRES	<b>001-GA-E-08006</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 31 di 36	<b>Rev.</b> 01

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C001-8096-RT-1013-001

### 9.1.5. Caso 2c (IFV - Sistema Propano)

La simulazione è basata sulla configurazione riportata nella Figura 9-5, con fluido intermedio composto da Propano ( $C_3H_8$ ).

Il fluido intermedio viene movimentato da una pompa che ne consente il ricircolo fra lo scambiatore lato GNL e lo scambiatore lato acqua di mare.

Il primo salto entalpico nel GNL avviene tramite lo scambio di calore con il fluido intermedio che, essendo formato da Propano, ha un punto di ebollizione prossimo alla temperatura ambiente. L'impiego di un fluido refrigerante permette il suo passaggio di stato (da liquido a vapore e viceversa) cedendo il calore latente al GNL durante il passaggio all'interno dello scambiatore.

Il secondo salto entalpico avviene tramite lo scambio di calore tra il GN in uscita dal primo scambiatore e l'acqua di mare.

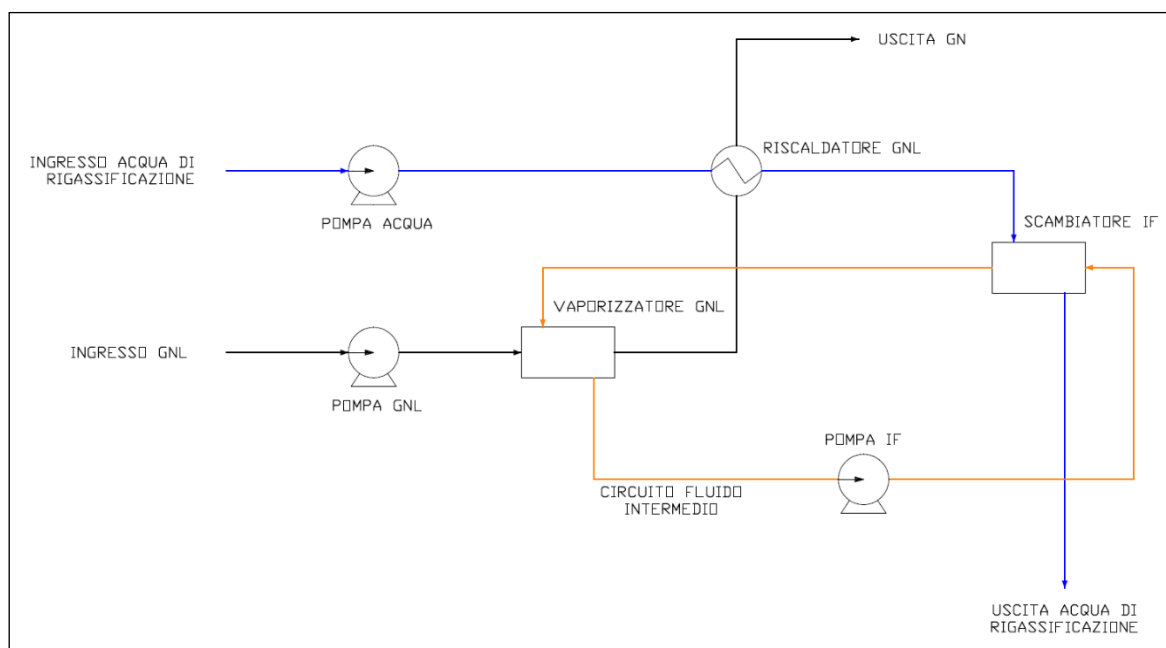




Figura 9-5 – Schema di processo IFV - Sistema Propano.

Fissate le condizioni operative riportate in precedenza, ne risulta che:

- La portata richiesta di acqua per il sistema di rigassificazione è circa 8'500 ton/h;
- La potenza richiesta dalle pompe per la mandata dell'acqua è circa 1'550 kW;
- La portata richiesta di fluido intermedio è circa 440 ton/h;
- La potenza richiesta dalle pompe per la circolazione del fluido intermedio è circa 30 Kw.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NQ/R 21300/L01	<b>UNITA'</b> 000
	<b>LOCALITA'</b> PORTO TORRES	<b>001-GA-E-08006</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 32 di 36	<b>Rev.</b> 01



Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C001-8096-RT-1013-001

Vaporizzatore IFV – Sistema Propano	
PROs	CONs
Dimensioni contenute rispetto al ORV	Presenza di una certa quantità di liquido infiammabile in pressione, con conseguente aggravio del rischio
Ottimizzazione della portata di fluido intermedio rispetto al IFV con sistema Acqua/Glicole, con relativa riduzione delle superfici di scambio termico	Maggiori costi dovuti all'utilizzo del fluido intermedio rispetto ai sistemi che utilizzano solo SW
Assenza di emissioni in atmosfera	Maggiore complessità del sistema rispetto al vaporizzatore IFV modello Kobe Steel e al ORV, in quanto richiede l'installazione di diverse apparecchiature
Minore necessità di filtraggio dell'acqua di mare ( <i>cooling water</i> ) rispetto all' ORV	Maggiore manutenzione, vista la presenza delle pompe di ricircolo del IF
Tecnologia consolidata, <i>field proven</i>	Dimensioni maggiori rispetto al IFV Kobe Steel
	Necessità di significative portate di acqua ( <i>cooling water</i> )
	Immissione di effluenti freddi nel corpo recipiente
	Immissioni di sostanze chimici nel corpo recipiente

Tabella 9-7 – PROs & CONs Vaporizzatore IFV – Sistema Propano.

Partendo dalla configurazione proposta nella Figura 9-5, si possono fare alcune considerazioni:

- Modificando il circuito del fluido intermedio con l'aggiunta di un espansore tra lo scambiatore IF e il vaporizzatore GNL, si crea una sezione del circuito IF in alta pressione (lato scambiatore acqua di mare/IF) ed una in bassa pressione (lato scambiatore GNL/IF). Ne consegue una riduzione della portata del fluido intermedio con una riduzione del rischio. Per contro si avrà una maggiore richiesta di energia elettrica esterna al sistema per alimentare la pompa e l'impiego di linee ed apparecchiature criogeniche nella sezione del circuito in cui il propano è in fase liquida (intorno a -45°C);
- Modificando il circuito del fluido intermedio con l'aggiunta di un espansore tra il vaporizzatore GNL e lo scambiatore IF (al posto della pompa IF) ed un compressore tra lo scambiatore IF e il vaporizzatore GNL, si crea una sezione del circuito IF in bassa pressione (lato scambiatore acqua di mare/IF) ed una in alta pressione (lato scambiatore GNL/IF). Ne consegue un'ottimizzazione della portata dell'acqua di mare con la conseguente riduzione di effluenti freddi nel corpo recipiente. Per contro, si avrà un'ingente richiesta di energia elettrica esterna al sistema per alimentare il compressore.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NQ/R 21300/L01	<b>UNITA'</b> 000
	<b>LOCALITA'</b> PORTO TORRES	<b>001-GA-E-08006</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 33 di 36	<b>Rev.</b> 01

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C001-8096-RT-1013-001

### 9.1.6. Caso 3 (SCV)

La simulazione è basata sulla configurazione riportata nella Figura 9-6.

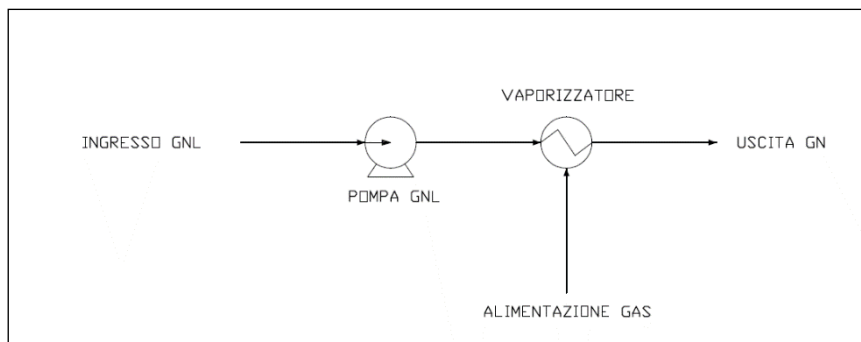




Figura 9-6 – Schema di processo SCV.

Fissate le condizioni operative riportate in precedenza, ne risulta che:

- La potenza del bruciatore è circa 50'000 kW;
- La portata richiesta di combustibile (assunto gas di processo), considerando un'efficienza del bruciatore del 90% e l'LHV del GN per il caso pesante (48770 kJ/kg) è circa 4'100 kg/h.

Vaporizzatore SCV	
PROs	CONS
Dimensioni contenute rispetto ai precedenti vaporizzatori	Richiesta di sistemi secondari a servizio del vaporizzatore (come linea <i>fuel gas</i> , aria, etc.)
Assenza di una portata d'acqua di mare	Necessità di manutenzione frequente
Tecnologia consolidata, <i>field proven</i>	Utilizzo di gas combustibile
	Emissioni in atmosfera

Tabella 9-8 – PROs & CONS Vaporizzatore SCV.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NQ/R 21300/L01	<b>UNITA'</b> 000
	<b>LOCALITA'</b> PORTO TORRES	<b>001-GA-E-08006</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 34 di 36	<b>Rev.</b> 01

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C001-8096-RT-1013-001

## 9.2. Riepilogo del confronto



Sulla base delle simulazioni riportate nella Sezione 9.1, è stato effettuato un confronto sui principali parametri che caratterizzano il sistema di vaporizzazione. Nello specifico:

Parametri	Unità	CASO 1a ORV	CASO 1b STV	CASO 2a IFV Kobe Steel	CASO 2b IFV Sistema Acqua/Glicole	CASO 2c IFV Sistema Propano	CASO 3 SCV
Portata acqua di mare	ton/h	8'520	8'510	8'500	8'460	8'500	0
Portata Fluido Intermedio	ton/h	0	0	0 <sup>(1)</sup>	6'200	440	0
Tipologia Fluido intermedio	-	-	-	PROPANO	ACQUA-GLICOLE	PROPANO	-
Potenza Tot. Apparecchiature, di cui:	kW	930	1'550	1'550	1'740	1'580	50'000
Potenza Pompe/Compressore Fluido intermedio	kW	0	0	0	200	30	0
Potenza Pompe acqua di mare	kW	930	1'550	1'550	1'540	1'550	0
Potenza Riscaldatore	kW	0	0	0	0	0	50'000
Portata Fluido combustibile	kg/h	0	0	0	0	0	4'100
Emissioni	-	NO	NO	NO	NO	NO	SI

Nota:  
1) La portata indicata è pari a zero poiché il fluido intermedio non ricircola in un vero e proprio circuito. Tuttavia, per gli aspetti di sicurezza andrà considerata la presenza di Propano in pressione all'interno del *kettle* del vaporizzatore IFV

Tabella 9-9 – Riepilogo del Confronto tra Vaporizzatori.

La portata di acqua di mare per i casi che implicano *seawater* (Casi da 1a a 2c) è circa la medesima, in quanto non si hanno contributi energetici esterni oltre al flusso di *cooling water*. L'acqua di mare fornirà le calorie necessarie alla vaporizzazione del GNL, che sono le stesse in tutti i casi. Per quanto riguarda i Casi 2b e 2c la scelta del fluido intermedio in relazione alle caratteristiche termodinamiche, influenza la portata IF necessaria alla rigassificazione e di conseguenza le dimensioni degli scambiatori. Nella Tabella 9-9 si nota come l'impiego del Propano rispetto alla miscela di Acqua e Glicole permetta di ridurre sensibilmente la portata di IF.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NQ/R 21300/L01	<b>UNITA'</b> 000
	<b>LOCALITA'</b> PORTO TORRES	<b>001-GA-E-08006</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 35 di 36	<b>Rev.</b> 01

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C001-8096-RT-1013-001



## 10. CONCLUSIONI

Sulla base delle considerazioni riportate alla Sezione 7 e le simulazioni della Sezione 9, ogni vaporizzatore ha differenti pro e contro; per evidenziare i fattori da considerare durante la scelta della tecnologia di vaporizzazione, è stata effettuata una comparazione qualitativa riassunta in Tabella 10-1.

	TIPOLOGIA DI VAPORIZZATORE					
	ORV	STV Acqua di mare	IFV Kobe Steel	IFV Acqua/Glic.	IFV Propano	SCV
Dimensioni	-	-	+	-	-	+
Peso	-	+	+	-	+	-
Complessità del sistema	+	+	+	-	-	-
Assenza liquidi infiammabili	+	+	-	+	-	-
Impiego acqua di mare	-	-	-	-	-	+
Necessità filtraggio avanzato acqua di mare	-	-	+	+	+	+
Emissioni in atmosfera	+	+	+	+	+	-
Costo di esercizio	+	+	+	-	-	-
Manutenzione	-	-	+	-	-	-
Disponibilità della tecnologia	+	+	-	+	+	+
Sensibilità al movimento	-	+	+	+	+	-

Tabella 10-1 – Valutazione qualitativa dei vaporizzatori.



	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NQ/R 21300/L01	<b>UNITA'</b> 000
	<b>LOCALITA'</b> PORTO TORRES	<b>001-GA-E-08006</b>	
	<b>PROGETTO / IMPIANTO</b> TERMINALE DI PORTO TORRES ED OPERE CONNESSE	Fg. 36 di 36	<b>Rev.</b> 01

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C001-8096-RT-1013-001

Si può dunque concludere che:

La scelta della tipologia del vaporizzatore (non della tecnologia) potrà influenzare significativamente l'iter autorizzativo, in particolare con riferimento alle valutazioni degli impatti ambientali indotti (procedura di VIA) e alle implicazioni sul tema della sicurezza (procedura di rilascio del NOF). Nello specifico, le tipologie ORV, STV e IFV avranno interazione significative con l'ambiente marino e quindi un iter autorizzativo focalizzato sulla valutazione di questi aspetti. Le maggiori emissioni in atmosfera di agenti inquinanti saranno invece gli aspetti da valutare più in dettaglio per la tipologia SCV.

La portata di acqua di mare per le diverse tecnologie ORV, STV e IFV è circa la medesima e per questo risultano perfettamente sovrapponibili per ciò che riguarda le autorizzazioni di tipo ambientale e permettono di lasciare la scelta in fasi successive del progetto. Le tecnologie che impiegano propano come fluido intermedio introducono invece un ulteriore fattore di rischio che potrebbe influire sull'iter autorizzativo.

La soluzione più economica, sia da un punto di vista CAPEX che OPEX, è quella relativa al vaporizzatore ORV mentre la soluzione più costosa, almeno lato OPEX, è la tipologia SCV. Le soluzioni STV e IFV sono quelle più adatte alle applicazioni sulla FSRU sebbene, nel caso specifico di progetto, il sito di installazione potrebbe garantire condizioni sufficientemente stabili per il funzionamento di un vaporizzatore ORV. L'utilizzo di vaporizzatori IFV con propano garantiscono soluzioni più compatte ma pongono la questione del maggior rischio. I vaporizzatori ORV e STV presentano la possibilità di formazione di ghiaccio durante i mesi invernali, e dunque richiederebbero manutenzione.

Al fine degli scopi della attuale fase di progetto, la tecnologia che si suggerisce di seguire è quella **IFV (Acqua-Glicole)** per le seguenti motivazioni:

- In termini di potenza elettrica richiesta è quella più onerosa: ciò consente una valutazione conservativa delle richieste della FSRU, consentendo eventuali cambi ad altre tecnologie (STV, ORV ecc.)
- Non prevede l'utilizzo di propano in pressione, riducendo le procedure legate alla valutazione del rischio
- Hanno dimensioni compatte, compatibili con l'installazione a bordo della FSRU
- Minor rischio di formazione di ghiaccio grazie alla presenza del fluido intermedio
- Non essendo legata necessariamente a tecnologie proprietarie e/o licenziate, si può non considerare eventuali problematiche legate a difficoltà di approvvigionamento o a tempi di consegna più lunghi.