



**Interreg**



UNION EUROPEENNE  
UNIONE EUROPEA

**SIGNAL**

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional  
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

# T3.5.1 Modello di simulazione della rete del GNL

---

## PARTNER:

- REGIONE SARDEGNA-Industria
- CHAMBRE de COMMERCE et d'INDUSTRIE du VAR



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

# Report delle attività T3.5

## *Definizione del modello di distribuzione del GNL e fattibilità*

Il seguente studio è stato sviluppato nell'ambito del Progetto SIGNAL - Strategie transfrontaliere per la valorizzazione del Gas Naturale Liquido, co-finanziato dal Programma INTERREG Marittimo Italia-Francia 2014-2020.

Informazioni sul documento	
<b>Codice prodotto</b>	<b>T3.5.1</b>
<b>Titolo prodotto</b>	<b>Modello di simulazione della rete del GNL</b>
<b>Codice Attività</b>	<b>T3.5</b>
<b>Titolo Attività</b>	<b>Definizione del modello di distribuzione del GNL e fattibilità</b>
<b>Codice Componente</b>	<b>T3</b>
<b>Titolo Componente</b>	<b>Piano della rete distributiva e di trasporto del GNL nel territorio</b>
<b>Soggetto responsabile dell'Attività</b>	<b>Assessorato dell'Industria Regione Sardegna - CIREM Univ. Di Cagliari -</b>
<b>Responsabile scientifico di UNICA-CIREM per conto dell'Assessorato dell'Industria</b>	<b>Prof. Paolo Fadda</b>
<b>Coordinatore dello studio di UNICA-CIREM per conto dell'Assessorato dell'Industria</b>	<b>Ing. Federico Sollai</b>
<b>Soggetto responsabile della stesura del documento</b>	<b>REF-E SRL</b>
<b>Versione</b>	<b>FINALE</b>
<b>Data</b>	<b>19/11/2020</b>

Versione	Data	Estensore(i)	Descrizione modifiche
FINALE	19/11/2020	REF-E SRL	Revisione dati



Quest'opera è distribuita con Licenza Creative Commons Attribuzione - Condividi allo stesso modo 4.0 Internazionale ([CC BY-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/))

## Sommario

<b>Indice delle figure .....</b>	<b>4</b>
<b>Indice delle tabelle.....</b>	<b>5</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>6</b>
<b>1. Configurazione della rete distributiva GNL in territorio sardo .....</b>	<b>7</b>
<b>2. Aspetti metodologici: calcolo del coefficiente di rischio .....</b>	<b>20</b>
<b>3. Analisi dell'incidentalità sulla rete stradale sarda .....</b>	<b>23</b>
3.1. Generalità .....	23
3.2. Acquisizione dei dati di incidentalità .....	23
3.3. Codifica delle strade sul grafo .....	26
3.4. Calcolo del numero di veicoli coinvolti in incidenti all'anno .....	29
3.5. Calcolo della probabilità di sinistro per la Regione Sardegna .....	32
<b>4. Calcolo dell'indicatore di danno potenziale .....</b>	<b>35</b>
4.1. Generalità .....	35
4.2. Persone presenti su altri veicoli in transito .....	35
4.3. Popolazione esposta all'intorno dell'asse stradale .....	36
4.4. Elementi relativi alla vulnerabilità ambientale.....	38
4.5. Calcolo dell'indicatore di danno potenziale e riepilogo dei risultati .....	40
<b>5. Identificazione dei percorsi a minor rischio .....</b>	<b>43</b>
5.1. Coefficiente di rischio complessivo .....	43
5.2. Minimizzazione del rischio ed itinerari stradali .....	45
5.3. Assegnazione alla rete: caso di una singola origine .....	46
5.4. Assegnazione alla rete: caso di più località di origine .....	53
<b>6. Riflessioni conclusive .....</b>	<b>55</b>
<b>7. Bibliografia e sitografia.....</b>	<b>57</b>

## Indice delle figure

Figura 1. Porti di sbarco del GNL .....	8
Figura 2. Punti-rete destinati ad utenze fisse .....	11
Figura 3. Ipotesi di localizzazione delle stazioni di servizio GNL – scenario teorico .....	14
Figura 4. Ipotesi di localizzazione delle stazioni di servizio GNL – soluzione pratica .....	16
Figura 5. Ipotesi di localizzazione delle stazioni di servizio GNL – scenario pratico modificato.....	18
Figura 6. Localizzazione degli incidenti su base comunale (2014-2018).....	25
Figura 7. Distribuzione delle percorrenze dei veicoli pesanti .....	27
Figura 8. Stima della probabilità di incidente.....	34
Figura 9. Identificazione della popolazione esposta.....	37
Figura 10. Identificazione della vulnerabilità ambientale.....	39
Figura 11. Mappa del danno potenziale associato agli archi stradali.....	42
Figura 12. Mappa del coefficiente di rischio associato al transito di un'autocisterna criogenica .....	44
Figura 13. Assegnazione di movimenti di autocisterne sugli itinerari di minimo rischio dal porto di Oristano .....	48
Figura 14. Assegnazione di movimenti di autocisterne sugli itinerari di minimo rischio Porto Torres .....	49
Figura 15. Assegnazione di movimenti di autocisterne sugli itinerari di minimo rischio dal porto di Olbia .....	50
Figura 16. Assegnazione di movimenti di autocisterne sugli itinerari di minimo rischio dal Porto Vesme .....	51
Figura 17. Assegnazione di movimenti di autocisterne sugli itinerari di minimo rischio dal porto di Cagliari .....	52
Figura 18. Assegnazione di movimenti di autocisterne sugli itinerari di minimo rischio assoluto.....	54

## Indice delle tabelle

<b>Tabella 1. Localizzazione dei punti di origine per stato di avanzamento della procedura autorizzativa .....</b>	<b>7</b>
<b>Tabella 2. Localizzazione dei punti di rete per provincia e tipologia .....</b>	<b>9</b>
<b>Tabella 3. Localizzazione dei punti di rete per provincia e tipologia.....</b>	<b>10</b>
<b>Tabella 4. Ipotesi di localizzazione delle stazioni di servizio con vendita GNL autotrazione – scenario teorico .....</b>	<b>13</b>
<b>Tabella 5. Ipotesi di localizzazione delle stazioni di servizio con vendita GNL autotrazione – soluzione pratica .....</b>	<b>15</b>
<b>Tabella 6. Ipotesi di localizzazione delle stazioni di servizio con vendita GNL autotrazione – scenario pratico modificato .....</b>	<b>17</b>
<b>Tabella 7. Punti rete e Domanda annua di GNL – scenario base.....</b>	<b>19</b>
<b>Tabella 8. Percorrenze per strada statale.....</b>	<b>28</b>
<b>Tabella 9. Concentrazione dei flussi sulla rete delle strade statali .....</b>	<b>29</b>
<b>Tabella 10. Tassi di incidentalità, lesività e mortalità sulla rete stradale – tutti i sinistri .....</b>	<b>30</b>
<b>Tabella 11. Tassi di incidentalità, lesività e mortalità sulla rete stradale – sinistri con veicoli pesanti.....</b>	<b>31</b>
<b>Tabella 12. Esposizione al rischio incidentale per strada.....</b>	<b>40</b>
<b>Tabella 13. Percorrenze per strada statale.....</b>	<b>46</b>

## Abstract

Il presente documento definisce nel dettaglio il **modello di distribuzione del GNL nel territorio sardo**, specificandone le principali condizioni di fattibilità tecnica.

Tale modello si configura come strumento semplificato di supporto alle decisioni per le Amministrazioni e gli Enti Pubblici che intendano ottimizzare la distribuzione del GNL nel proprio territorio, partendo da adeguate ipotesi di inserimento nel territorio stesso (in linea di principio lungo le coste) di nuovi impianti o depositi di gas, e sul loro stabile collegamento con i singoli punti-rete utilizzati per la distribuzione agli utilizzatori fissi o mobili, mediante l'utilizzo di autocisterne criogeniche lungo itinerari stradali predefiniti.

Sotto questo profilo, il modello consiste essenzialmente in un applicativo di modellizzazione delle reti di traffico e per la rappresentazione territoriale attraverso mappe tematiche (in ambiente GIS), che in relazione alle origini e destinazioni del trasporto del GNL ne definisca quelli a minor impatto sulla base degli specifici parametri individuati in T3.4.

Secondo le specifiche del progetto Signal, lo strumento dovrà essere utilizzabile dal pianificatore della Pubblica Amministrazione per definire gli interventi di riqualificazione della rete sottoposta a maggior carico veicolare di mezzi per il trasporto di merci pericolose, e per definire i percorsi obbligatori che i trasportatori dovranno utilizzare per la distribuzione del GNL sul territorio al fine di limitare l'impatto derivante da possibili eventi incidentali.

Sotto questo profilo, lo sviluppo del modello richiede lo svolgimento delle attività di seguito descritte:

- identificazione di dettaglio della **rete distributiva**, mediante localizzazione dei **porti di sbarco** e dei **punti-rete di distribuzione**, in modo da definire la matrice d'incidenza delle relazioni O/D interessate dai movimenti delle autocisterne (*capitolo 2*);
- specificazione del **coefficiente di rischio incidentale**, da utilizzarsi come **parametro di costo sociale da minimizzare** in fase di identificazione degli itinerari (*capitolo 3*), ottenuto come prodotto tra la **probabilità di accadimento di ogni singolo evento incidentale**, stimata in relazione alle statistiche della sicurezza stradale sulla rete sarda (*capitolo 4*) e della **potenziale gravità dell'evento stesso**, valutata in relazione alla frequentazione ed alla giacitura di ciascun singolo arco di rete (*capitolo 5*);
- determinazione degli itinerari di minimo rischio, ottenuta mediante assegnazione della matrice d'incidenza secondo un algoritmo di ricerca del minimo costo sociale attribuito alla circolazione delle autocisterne su ciascun singolo arco di rete (*capitolo 6*).

## 1. Configurazione della rete distributiva GNL in territorio sardo

Dal punto di vista della sua configurazione spaziale, la rete distributiva GNL della Regione Sardegna può essere descritta attraverso:

- un insieme di **località di origine**, corrispondenti in sostanza ai **porti di sbarco**;
- un insieme di **località di destinazione**, corrispondenti ai **punti-rete** di vendita od utilizzo finale del prodotto, da ricondurre in pratica a singoli **impianti industriali**, a **depositi locali** rivolti alle utenze civili/terziarie, ovvero a **stazioni di servizio** finalizzate alla vendita di carburanti per autotrazione.

E' opportuno evidenziare che, per loro stessa natura, il numero delle località di origine è destinato a risultare strutturalmente inferiore a quello delle località di destinazione. Ne risulta una matrice di incidenza rettangolare caratterizzata dalla prevalenza del numero di colonne sul numero di righe, a ciascuna delle quali potrà essere fatto corrispondere un problema di tipo SOMD (*Single Origin to Multiple Destination*), mentre l'insieme della matrice stessa rimanderà ad un problema di tipo MOMD (*Multiple Origin to Multiple Destination*) [Liu 2017].

### PORTI DI SBARCO

Allo stato attuale di sviluppo degli studi relativi al possibile impiego del GNL in Sardegna, l'unico porto caratterizzato da concrete prospettive di attuazione a breve delle infrastrutture necessarie allo sbarco di GNL è quello di **Oristano Santa Giusta**, dove un primo deposito è in costruzione, un secondo ha concluso l'iter autorizzativo mentre un terzo è in corso di autorizzazione.

In prospettiva, le caratteristiche stesse del sistema logistico dell'isola consentono di ipotizzare l'installazione di analoghi impianti in un numero piuttosto ridotto di altri scali, riconducibili essenzialmente a **Porto Torres** (due iniziative, che non hanno ancora intrapreso il procedimento autorizzativo), **Olbia/Golfo Aranci** (una iniziativa, senza procedimento autorizzativo), **Cagliari** (una iniziativa in corso di autorizzazione) e **Porto Vesme** (una iniziativa, senza procedimento autorizzativo) (Tabella 1).

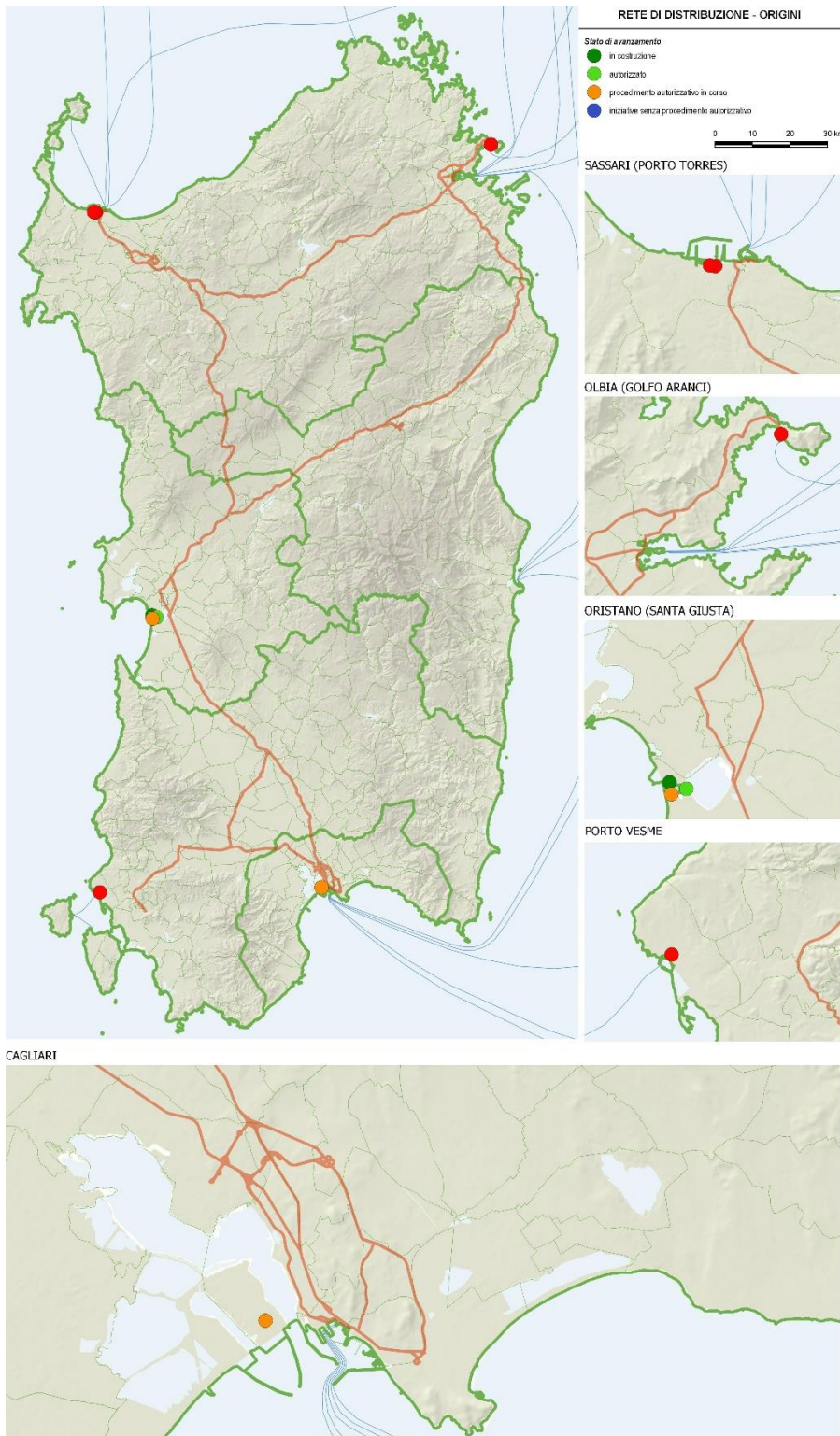
Stato della procedura autorizzativa	PUNTI DI ORIGINE					TOTALE
	Porto Torres	Olbia	Oristano	Porto Vesme	Cagliari	
in costruzione			1			1
procedura conclusa positivamente			1			1
procedura in corso			1		1	2
iniziativa senza procedura autorizzativa	2	1		1		4
<b>TOTALE</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>8</b>

Fonte: elaborazione META su dati REF-E

Tabella 1. Localizzazione dei punti di origine per stato di avanzamento della procedura autorizzativa

La localizzazione di queste località di origine è rappresentata nella Figura 1.





Elaborazione META  
 Figura 1. Porti di sbarco del GNL

## PUNTI-RETE RIVOLTI AD UTENZE FISSE

Per quanto riguarda i punti-rete, rivolti ad utenze industriali e/o ad utenze fisse di carattere civile o terziario, il presente studio ne acquisisce la posizione, in rapporto alla situazione esistente e/o alle informazioni disponibili sulle potenziali utenze di GNL.

In particolare, lo scenario delle **utenze industriali off-grid** dotate di deposito satellite di GNL rifornito da autocisterne criogeniche ipotizza che la richiesta complessiva per il settore industriale dello scenario “base” al 2030 sia pari a circa 20 kt/a di GNL ripartite tra 20 utenze, con un consumo medio annuo per utenza di circa 1.000 t/a di GNL.

Lo scenario di localizzazione dei consumi complessivi previsti dallo scenario base è stato costruito utilizzando i dati sui consumi industriali forniti dalla Regione Sardegna selezionando quelli riferibili ai settori di attività per i quali in base alle informazioni disponibili è prevedibile lo switching entro il 2030 dall’uso di prodotti petroliferi a quello del gas naturale tramite il downstream del GNL. L’uso dei dati forniti dalla Regione Sardegna ha consentito quindi costruire uno scenario realistico circa gli specifici settori di attività industriale, la localizzazione e i consumi specifici di ogni utenza considerata.

Per quanto riguarda invece lo scenario delle **reti di distribuzione isolate**, si ipotizza che la richiesta complessiva per il settore civile dello scenario “base” al 2030 sia pari a circa 12 kt/a di GNL ripartite tra 43 reti isolate, con un consumo medio annuo per i relativi depositi satellite di circa 280 t/a di GNL.

Lo scenario di localizzazione dei consumi complessivi previsti dallo scenario base per il settore civile nel 2030 è stato costruito utilizzando le informazioni rese disponibili pubblicamente dalla principale società concessionaria delle reti di distribuzione in Sardegna circa i comuni nei quali è prevista l’attivazione del servizio di distribuzione del gas naturale. I consumi attesi delle reti isolate sono stati differenziati in due classi di richiesta basate sulla consistenza demografico/abitativa dei centri in cui è attesa l’attivazione del servizio di distribuzione del gas naturale.

L’uso delle informazioni disponibili ha consentito quindi costruire uno scenario realistico circa, la localizzazione e i consumi specifici delle reti isolate a GNL considerate.

Si ottiene così un totale di **63 punti rete rivolti a utenze fissa**, distribuiti in prevalenza nella provincia di Nuoro (22) e Sassari (19), mentre in quota minore nelle province di Cagliari (9), Oristano (6) e Sud Sardegna (7) (Tabella 2).

PUNTI RETE PER PROVINCIA						
	SS	OR	NU	SU	CA	TOT
industrie off-grid	4	4	0	4	8	20
reti distribuzione isolate	15	2	22	3	1	43
<b>Totale Sardegna</b>	<b>19</b>	<b>6</b>	<b>22</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>63</b>

Fonte: elaborazione META su dati REF-E

Tabella 2. Localizzazione dei punti di rete per provincia e tipologia

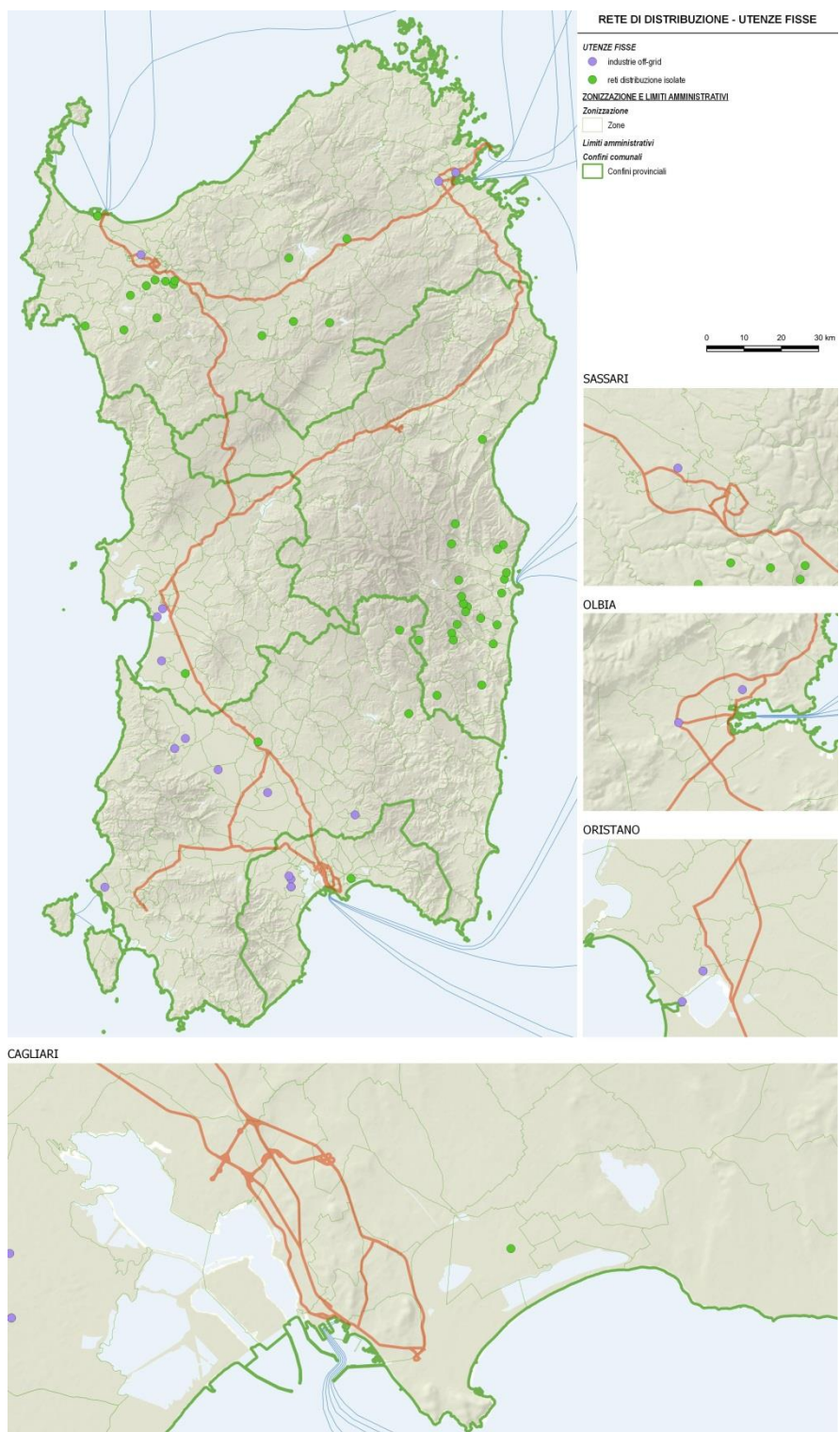
Nell’insieme, si stima una domanda di GNL al 2030 di quasi 32'000 t/anno, prevalentemente concentrate in Sud Sardegna (8'800) e Sassari (8'700), quindi a Cagliari (6'800) ed in modo residuale a Nuoro (4'100) e Oristano (3'500). Risulta naturalmente evidente come le utenze industriali, minori in numero, esprimano una domanda maggiore (quasi 20'000 t/anno) rispetto alle reti di distribuzione isolate (12'000) (Tabella 3).

DOMANDA DI GNL al 2030 (t/anno)						
	SS	OR	NU	SU	CA	TOT
industrie off-grid	2.186	3.319	-	8.282	6.185	<b>19.973</b>
reti distribuzione isolate	6.525	188	4.125	563	600	<b>12.000</b>
<b>Totale Sardegna</b>	<b>8.711</b>	<b>3.507</b>	<b>4.125</b>	<b>8.845</b>	<b>6.785</b>	<b>31.973</b>

Fonte: elaborazione META su dati REF-E

Tabella 3. Localizzazione dei punti di rete per provincia e tipologia

La localizzazione di questi punti è indicata nella Figura 2.



Elaborazione META  
 Figura 2. Punti-rete destinati ad utenze fisse



## STAZIONI DI SERVIZIO PER VENDITA GNL E L-GNC PER AUTOTRAZIONE

La localizzazione delle stazioni di servizio finalizzate alla vendita di GNL autotrazione viene effettuata sulla base di due principali passaggi metodologici:

- stima di un assetto ottimale, sulla base della stima del potenziale illustrata nel rapporto per lo scenario “base” nel rapporto T3.3.1;
- confronto con le stazioni di servizio la cui entrata in esercizio è già prevista, e definizione dell’assetto risultante.

La stima dell’assetto ottimale viene effettuata rapportando il potenziale complessivamente stimato di 21,6 kt/anno ad una soglia di redditività di 3 kt/anno per ciascuna stazione di servizio, risultando in una rete distributiva per autotrazione di circa 7 punti rete.

Tali punti debbono ragionevolmente essere collocati lungo la rete viaria maggiormente utilizzata dai veicoli pesanti, che nel caso della Regione Sardegna, come evidenziato sempre nel rapporto T3.4, si articola in un numero piuttosto limitato di assi stradali, quali segnatamente i seguenti:

- SS131 “Carlo Felice” (112,4 Mvkm pesanti/anno, pari al 38,1% del totale di rete);
- SS131dcn “Nuorese” (40,4 Mvkm pesanti/anno, pari al 13,6% del totale di rete);
- SS130 “Iglesiente” (9,7 Mvkm pesanti/anno, 3,3% del totale di rete);
- SS597 “di Logudoro” (8,7 Mvkm pesanti/anno, 3,0% del totale di rete);
- SS729 “Sassari-Olbia” (7,5 Mvkm pesanti/anno, 2,6% del totale di rete);
- SS195 “Sulcitana” (7,3 Mvkm pesanti/anno, 2,4% del totale di rete).

Questi soli assi supportano un traffico pari a circa 186 Mvkm pesanti/anno, pari a circa il 63% dei consumi stimato per l’intera Regione Sardegna. Al di fuori di questo reticolo principale, i consumi si distribuiscono come segue:

- Città Metropolitana di Cagliari: 29,3 Mvkm pesanti/anno (9,9% del totale di rete);
- Provincia di Sud Sardegna: 36,4 Mvkm pesanti/anno (12,3%);
- Provincia di Oristano: 7,0 Mvkm pesanti/anno (3,6%);
- Provincia di Nuoro: 10,5 Mvkm pesanti/anno (2,4%);
- Provincia di Sassari: 27,4 Mvkm pesanti/anno (9,2%).

La massima copertura territoriale si ottiene ricercando una collocazione quanto più omogenea dei 7 distributori, che corrisponde anche a criteri di minimizzazione della distanza tra i punti di distribuzione (stazioni di servizio) e quelli di consumo effettivo.

Assumendo una numerosità di 7 punti, si può ipotizzare che ciascuna stazione di servizio includa nella propria area di pertinenza una porzione di rete primaria caratterizzata da un volume di traffico pari a  $296 : 7 = 42,3$  Mvkm pesanti/anno.

In prima approssimazione, tali punti sono stati localizzati lungo gli assi stradali primari sopra elencati, dove si concentra la maggior parte della domanda. Successivamente, per ogni zona:

- è stata estratta la rete stradale di riferimento e, sulla base dei flussi simulati, è stato calcolato il totale di vkm pesanti /anno che la interessano;
- è stato associato l'oggetto punto (stazione di servizio) accessibile col minor costo generalizzato.

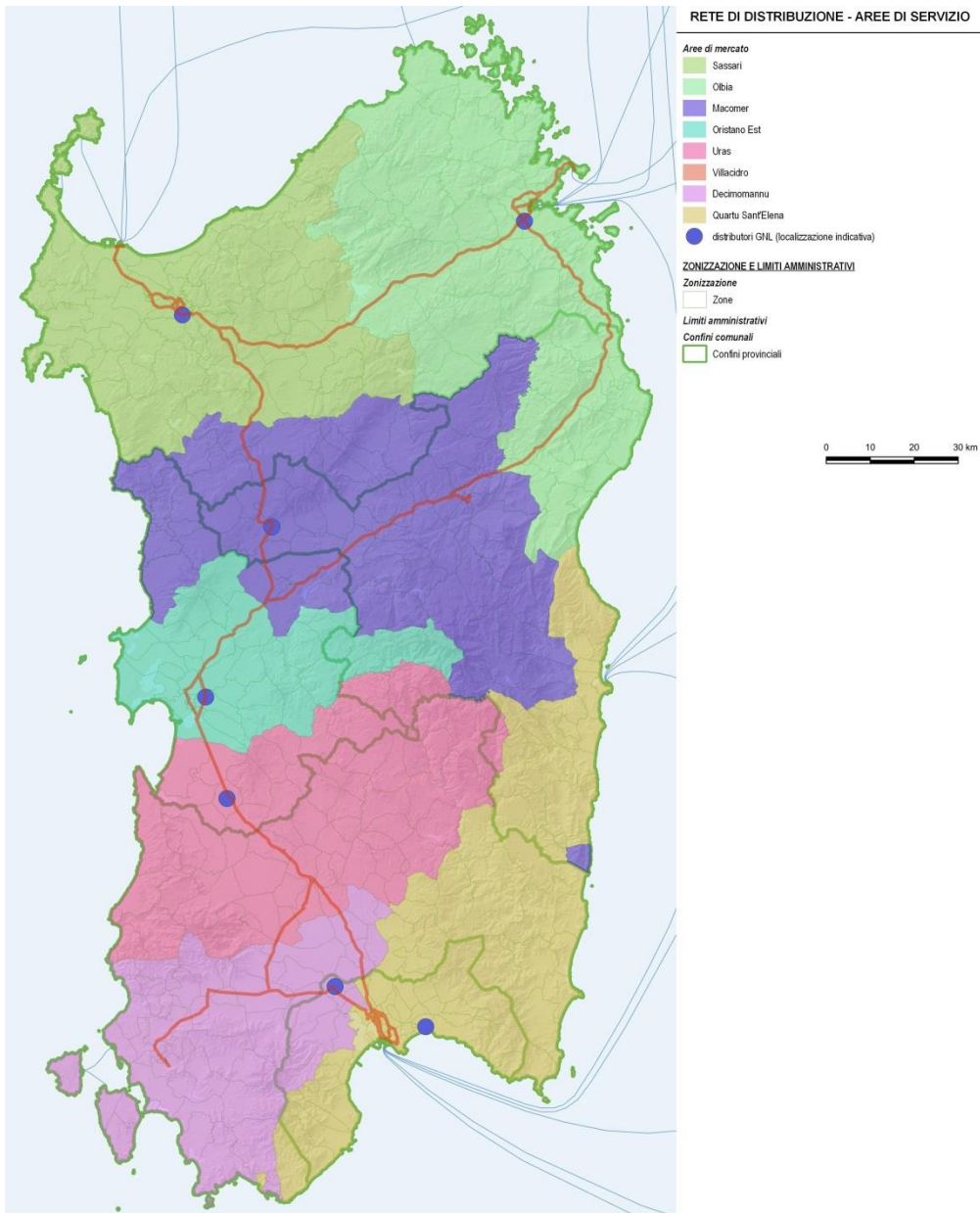
Questo ha consentito di definire, per ogni distributore, non solo la corrispondente area di mercato, ma anche la domanda a essa sottesa, che come si osserva nella tabella seguente, varia tra 28,8 e 49,6 milioni di veicoli-km pesanti/anno (Tabella 4).

N	Localizzazione ipotizzata	Mvkm pesanti/anno
1	Sassari	43,4
2	Olbia	43,3
3	Macomer	45,3
4	Oristano (est)	28,8
5	Uras	49,6
6	Decimomannu	37,6
7	Quartu Sant'Elena	46,0
<b>TOT</b>		<b>294,0</b>

Fonte: elaborazione META

Tabella 4. Ipotesi di localizzazione delle stazioni di servizio con vendita GNL autotrazione – scenario teorico

La configurazione delle diverse aree di mercato è indicata in Figura 3.



*Elaborazione META*

Figura 3. Ipotesi di localizzazione delle stazioni di servizio GNL – scenario teorico

Sotto il profilo metodologico, la procedura di identificazione dei punti-rete di distribuzione del GNL sulla rete stradale, qui effettuata su base empirica, potrebbe essere affinata utilizzando uno specifico algoritmo di partizionamento ottimo del grafo in componenti connesse, per la cui descrizione si rimanda al report T3.6

Questa prima ipotesi deve comunque essere confrontata con l'insieme delle stazioni di servizio già previste sul territorio sardo, costituito da 4 ulteriori localizzazioni, tutte concentrate nel quadrante sud-ovest dell'isola:

- due all'interno del porto di Oristano;
- una nel Comune di Villacidro;
- una nel Comune di Uras.

La necessaria sintesi viene ottenuta adattando l'ipotesi iniziale alle localizzazioni già previste, e in particolare:

- la stazione di rifornimento ipotizzata ad Est di Oristano viene sostituita da quelle previste all'interno del Porto;
- viene confermata la stazione di Uras;
- viene aggiunta la stazione di Villacidro

Lo scenario risultante si compone pertanto di 9 elementi, di cui 4 già previsti e 5 derivati dall'assetto teorico, che nell'insieme dovrebbero consentire di garantire una copertura del servizio sull'intero territorio regionale (Figura 4). In tale assetto, le stazioni di Oristano, Uras e Villacidro risultano penalizzate dalla forte vicinanza reciproca, con aree di mercato sempre inferiori ai 30 mvkm pesanti /anno (Tabella 5 Tabella 1).

N	Localizzazione ipotizzata	Mvkm pesanti/anno
1	Sassari	43,4
2	Olbia	43,3
3	Macomer	45,9
4-5	Oristano (S.Giusta)	28,3
6	Uras	26,0
7	Villacidro	25,3
8	Decimomannu	35,8
9	Quartu Sant'Elena	46,0
<b>TOT</b>		<b>294,0</b>

Fonte: elaborazione META

Tabella 5. Ipotesi di localizzazione delle stazioni di servizio con vendita GNL autotrazione – soluzione pratica





*Elaborazione META*

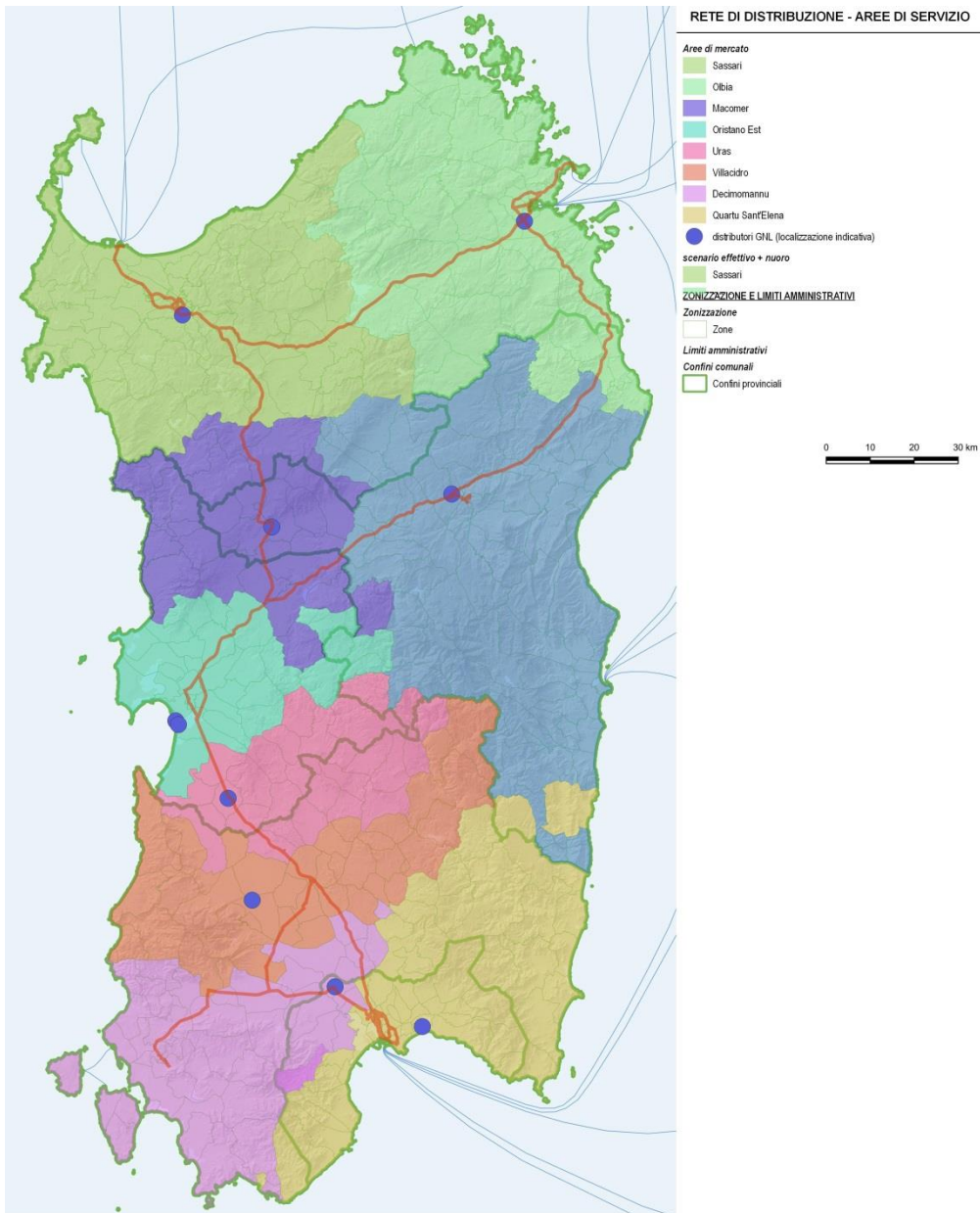
Figura 4. Ipotesi di localizzazione delle stazioni di servizio GNL – soluzione pratica

Ulteriori stazioni sono ipotizzabili al fine di ridurre le distanze medie dalla stazione più vicina. In particolare, un ulteriore punto di rifornimento a Nuoro potrebbe portare a una maggiore solidità della rete nel settore nord-est dell'isola. In quest'ultima ipotesi, si ha una riduzione delle aree di mercato di Olbia (33,8 Mvkm pesanti/ anno) e Macomer (28,8), ed in misura minore di Quartu Sant'Elena (42,6) (Tabella 6 e Figura 5).

N	Localizzazione ipotizzata	Mvkm pesanti/anno
1	Sassari	43,4
2	Olbia	33,8
3	Nuoro	30,0
4	Macomer	28,8
5-6	Oristano (S.Giusta)	28,3
7	Uras	25,9
8	Villacidro	25,3
9	Decimomannu	35,9
10	Quartu Sant'Elena	42,6
<b>TOT</b>		<b>294,0</b>

Fonte: elaborazione META

Tabella 6. Ipotesi di localizzazione delle stazioni di servizio con vendita GNL autotrazione – scenario pratico modificato



*Elaborazione META*

Figura 5. Ipotesi di localizzazione delle stazioni di servizio GNL – scenario pratico modificato

## STIMA DEL NUMERO DI VIAGGI/ANNO

L'insieme delle localizzazioni qui ipotizzate definisce un insieme di 76 punti rete da rifornire tramite GNL e che, stando allo scenario base, si stima esprimano al 2030 una domanda complessiva di 63mila tonnellate di GNL. Di questi, quasi la metà è attribuibile alle stazioni di servizio per autotrazione, un terzo è attribuibile alle industrie *off-grid*, mentre la parte restante viene ripartita fra i 43 punti delle reti di distribuzione isolate e 4 ulteriori punti relativi alle banchine dei porti utilizzate per bunkeraggio *truck-to-ship* (Tabella 7).

Nel caso delle stazioni di servizio, è stato assunto come riferimento lo "scenario pratico" a 9 punti, e la domanda di GNL annua di ogni punto è stata stimata distribuendo il totale annuo regionale proporzionalmente al chilometraggio associato ad ogni distributore.

Il valore di 27'000 tonnellate/anno riferite ai distributori GNL/GNC include sia la richiesta dei mezzi pesanti alimentati a GNL, che quella dei mezzi pesanti e leggeri alimentati a GNC rigassificato (L-GNC) proveniente dai depositi satellite di GNL dei distributori considerati.

Di conseguenza, la richiesta totale di GNL risulta pari a 63 kt.

PUNTI RETE PER PROVINCIA AL 2030						
	SS	OR	NU	SU	CA	TOT
industrie off-grid	4	4	0	4	8	20
reti distribuzione isolate	15	2	22	3	1	43
distributori GNL/GNC	3	3	1	1	1	9
Porti con banchine utilizzate per Bunkeraggio Truck-to-Ship	2	1	0	0	1	4
<b>Totale Sardegna</b>	<b>24</b>	<b>10</b>	<b>23</b>	<b>8</b>	<b>11</b>	<b>76</b>

DOMANDA DI GNL al 2030 (t/anno)						
	SS	OR	NU	SU	CA	TOT
industrie off-grid	2.186	3.319	-	8.282	6.185	19.973
reti distribuzione isolate	6.525	188	4.125	563	600	12.000
distributori GNL/GNC	7.962	4.987	4.215	2.323	7.512	27.000
Porti con banchine utilizzate per Bunkeraggio Truck-to-Ship	1.000	500	-	-	2.500	4.000
<b>Totale Sardegna</b>	<b>17.673</b>	<b>8.994</b>	<b>8.340</b>	<b>11.168</b>	<b>16.797</b>	<b>62.973</b>

Fonte: elaborazione META

Tabella 7. Punti rete e Domanda annua di GNL – scenario base

Assumendo come valore di riferimento una portata di 20 t/autocisterna, questo porta ad un totale di circa 3'150 viaggi/anno, escludendo i ritorni a vuoto.

L'insieme delle localizzazioni qui ipotizzate corrisponde, nel caso di sistema distributivo SOMD (*Single Origin – Multiple Destination*) con località di origine nel porto di Oristano, ad un vettore 1 x 76.

Assumendo invece 5 distinte località di origine (Oristano, Porto Torres, Olbia, Cagliari, Porto Vesme) si ottiene una matrice 5 x 76. In questo caso, è possibile ipotizzare che ogni punto-rete venga servito dalla località di origine collegata dall'itinerario di minor rischio, con riduzione del costo sociale connesso alla circolazione di autocisterne criogeniche lungo la rete stradale sarda. Tale riduzione andrà comunque ponderata con i costi ed i rischi connessi alla realizzazione di più impianti di sbarco.

## 2. Aspetti metodologici: calcolo del coefficiente di rischio

L'introduzione del GNL in territorio sardo comporta alcune problematiche relative alla configurazione della rete distributiva e alle modalità del suo approvvigionamento, che si prevede debba essere effettuato a mezzo di autocisterne criogeniche, che effettuano spostamenti da porti di sbarco del gas, ai singoli punti-rete.

Un ovvio requisito di questa rete distributiva consiste nella sua sicurezza, ovvero nel contenimento dei rischi (modesti, ma non del tutto trascurabili) associati alla circolazione delle autocisterne, entro limiti di accettabilità sociale.

A tal fine, risulta opportuno condurre un approfondimento mirato sugli **itinerari di minimo rischio** tra i punti di carico e di scarico del prodotto.

Questo approfondimento può essere condotto mediante il modello di simulazione, già impiegato per ricostruire i flussi di traffico sulla rete, associando a ciascun arco stradale un coefficiente di rischio ottenuto come prodotto fra la probabilità che su di esso si verifichi un sinistro stradale che coinvolga un'autocisterna, e l'entità dei danni potenzialmente associati a tale evento.

$$\text{Coefficiente di rischio} = \text{probabilità del sinistro} \times \text{danno potenziale}$$

La costruzione di un coefficiente di questo genere è stata oggetto, in anni recenti, di numerosi approfondimenti collegati alla gestione dei flussi di merci pericolose sulla rete nazionale (Bonvicini, Leonelli e Spadoni 1998; Leonelli, Bonvicini e Spadoni 2000; Orso Giaccone *et al.* 2012; Studer *et al.* 2012; 2018; Borghetti *et al.* 2015; Gandini *et al.* 2015), che sono stati assunti a riferimento del calcolo degli indicatori di rischio.

In particolare, nel seguito dell'analisi si è fatto riferimento al **modello di analisi del rischio DGT (Dangerous Goods Transportation)**, che basa la stima del costo sociale associato ad uno specifico itinerario sull'algoritmo seguente (Studer *et al.* 2012):

$$R_{ij} = \sum_k R_k = \sum_k \left( p_k \times \sum_s \left( p_{k,s} \times \sum_e \left( p_{k,s,e} \times \sum_m \left( F_{k,m} \times E_{k,s,e,m} \times S_m \times (1 - C_{k,s,e,m}) \right) \right) \right) \right)$$

dove:

$R_{ij}$	Rischio cumulato sull'itinerario [€/anno]	
$R_k$	Rischio totale associato al transito sul $k$ -simo arco del grafo [€/anno]	
$p_k$	Probabilità di accadimento di un incidente stradale sull'arco $k$ [veicoli coinvolti/arco/anno]	PROBABILITA' CUMULATA DEGLI EVENTI AVVERSI
$p_{k,s}$	Probabilità che un incidente stradale sull'arco $k$ coinvolga un veicolo adibito al trasporto della sostanza $s$	
$p_{k,s,e}$	Probabilità che un incidente stradale sull'arco $k$ , che coinvolge un veicolo adibito al trasporto della sostanza $s$ , determini un evento avverso di tipo $e$	
$F_{k,m}$	Fattore di presenza del recettore $m$ lungo l'arco $k$	DANNO ASSOCIATO A CIASCUN EVENTO AVVERSO
$E_{k,s,j,m}$	Fattore di esposizione del recettore $m$ lungo l'arco $k$ all'evento avverso $e$ che coinvolge la sostanza $s$	
$S_m$	Suscettibilità del recettore $m$	
$C_{k,s,e,m}$	Resilienza/capacità di recupero del recettore $m$	

Nel caso in esame la sostanza di riferimento è unica (il GNL) e pertanto l'indice  $s$  può essere omissso ottenendo la formulazione:

$$R_{ij} = \sum_k R_k = \sum_i \left( p_k \times \sum_e \left( p_{k,e} \times \sum_m \left( F_{k,m} \times E_{k,e,m} \times S_m \times (1 - C_{k,s,e,m}) \right) \right) \right)$$

Mentre sono mantenuti gli altri indici relativi ai singoli archi del grafo ( $k$ ), alla tipologia di evento avverso ( $e$ ) ed alla presenza, suscettibilità e resilienza del recettore ( $m$ ).

Come parzialmente anticipato nel report T3.4, in prima approssimazione, la costruzione del coefficiente di rischio su ciascun arco è stata ottenuta per mezzo di due serie distinte di dati statistici, riconducibili rispettivamente:

- per quanto riguarda la probabilità cumulata degli eventi avversi, ai livelli di incidentalità riscontrati sulla rete stradale sarda, così come meglio specificato nel capitolo 0;
- per quanto attiene invece al danno potenzialmente associato a ciascun evento avverso, alla presenza, suscettibilità, e resilienza dei soggetti potenzialmente esposti, identificati negli automobilisti in transito, nelle persone residenti attorno alla strada, nonché negli ambiti sensibili dal punto di vista naturalistico, così come meglio specificato nel capitolo 0.

Non è invece stato al momento condotto alcun approfondimento relativo alla tipologia di evento incidentale, relativo alla circolazione delle autocisterne criogeniche.



## 3. Analisi dell'incidentalità sulla rete stradale sarda

### 3.1. Generalità

Il coefficiente di rischio si basa, in primo luogo, sui tassi di incidentalità, calcolati a partire dalla probabilità di accadimento dell'incidente in relazione alla tipologia di strada e all'entità del flusso veicolare in essa transitante.

In sintesi, data per assunta la ricostruzione dei volumi di traffico della rete stradale effettuata utilizzando il modello di traffico secondo la metodologia esposta nei paragrafi precedenti, la procedura per il calcolo del coefficiente di rischio per quanto riguarda la ricostruzione del numero di veicoli coinvolti in incidente all'anno passa attraverso le seguenti fasi:

- a) acquisizione dei dati di incidentalità, resi disponibili dall'ISTAT
- b) codifica delle strade sul grafo stradale e confronto tra statistiche degli incidenti e volumi di traffico
- c) ricostruzione per ogni arco stradale del modello del numero di veicoli coinvolti in incidenti all'anno.

### 3.2. Acquisizione dei dati di incidentalità

I dati di incidentalità stradale su cui si basa la presente metodologia provengono dal database ISTAT. I dati, raccolti dall'istituto di statistica mediante rilevazioni mensili su tutto il territorio nazionale, considerano quegli incidenti che hanno causato lesioni alle persone coinvolte (feriti o morti entro il trentesimo giorno dal sinistro). Non sono considerati, quindi, gli incidenti in cui sono stati rilevati esclusivamente danni a cose<sup>1</sup>.

L'intervallo di tempo scelto è l'ultimo quinquennio disponibile (2014-2018). La scelta di questo intervallo di tempo è stata dettata dalla necessità di avere una base dati sufficientemente ampia per essere statisticamente rilevante.

L'analisi dell'incidentalità per il calcolo del coefficiente di rischio è stata elaborata considerando gli incidenti accaduti sulle strade statali della Regione Sardegna. In particolare, la localizzazione dell'incidente sulla rete è stata determinata incrociando il dato riguardante il codice comunale e quello relativo alla sigla della strada statale.

Questa scelta è stata dettata, da un lato, dalla particolare configurazione della rete infrastrutturale regionale soprattutto tenendo conto che la mobilità dei mezzi pesanti, escluso l'ultimo miglio, avviene principalmente lungo questa tipologia di strade, e dall'altro, dalla qualità stessa del dato ISTAT. Infatti, le informazioni circa la localizzazione del singolo incidente non sono rilasciate in forma di coordinate geografiche bensì sono ricostruibili incrociando i seguenti dati: il codice comunale, la tipologia di strada (statale, urbana, extraurbana, ecc.), la sigla della strada (di cui viene riportata solo

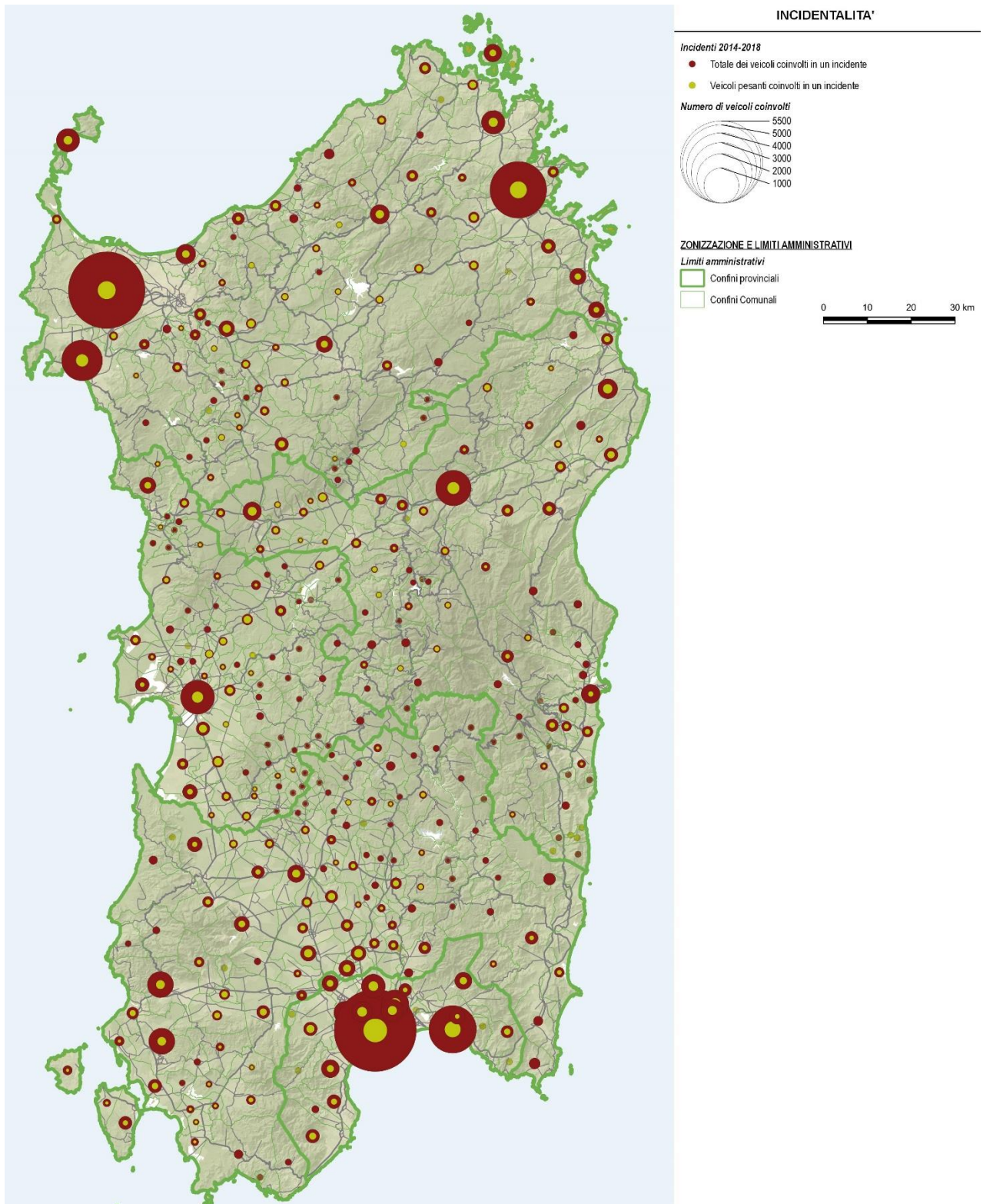
---

<sup>1</sup> Si ricorda che l'incidente stradale è "il fatto verificatosi nelle vie o piazze aperte alla circolazione nel quale risultano coinvolti veicoli (o animali) fermi o in movimento e dal quale siano derivate lesioni a persone". ISTAT, Aspetti metodologici dell'indagine. Rilevazione degli incidenti stradali con lesioni a persone.



la parte numerica), la progressiva chilometrica se presente e la toponomastica (quest'ultima informazione è rilasciata solo fino all'anno 2016 compreso).

A supporto di questa scelta è stata effettuata una prima analisi preliminare che restituisce il quadro dell'incidentalità sul quinquennio considerato. A fronte di un totale di 17.423 incidenti sull'intera rete del territorio regionale nel periodo considerato, 1.366 incidenti si sono verificati con il coinvolgimento di un mezzo pesante (il database ISTAT non fa approfondimenti circa le sottocategorie di mezzi pesanti), nella percentuale del 7,8%. Di questi incidenti 776 si sono verificati su strade di cui il database riportata la sigla (quindi localizzabili) e, in particolare, 523 sono accaduti lungo strade statali. È quindi corretto pensare che l'indagine delle sole strade statali possa ritenersi un buon compromesso per quanto riguarda il rischio di incidentalità, soprattutto se rivolta all'analisi del rischio che concerne i mezzi pesanti, senza essere troppo oneroso in termini di tempi o costi (Figura 6).



Elaborazione META  
 Figura 6. Localizzazione degli incidenti su base comunale (2014-2018)

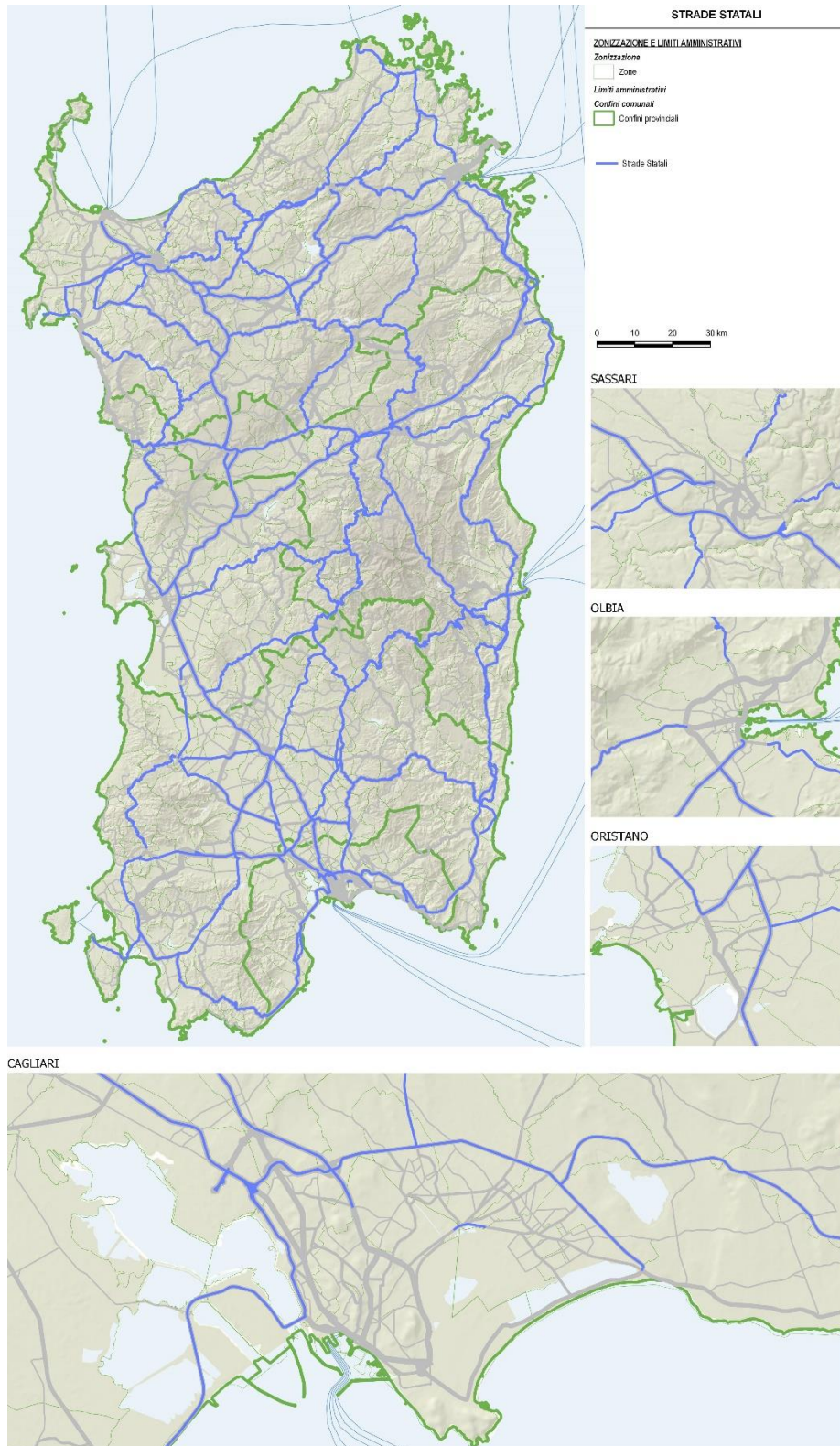
### 3.3.Codifica delle strade sul grafo

Operazione preliminare fondamentale per una corretta localizzazione degli incidenti sulla rete delle strade statali in Sardegna è consistita nell'identificazione di tutte le strade di interesse e nella conseguente redazione di un'anagrafica di riferimento. Successivamente, ognuna di queste strade è stata codificata sul grafo stradale utilizzato dal modello, rendendo possibile il confronto fra i flussi, derivati dalle simulazioni, con i dati dell'incidentalità, derivati dall'analisi dei dati ISTAT<sup>2</sup> (Figura 7 e Tabella 8).

---

<sup>2</sup> La principale fonte utilizzata per la codifica delle strade statali è il grafo stradale ANAS, riferito al 2015 e disponibile presso <http://dati.mit.gov.it/catalog/dataset/grafico-stradale-anas>





Fonte: elaborazione META  
 Figura 7. Distribuzione delle percorrenze dei veicoli pesanti

COD	NOME STRADA	Veicoli*km/anno		
		Leggeri	Pesanti	Totali
NSA167	DI ITTIRI	1.935.844	-	1.935.844
SS125	ORIENTALE SARDA	169.694.581	1.198.726	170.893.307
SS127	SETTENTRIONALE SARDA	184.238.463	3.037.067	187.275.531
SS127bis	SETTENTRIONALE SARDA	12.939.580	43.979	12.983.559
SS128bis	CENTRALE SARDA	71.384.879	243.678	71.628.557
SS129	TRASVERSALE SARDA	4.197.357	1.147.850	5.345.208
SS131	CARLO FELICE	627.158.889	45.350.242	672.509.131
SS131bis	CARLO FELICE	27.046.980	-	27.046.980
SS131dir-centr	NUORESE	200.048.594	-	200.048.594
SS132	DI OZIERI	24.439.667	-	24.439.667
SS133	DI PALAU	43.864.502	93.408	43.957.911
SS133bis	DI PALAU	22.170.798	-	22.170.798
SS134	DI CASTEL SARDO	166.972	-	166.972
SS199	DI MONTI	52.203	-	52.203
SS200	DELL'ANGLONA	76.300.946	493.671	76.794.617
SS291	DELLA NURRA	42.531.527	576.092	43.107.619
SS291var	DELLA NURRA	8.894.300	-	8.894.300
SS292	NORD OCCIDENTALE SARDA	19.346.555	1.108.068	20.454.624
SS292dir	NORD OCCIDENTALE SARDA	6.801.951	-	6.801.951
SS389	DI BUDDUSO' E DEL CORREBOI	9.104.141	112.446	9.216.588
SS389dir-a	DI BUDDUSO' E DEL CORREBOI	4.590.940	-	4.590.940
SS392	DEL LAGO DEL COGHINAS	15.979.772	-	15.979.772
SS427	DELLA GALLURA CENTRALE	30.899.131	135.042	31.034.173
SS597	DI LOGUDORO	143.839.833	11.834.395	155.674.228
SS672	SASSARI - TEMPIO	59.924.210	2.657.636	62.581.846
SS729	SASSARI - OLBIA	114.514.178	7.505.514	122.019.693
<b>PROVINCIA DI SASSARI</b>		<b>1.924.435.160</b>	<b>73.169.452</b>	<b>1.997.604.612</b>
SS126	SUD OCCIDENTALE SARDA	27.575.969	658.866	28.234.835
SS128	CENTRALE SARDA	3.528.637	22.814	3.551.451
SS129bis	TRASVERSALE SARDA	26.068.397	9.899	26.078.296
SS131	CARLO FELICE	570.242.655	45.350.242	615.592.898
SS131dir-centr	NUORESE	90.393.150	-	90.393.150
SS292	NORD OCCIDENTALE SARDA	146.619.486	1.108.068	147.727.554
SS388	DEL TIRSO E DEL MANDROLISAI	65.737.550	94.637	65.832.187
SS442	DI LACONI E DI URAS	25.795.690	-	25.795.690
<b>PROVINCIA DI ORISTANO</b>		<b>941.475.624</b>	<b>61.730.437</b>	<b>1.003.206.061</b>
SS125	ORIENTALE SARDA	120.964.313	1.198.726	122.163.039
SS125var	NUOVA SS125	9.790.218	-	9.790.218
SS128	CENTRALE SARDA	93.421.942	22.814	93.444.757
SS129	TRASVERSALE SARDA	169.516.458	1.147.850	170.664.308
SS129bis	TRASVERSALE SARDA	24.559.468	9.899	24.569.367
SS131	CARLO FELICE	110.894.984	45.350.242	156.245.226
SS131dir-centr	NUORESE	836.306.216	-	836.306.216
SS198	DI SEUI E LANUSEI	94.778.132	233.333	95.011.466
SS295	DI ARITZO	18.782.426	25.972	18.808.399
SS388	DEL TIRSO E DEL MANDROLISAI	13.964.420	94.637	14.059.057
SS389	DI BUDDUSO' E DEL CORREBOI	33.677.882	112.446	33.790.329
SS389dir-b	DI BUDDUSO' E DEL CORREBOI	16.639.481	-	16.639.481
SS389var	DI BUDDUSO' E DEL CORREBOI	107.212.133	-	107.212.133
SS390	DI BARI SARDO	2.937.001	89.285	3.026.286
<b>PROVINCIA DI NUORO</b>		<b>1.678.824.429</b>	<b>22.905.850</b>	<b>1.701.730.280</b>
SS125	ORIENTALE SARDA	6.675.037	1.198.726	7.873.763
SS125var	NUOVA SS125	165.893.041	-	165.893.041
SS126	SUD OCCIDENTALE SARDA	212.614.257	658.866	213.273.123
SS126dir	SUD OCCIDENTALE SARDA	44.650.608	-	44.650.608
SS128	CENTRALE SARDA	162.785.858	22.814	162.808.672
SS130	IGLESIENTE	240.813.392	8.618.031	249.431.423
SS130dir	IGLESIENTE	17.390.671	-	17.390.671
SS131	CARLO FELICE	552.615.519	45.350.242	597.965.762
SS195	SULCITANA	132.569.703	283.295	132.852.998
SS196	DI VILLACIDRO	114.240.839	6.390.725	120.631.564
SS196dir	DI VILLACIDRO	29.301.087	-	29.301.087
SS197	DI SAN GAVINO E DEL FLUMINI	186.437.843	971.903	187.409.746
SS198	DI SEUI E LANUSEI	26.636.137	233.333	26.869.470
SS293	DI GIBA	96.702.279	1.343.987	98.046.266
SS387	DEL GERREI	119.145.136	260.938	119.406.074
SS466	DI SIBIOLA	38.608.397	744.825	39.353.222
SS547	DI GUASILA	33.920.031	494.553	34.414.584
<b>PROVINCIA DI SUD SARDEGNA</b>		<b>2.179.059.404</b>	<b>68.512.668</b>	<b>2.247.572.073</b>
SS125var	NUOVA SS125	133.203.574	-	133.203.574
SS130	IGLESIENTE	204.384.144	8.618.031	213.002.175
SS130dir	IGLESIENTE	5.184.145	-	5.184.145
SS131	CARLO FELICE	123.812.617	45.350.242	169.162.860
SS131dir	CARLO FELICE	110.940.850	1.942.329	112.883.179
SS195	SULCITANA	295.750.982	283.295	296.034.277
SS195racc	VIA S. PAOLO	58.438.967	-	58.438.967
SS196	DI VILLACIDRO	9.113.699	6.390.725	15.504.423
SS387	DEL GERREI	66.896.433	260.938	67.157.370
SS391	DI ELMAS	-	7.627	7.627
SS554	CAGLIARITANA	277.121.318	6.568.200	283.689.518
<b>CITTA' METROPOLITANA DI CAGLIARI</b>		<b>1.321.905.452</b>	<b>32.362.662</b>	<b>1.354.268.114</b>
<b>TOTALE</b>		<b>8.045.700.070</b>	<b>258.681.070</b>	<b>8.304.381.140</b>

Fonte: elaborazione META

Tabella 8. Percorrenze per strada statale

Grazie a questa elaborazione diviene inoltre possibile una prima valutazione del ruolo assunto dalla rete delle strade statali nel territorio regionale. In particolare, su di esse si concentra il 56% delle percorrenze chilometriche simulate, che raggiungono l'83% riferendosi ai soli veicoli pesanti (Tabella 9).

CONCENTRAZIONE DEI FLUSSI SULLA RETE DELLE STRADE STATALI						
	leggeri		pesanti		totale	
	mvkm/giorno	%	mvkm/giorno	%	mveqkm/giorno	%
Strade statali	12,83	53%	0,84	83%	14,5	56%
Resto rete	11,21	47%	0,17	17%	11,6	44%
<b>TOTALE</b>	<b>24,04</b>	<b>100%</b>	<b>1,02</b>	<b>100%</b>	<b>26,1</b>	<b>100%</b>

Fonte: elaborazione META

Tabella 9. Concentrazione dei flussi sulla rete delle strade statali

### 3.4. Calcolo del numero di veicoli coinvolti in incidenti all'anno

Una volta effettuate le operazioni preliminari sopra descritte, è quindi possibile associare ogni singolo incidente avvenuto su strada statale (tramite il codice del comune e la sigla della strada statale) alla porzione di strada statale del grafo avente il medesimo codice che insiste su quel determinato territorio comunale e, conseguentemente, ricavare il numero dei veicoli coinvolti in incidenti (dato estraibile dal database ISTAT) su quel particolare tronco.

Sono quindi stati individuati i tratti stradali con il maggior numero di incidenti andando ad evidenziare 3 livelli di servizio:

- strada non statale (nel nostro caso neutra in quanto non viene riportata l'incidentalità)
- strada statale senza incidenti rilevati nel quinquennio 2014-2018
- strada statale con incidenti rilevati nel quinquennio 2014-2018

I risultati ottenuti sull'insieme della rete sono illustrati in Tabella 10, che riporta per ciascuna strada statale sarda i **tassi di incidentalità, lesività e mortalità**, ottenuti rapportando al volume di traffico, rispettivamente, il numero di sinistri rilevati, di persone coinvolte (morti+feriti), e di persone decedute. Come si può osservare, questi tassi variano notevolmente da strada a strada, risultando non infrequente il caso di arterie a limitato traffico, comunque caratterizzate da un certo numero di sinistri e dunque, in definitiva, da tassi di incidentalità relativamente elevati in rapporto al resto della rete.

COD	NOME STRADA	Veicoli*km/ANNO	n° incidenti per 100 Mvkm	persone coinvolte per 100 Mvkm	n° morti per 100 Mvkm
NSA167	DI ITTIRI	1.935.844	10,3	10,3	10,3
SS125	ORIENTALE SARDA	170.893.307	25,5	40,5	0,6
SS127	SETTENTRIONALE SARDA	187.275.531	12,6	22,0	0,3
SS127bis	SETTENTRIONALE SARDA	12.983.559	98,6	180,2	3,1
SS128bis	CENTRALE SARDA	71.628.557	7,0	11,4	0,8
SS129	TRASVERSALE SARDA	5.345.208	11,2	37,4	0,0
SS131	CARLO FELICE	672.509.131	10,4	16,7	0,1
SS131bis	CARLO FELICE	27.046.980	6,7	12,6	0,7
SS131dir-centr	NUORESE	200.048.594	7,2	11,0	0,3
SS132	DI OZIERI	24.439.667	4,1	7,4	0,0
SS133	DI PALAU	43.957.911	11,4	19,6	0,9
SS133bis	DI PALAU	22.170.798	8,1	10,8	0,9
SS134	DI CASTEL SARDO	166.972	239,6	359,3	0,0
SS199	DI MONTI	52.203	383,1	1149,3	0,0
SS200	DELL'ANGLONA	76.794.617	18,2	34,4	0,8
SS291	DELLA NURRA	43.107.619	35,3	58,0	1,4
SS291var	DELLA NURRA	8.894.300	6,7	20,2	4,5
SS292	NORD OCCIDENTALE SARDA	20.454.624	13,7	21,5	0,0
SS292dir	NORD OCCIDENTALE SARDA	6.801.951	8,8	11,8	0,0
SS389	DI BUDDUSO' E DEL CORREBOI	9.216.588	17,4	19,5	4,3
SS389dir-a	DI BUDDUSO' E DEL CORREBOI	4.590.940	13,1	17,4	0,0
SS392	DEL LAGO DEL COGHINAS	15.979.772	10,0	12,5	0,0
SS427	DELLA GALLURA CENTRALE	31.034.173	5,2	7,7	0,0
SS597	DI LOGUDORO	155.674.228	7,6	16,8	0,6
SS672	SASSARI - TEMPIO	62.581.846	5,1	11,5	0,6
SS729	SASSARI - OLBIA	122.019.693	6,6	13,6	0,0
<b>PROVINCIA DI SASSARI</b>		<b>1.997.604.612</b>	<b>12,1</b>	<b>20,6</b>	<b>0,4</b>
SS126	SUD OCCIDENTALE SARDA	28.234.835	12,8	21,3	1,4
SS128	CENTRALE SARDA	3.551.451	33,8	50,7	5,6
SS129bis	TRASVERSALE SARDA	26.078.296	23,8	43,7	0,0
SS131	CARLO FELICE	615.592.898	3,8	6,3	0,3
SS131dir-centr	NUORESE	90.393.150	5,3	8,4	0,2
SS292	NORD OCCIDENTALE SARDA	147.727.554	8,0	13,0	0,1
SS388	DEL TIRSO E DEL MANDROLISAI	65.832.187	8,8	15,8	1,5
SS442	DI LACONI E DI URAS	25.795.690	7,8	12,4	0,8
<b>PROVINCIA DI ORISTANO</b>		<b>1.003.206.061</b>	<b>20,3</b>	<b>34,9</b>	<b>0,7</b>
SS125	ORIENTALE SARDA	122.163.039	27,0	41,1	2,0
SS125var	NUOVA SS125	9.790.218	22,5	32,7	2,0
SS128	CENTRALE SARDA	93.444.757	6,6	8,8	0,6
SS129	TRASVERSALE SARDA	170.664.308	13,2	25,7	1,6
SS129bis	TRASVERSALE SARDA	24.569.367	25,2	53,7	0,8
SS131	CARLO FELICE	156.245.226	5,0	9,5	0,0
SS131dir-centr	NUORESE	836.306.216	4,4	7,5	0,2
SS198	DI SEUI E LANUSEI	95.011.466	8,2	13,7	0,6
SS295	DI ARITZO	18.808.399	12,8	12,8	0,0
SS388	DEL TIRSO E DEL MANDROLISAI	14.059.057	10,0	12,8	1,4
SS389	DI BUDDUSO' E DEL CORREBOI	33.790.329	32,0	55,0	1,2
SS389dir-b	DI BUDDUSO' E DEL CORREBOI	16.639.481	4,8	6,0	0,0
SS389var	DI BUDDUSO' E DEL CORREBOI	107.212.133	2,6	5,6	0,6
SS390	DI BARI SARDO	3.026.286	138,8	231,3	0,0
<b>PROVINCIA DI NUORO</b>		<b>1.701.730.280</b>	<b>8,5</b>	<b>14,4</b>	<b>0,6</b>
SS125	ORIENTALE SARDA	7.873.763	63,5	78,7	2,5
SS125var	NUOVA SS125	165.893.041	3,7	6,3	0,1
SS126	SUD OCCIDENTALE SARDA	213.273.123	13,1	25,1	0,7
SS126dir	SUD OCCIDENTALE SARDA	44.650.608	2,7	9,4	0,0
SS128	CENTRALE SARDA	162.808.672	7,5	15,2	0,4
SS130	IGLESIENTE	249.431.423	7,6	11,8	0,6
SS130dir	IGLESIENTE	17.390.671	9,2	21,9	0,0
SS131	CARLO FELICE	597.965.762	5,3	8,9	0,2
SS195	SULCITANA	132.852.998	5,6	10,5	0,6
SS196	DI VILLACIDRO	120.631.564	12,9	24,7	2,0
SS196dir	DI VILLACIDRO	29.301.087	13,0	22,5	0,0
SS197	DI SAN GAVINO E DEL FLUMINI	187.409.746	7,0	13,4	0,5
SS198	DI SEUI E LANUSEI	26.869.470	8,9	11,2	0,0
SS293	DI GIBA	98.046.266	7,5	12,0	0,2
SS387	DEL GERREI	119.406.074	11,2	18,1	0,8
SS466	DI SIBIOLA	39.353.222	10,7	14,2	0,0
SS547	DI GUASILA	34.414.584	12,2	22,7	0,0
<b>PROVINCIA DI SUD SARDEGNA</b>		<b>2.247.572.073</b>	<b>7,9</b>	<b>13,8</b>	<b>0,5</b>
SS125var	NUOVA SS125	133.203.574	5,3	9,9	0,5
SS130	IGLESIENTE	213.002.175	14,7	29,1	0,3
SS130dir	IGLESIENTE	5.184.145	11,6	23,1	0,0
SS131	CARLO FELICE	169.162.860	9,6	16,2	0,5
SS131dir	CARLO FELICE	112.883.179	45,9	77,1	0,5
SS195	SULCITANA	296.034.277	14,7	23,9	0,7
SS195racc	VIA S. PAOLO	58.438.967	8,6	13,0	0,0
SS196	DI VILLACIDRO	15.504.423	7,7	16,8	0,0
SS387	DEL GERREI	67.157.370	8,0	16,4	0,9
SS391	DI ELMAS	7.627	1311,8	15734,2	0,0
SS554	CAGLIARITANA	283.689.518	14,3	23,5	0,6
<b>CITTA' METROPOLITANA DI CAGLIARI</b>		<b>1.354.268.114</b>	<b>13,0</b>	<b>22,9</b>	<b>0,8</b>
<b>TOTALE</b>		<b>8.304.381.140</b>	<b>10,0</b>	<b>17,1</b>	<b>0,5</b>

Fonte: elaborazione META

Tabella 10. Tassi di incidentalità, lesività e mortalità sulla rete stradale – tutti i sinistri



I medesimi tassi possono essere determinati anche facendo riferimento ai soli sinistri che hanno coinvolto almeno un mezzo pesante, come indicato in Tabella 11. Emerge in questo caso una variabilità ancora maggiore, caratterizzata da picchi su diramazioni di importanti direttrici, quali la SS127bis e la SS129bis<sup>3</sup>, a fronte di valori minimi riscontrati sulla viabilità di maggior impiego, quale segnatamente la SS131 “Carlo Felice”.

COD	NOME STRADA	Pesanti*km / anno	n° incidenti per 100 Mvkm	persone coinvolte per 100 Mvkm	n° morti per 100 Mvkm
SS125	ORIENTALE SARDA	1.198.726	333,7	467,2	0,0
SS127	SETTENTRIONALE SARDA	3.037.067	92,2	138,3	0,0
SS127bis	SETTENTRIONALE SARDA	43.979	1364,3	1364,3	0,0
SS128bis	CENTRALE SARDA	243.678	82,1	164,2	82,1
SS131	CARLO FELICE	45.350.242	26,9	42,8	0,4
SS133	DI PALAU	93.408	642,3	1284,7	0,0
SS200	DELL'ANGLONA	493.671	283,6	567,2	0,0
SS291	DELLA NURRA	576.092	173,6	277,7	34,7
SS427	DELLA GALLURA CENTRALE	135.042	296,2	740,5	0,0
SS597	DI LOGUDORO	11.834.395	22,0	32,1	5,1
SS672	SASSARI - TEMPIO	2.657.636	45,2	82,8	0,0
SS729	SASSARI - OLBIA	7.505.514	8,0	18,7	0,0
<b>PROVINCIA DI SASSARI</b>		<b>73.169.452</b>	<b>37,7</b>	<b>60,4</b>	<b>1,6</b>
SS126	SUD OCCIDENTALE SARDA	658.866	91,1	121,4	0,0
SS129bis	TRASVERSALE SARDA	9.899	2020,4	4040,9	0,0
SS131	CARLO FELICE	59.858.967	11,0	18,7	1,0
SS292	NORD OCCIDENTALE SARD/	1.108.068	90,2	234,6	0,0
SS388	DEL TIRSO E DEL MANDROL	94.637	1056,7	1268,0	211,3
<b>PROVINCIA DI ORISTANO</b>		<b>61.730.437</b>	<b>33,0</b>	<b>55,7</b>	<b>1,3</b>
SS125	ORIENTALE SARDA	1.198.689	166,8	283,6	16,7
SS128	CENTRALE SARDA	22.814	876,6	876,6	0,0
SS129	TRASVERSALE SARDA	1.147.850	209,1	365,9	17,4
SS129bis	TRASVERSALE SARDA	52.043	1537,2	3074,4	0,0
SS131	CARLO FELICE	20.023.418	6,0	10,0	0,0
SS198	DI SEUI E LANUSEI	233.333	257,1	514,3	0,0
SS295	DI ARITZO	25.972	770,0	770,0	0,0
SS389	DI BUDDUSO' E DEL CORRE	112.446	889,3	889,3	0,0
SS390	DI BARI SARDO	89.285	448,0	672,0	0,0
<b>PROVINCIA DI NUORO</b>		<b>22.905.850</b>	<b>38,4</b>	<b>62,9</b>	<b>1,7</b>
SS126	SUD OCCIDENTALE SARDA	2.933.297	75,0	129,5	6,8
SS128	CENTRALE SARDA	1.185.938	67,5	202,4	0,0
SS130	IGLESIENTE	8.618.031	27,8	44,1	2,3
SS131	CARLO FELICE	45.170.815	16,4	23,5	1,3
SS195	SULCITANA	283.295	141,2	211,8	0,0
SS196	DI VILLACIDRO	6.390.725	40,7	81,4	3,1
SS197	DI SAN GAVINO E DEL FLUM	971.903	102,9	288,1	0,0
SS198	DI SEUI E LANUSEI	114.361	174,9	174,9	0,0
SS293	DI GIBA	1.343.987	74,4	133,9	0,0
SS387	DEL GERREI	260.938	76,6	153,3	0,0
SS466	DI SIBIOLA	744.825	107,4	134,3	0,0
SS547	DI GUASILA	494.553	161,8	161,8	0,0
<b>PROVINCIA DI SUD SARDEGNA</b>		<b>68.512.668</b>	<b>28,9</b>	<b>48,8</b>	<b>1,8</b>
SS130	IGLESIENTE	4.597.605	100,1	152,3	0,0
SS131	CARLO FELICE	9.278.872	15,1	19,4	0,0
SS131dir	CARLO FELICE	1.942.329	72,1	154,5	0,0
SS195	SULCITANA	8.694.598	62,1	101,2	9,2
SS196	DI VILLACIDRO	581.011	34,4	68,8	0,0
SS387	DEL GERREI	692.421	57,8	57,8	0,0
SS391	DI ELMAS	7.627	2622,4	2622,4	0,0
SS554	CAGLIARITANA	6.568.200	103,5	194,9	0,0
<b>CITTA' METROPOLITANA DI CAGLIARI</b>		<b>32.362.662</b>	<b>61,2</b>	<b>103,2</b>	<b>3,7</b>
<b>TOTALE</b>		<b>258.681.070</b>	<b>33,2</b>	<b>55,1</b>	<b>1,7</b>

Fonte: elaborazione META

Tabella 11. Tassi di incidentalità, lesività e mortalità sulla rete stradale – sinistri con veicoli pesanti

<sup>3</sup> Nel considerare questi valori, occorre comunque tenere presente che la stima del volume di traffico pesante fa riferimento ai soli movimenti effettuati da veicoli *commerciali*, mentre esclude quelli effettuati da veicoli operativi (mezzi per manutenzione stradale, raccolta rifiuti, ecc...), non riconducibili alla matrice origine/destinazione, ma comunque tali da costituire presumibilmente una componente importante del flusso sulle arterie a minor traffico.



### 3.5. Calcolo della probabilità di sinistro per la Regione Sardegna

La probabilità complessiva di un sinistro, che coinvolga un'autocisterna criogenica è stata calcolata sulla base delle statistiche degli incidenti stradali dell'ultimo quinquennio, presentate nei precedenti paragrafi, ponderando i dati relativi agli eventi che coinvolgono veicoli pesanti con quelli relativi al numero totale dei sinistri.

In particolare, per ciascun arco si sono considerati:

- il numero totale di incidenti  $N_T$ ;
- il numero totale di incidenti con coinvolgimento di mezzi pesanti  $N_P$ .

e si sono determinati gli indici:

- di incidentalità totale:  $i_T = N_T / 100 \text{ Mvkm totali}$
- di incidentalità pesante:  $i_P = N_P / 100 \text{ Mvkm pesanti}$

riferiti ad un singolo anno<sup>4</sup>.

Per ovviare al fatto che molte strade sono praticamente prive di traffico pesante (quanto meno simulato dal modello), come indicatore di probabilità del sinistro è stato utilizzato l'indice di incidentalità medio ponderato:

$$i = \alpha i_P + (1-\alpha i_T)$$

con  $\alpha$  posto in prima approssimazione pari a 0,1.

Tale indice rappresenta la probabilità che si verifichi un evento incidentale che interessi un'autocisterna criogenica, ogni 100 Mvkm di traffico generati dalle autocisterne stesse, con le seguenti ulteriori avvertenze:

- a) in assenza di dati esattamente georiferiti relativi alla localizzazione dei singoli eventi incidentali, il calcolo è avvenuto assumendo come unità minima di riferimento, per le strade statali, la combinazione tra il codice amministrativo (ad es. SS131) ed il Comune in cui si è verificato l'incidente, mentre per il resto della rete si è fatto riferimento ai valori medi di incidentalità residui, rilevati a livello comunale, rapportati ai volumi di traffico simulati sul resto della rete;
- b) per ovviare a (occasionalmente) situazioni caratterizzate da completa assenza di sinistri – spesso associata ad arterie stradali e/o a circoscrizioni territoriali caratterizzate da modestissimi livelli di traffico, si è assunta una soglia minima di rischio pari all'incidentalità media della provincia di riferimento sulla rete locale (con l'esclusione quindi delle strade statali).

Dalla letteratura scientifica sull'argomento, emerge che la stima del danno dovrebbe inoltre essere stratificata in funzione dell'evento incidentale preso in esame: ad esempio, un'esplosione ha una certa probabilità di coinvolgere la popolazione residente nelle vicinanze, mentre un ribaltamento con sversamento di materiale può impattare maggior-mente sulle aree di pregio ambientale. In assenza

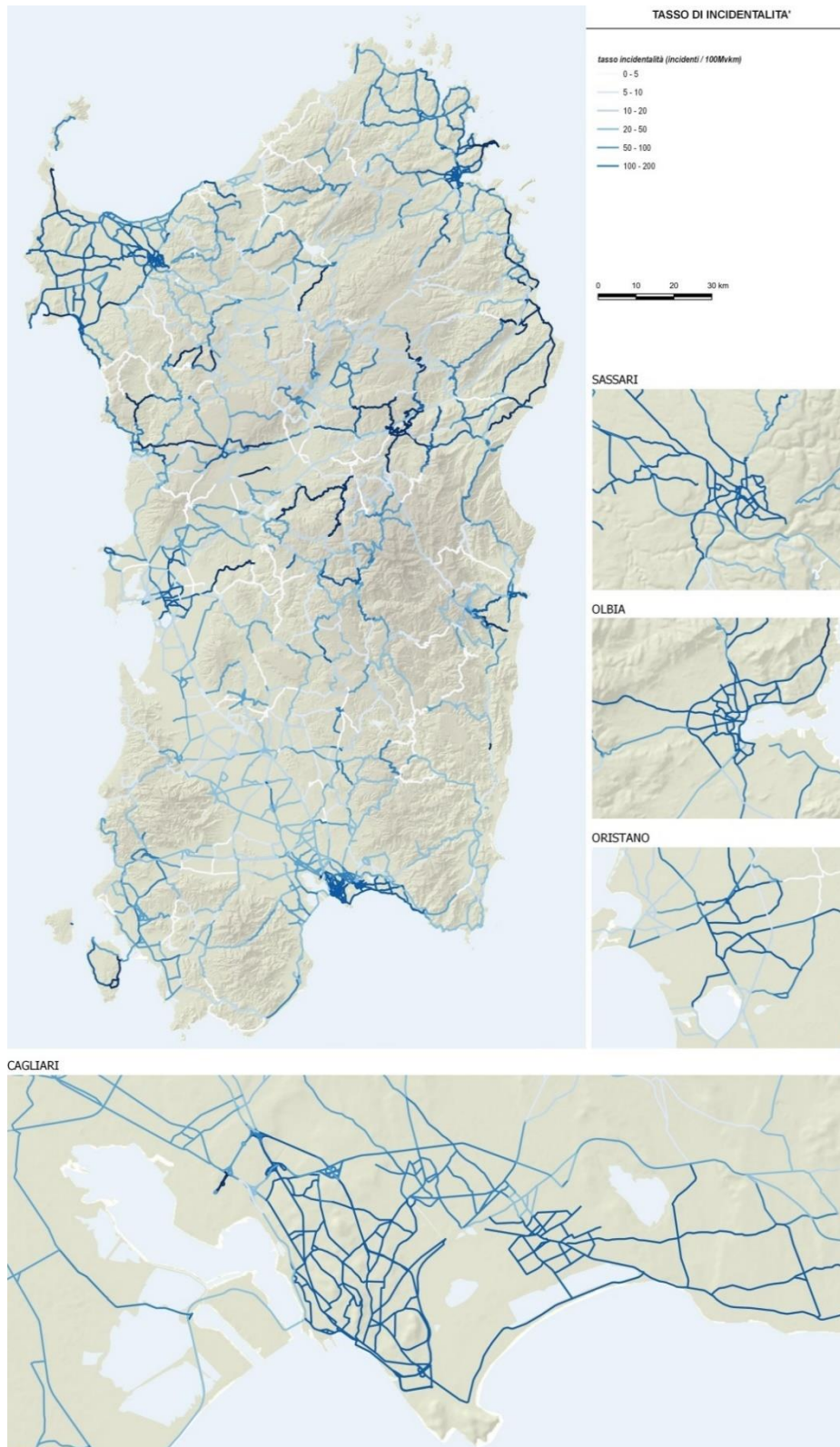
<sup>4</sup> In altri termini, il valore cumulato degli incidenti verificatisi nel quinquennio 2014-2018 è stato rapportato a un volume di traffico pari a cinque volte il valore medio annuo risultante dalle simulazioni effettuate.

di elementi specifici atti a ripartire la probabilità di incidente fra le loro diverse possibili tipologie il rischio, in prima approssimazione si è operato senza introdurre alcuna distinzione tra i singoli eventi.

Nella Figura 8, l'indice così calcolato per singolo arco viene restituito cartograficamente.

Ne emerge una distribuzione dei rischi diffusa su tutto il territorio. Se da un lato gli archi stradali di rischio medio-alto si concentrano presso i principali nodi urbani e lungo alcuni tratti di costa, dall'altra gli archi maggiormente frequentati, su tutti la SS131, risultano piuttosto sicuri.

Ciò è dovuto in buona parte agli standard di sicurezza della viabilità sovracomunale che pare in grado di sostenere agevolmente l'eventuale carico aggiuntivo di mezzi volti al rifornimento di GNL. Piuttosto pare necessario analizzare nel dettaglio il contesto di origine-destinazione del cosiddetto ultimo miglio che, percorrendo archi stradali interni ai contesti urbani e/o locali, andrà definita con particolare attenzione.



Fonte: elaborazione META  
 Figura 8. Stima della probabilità di incidente

## 4. Calcolo dell'indicatore di danno potenziale

### 4.1. Generalità

Oltre a considerare i tassi di incidentalità, cioè la probabilità che si verifichi un evento incidentale, la costruzione del coefficiente di rischio deve tener conto dei possibili danni associati all'evento: per esempio un conto è avere un incidente in una galleria con intenso traffico, diverso averlo in aperta campagna su strade con transiti ridotti; un conto l'incidente in ambito rurale, diverso in ambito urbano densamente abitato.

Per fare ciò, dati per assunti i punti precedenti, la procedura per il calcolo dell'indicatore del danno potenziale tiene conto di tre distinti fattori:

- la presenza di traffico leggero, ovvero la possibilità che un evento incidentale interessi **persone presenti su altri veicoli in transito**
- la **popolazione residente all'intorno dell'asse stradale**, potenzialmente esposta ai rischi del sinistro
- ulteriori elementi relativi alla **vulnerabilità ambientale** del contesto.

### 4.2. Persone presenti su altri veicoli in transito

La presenza di persone presenti su altri veicoli in transito è facilmente desumibile dalle stesse simulazioni di traffico: detta  $t_{inc}$  la durata di un evento incidentale, la probabilità che in tale intervallo di tempo si verifichi il transito di un altro veicolo è data semplicemente da.

$$p_{tr} = (F_A + F_B) \frac{t_{inc}}{T_{oss}}$$

dove  $F_A$  ed  $F_B$  sono i flussi di traffico stimati sull'arco (espressi ad esempio in veicoli/giorno), e  $T_{oss}$  il corrispondente tempo di osservazione (in questo caso, un giorno).

Il numero di persone potenzialmente transitanti sulla strada durante l'evento incidentale può essere così determinato moltiplicando la probabilità di transito per il coefficiente medio di occupazione dei veicoli.

Beninteso, questo modo di procedere consente di determinare la probabilità media giornaliera che nel corso dell'evento incidentale si manifesti il transito di un certo numero di persone. È possibile peraltro ipotizzare, da un lato, che i movimenti di autocisterne si verifichino in ore della giornata caratterizzate dalla minor presenza di traffico e, dall'altro, che efficaci sistemi di allarme consentano di limitare la durata critica dell'evento alle sole fasi precedenti l'avvio di tali sistemi, con conseguente possibilità di blocco della circolazione sull'asse stradale esaminato.

In prima approssimazione, si è assunto un coefficiente di occupazione pari ad 1,2 persone/veicolo leggero e 1,0 persone/veicolo pesante, mentre la durata critica dell'evento incidentale è stata posta pari a 30 secondi.

#### 4.3. Popolazione esposta all'intorno dell'asse stradale

Ogni arco stradale ha nell'intorno di un certo buffer definito dei residenti e degli addetti che, in caso di incidente, potrebbero essere in parte interessati dagli effetti dello stesso.

Senza entrare nel merito dei singoli casi specifici, si può fare riferimento a tutti gli incidenti con fuoriuscita di liquidi e/o gas che, a seconda dei casi possono propagarsi nell'aria per una certa distanza attorno al sito del sinistro.

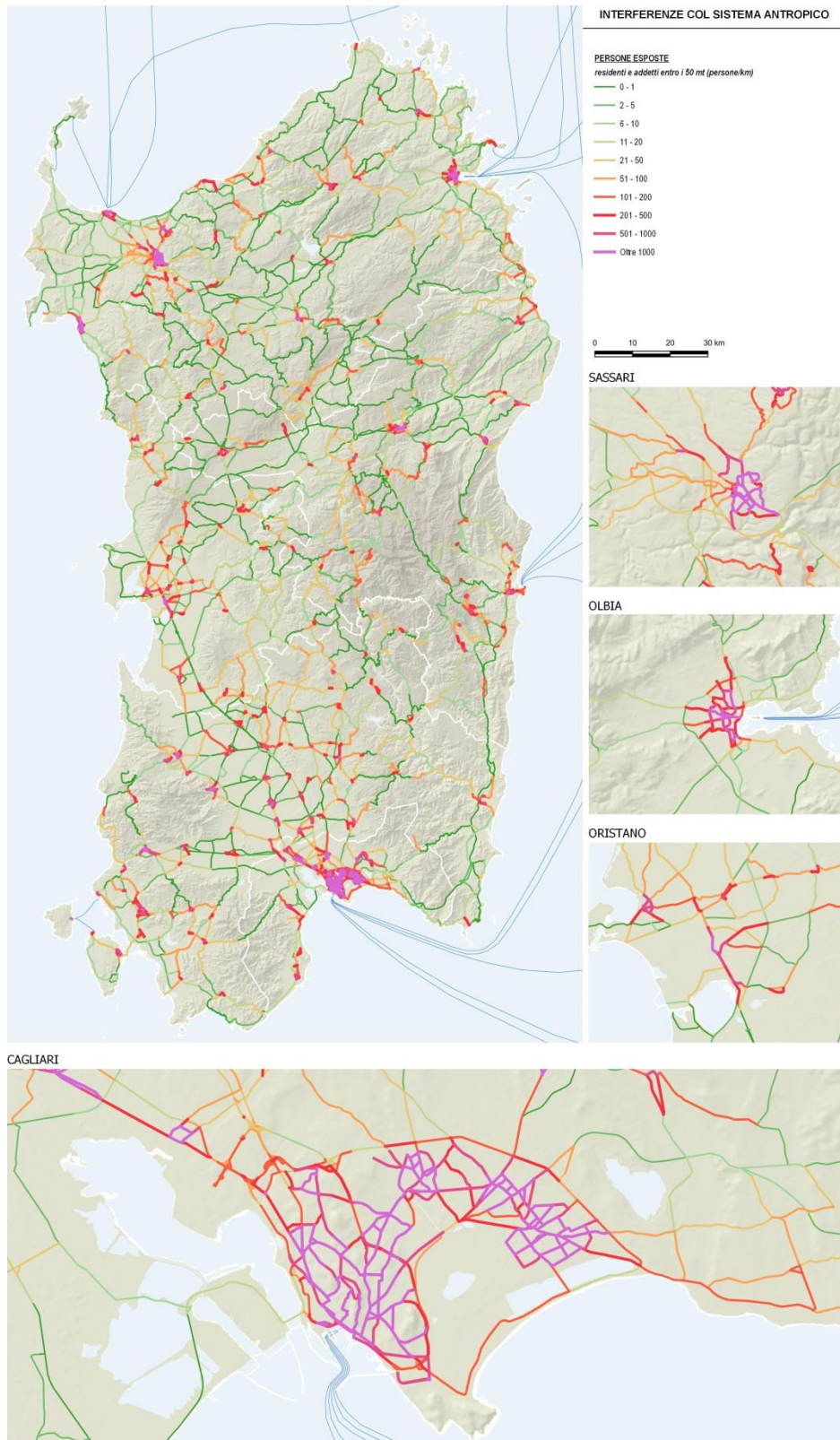
Si è pertanto definito un indicatore di popolazione esposta facendo riferimento alla presenza di residenti e addetti (dato ISTAT per sezione di censimento) in un buffer di 50 metri dall'arco stradale considerato definito a priori come valore di riferimento per una simulazione di massima.

Ciò permette, come definito dall'immagine seguente, di evidenziare gli archi stradali su cui è maggiore la popolazione esposta che, come ovvio, si concentrano soprattutto negli ambiti urbani delle principali città sarde (Figura 9).

Se da un lato la criticità dell'attraversamento dei centri urbani, in particolare per i mezzi che trasportano merci è cosa nota, non solamente per una questione di rischio reale, ma anche di rischio percepito, oltre che di influenza sul traffico locale, l'indicatore mette in luce come anche la rete principale, concentrata prevalentemente su infrastrutture extraurbane, attraversa alcune piccole concentrazioni di popolazione esposta, da considerare nello scenario di movimentazione del GNL.

Infatti, anche se non si registrano valori superiori alle 100 persone esposte in contesti extraurbani, spesso si incontrano casi in cui, pur per brevi tratte, l'asse stradale vede la presenza superiore alle 500 persone nel *buffer* considerato a riferimento.





Fonte: elaborazione META  
 Figura 9. Identificazione della popolazione esposta

#### 4.4. Elementi relativi alla vulnerabilità ambientale

Oltre all'esposizione al rischio delle persone è stata presa in considerazione anche quella dell'ambiente.

Per fare ciò si è considerato un fattore di vulnerabilità ambientale considerando territori vulnerabili quelli attraversati da archi stradali.

Tale indicatore presuppone una mappatura delle aree di valenza ambientale, in cui gli effetti di incidenti con propagazione di liquidi e/o gas potrebbero incidere sulle caratteristiche naturali dell'introno.

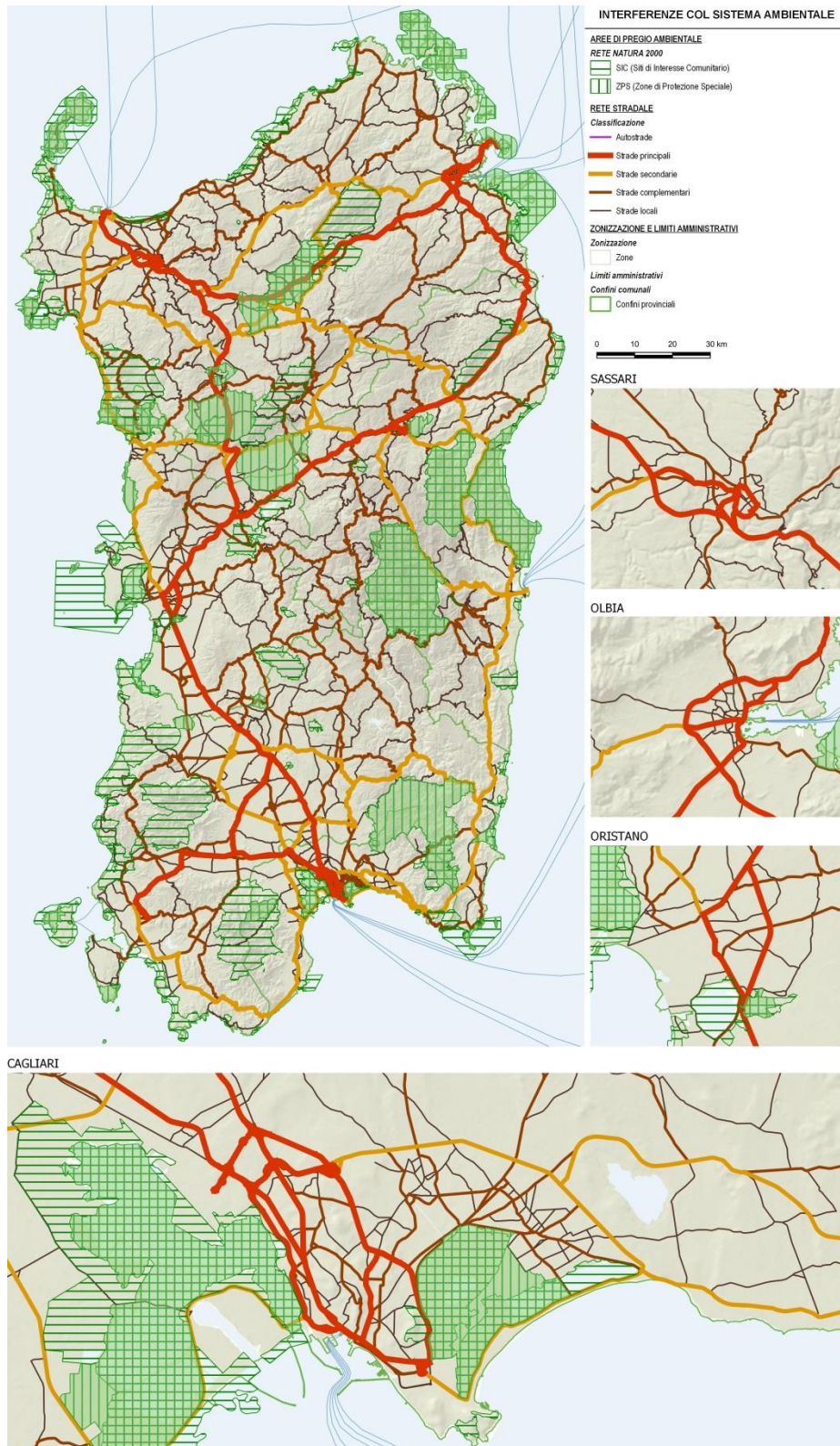
Ferma restando la possibilità di disporre di dati di maggior dettaglio, in prima battuta sono stati considerati i siti della rete Natura2000 quale sistema coordinato e coerente (una rete) di aree (siti di importanza comunitaria SIC e zone di protezione speciale ZPS) destinate alla conservazione della diversità biologica presente nel territorio dell'Unione Europea (Figura 10).

Come possibile osservare nell'immagine seguente, buona parte delle infrastrutture extraurbane si concentrano ovviamente al di fuori delle aree naturali. Ciò però non si verifica in tutti i casi, infatti è possibile notare come anche alcuni dei principali assi viari attraversano aree protette di rilievo comunitario.

Ciò avviene in particolare in alcuni casi nel quadrante nord del territorio regionale dove i collegamenti ad alto scorrimento Sassari-Olbia, Nuoro-Olbia, Oristano-Sassari attraversano rispettivamente SIC e ZPS definiti.

Da segnalare anche alcune aree interessate all'uscita dai punti di origine del GNL presso il porto di Oristano.





Fonte: elaborazione META  
 Figura 10. Identificazione della vulnerabilità ambientale



#### 4.5. Calcolo dell'indicatore di danno potenziale e riepilogo dei risultati

Un riepilogo dei risultati ottenuti, in termini di esposizione al rischio su ciascuna strada statale, è riportato nella Tabella 12.

Tali valori sono presentati in forma aggregata per provincia ed unità amministrativa di rete, ma vengono in realtà determinati a livello di singolo arco stradale, dando luogo ad una "mappa del danno potenziale" in caso di sinistro occorrente ad una autocisterna criogenica (Figura 11).

A tal fine, è necessario in primo luogo stimare, dal numero di persone coinvolte il **numero potenziale di feriti e decessi** a seguito dell'incidente, sulla base degli indicatori di lesività e letalità, calcolati a livello di singolo arco partendo dai dati di incidentalità analizzati nel paragrafo 0.

Stimati feriti e decessi, è possibile calcolare l'indicatore di danno potenziale sulla base della seguente formulazione:

$$D_p = F_p * V_F + M_p * V_M + AP_p * V_{AP}$$

Dove  $F_p$ ,  $M_p$ ,  $AP_p$  corrispondono al numero rispettivamente al numero di feriti, decessi e all'estensione di aree di pregio ambientale (in ettari) potenzialmente coinvolte nel caso di incidente, mentre  $V_F$ ,  $V_M$  e  $V_{AP}$  corrispondono ai valori loro economici, stimati da letteratura.

In particolare, è possibile assumere per l'Italia i seguenti valori (European Commission 2019):

- Decesso: 3,2 milioni di €
- Ferita grave: 0,5 milioni di €
- Ferita leggera: 0,04 milioni di €

Fonte:

COD	NOME STRADA	flussi veicolari leggeri	interferenza siti Rete Natura 2000	popolazione esposta
		legg/km/ giorno	km	persone
NSA167	DI ITTIRI	3.928	0	49
NSA319	DI BUDDUSO' E DEL CORREBOI	987	0	97
NSA325	SCALA RUIA - TEMPIO	21.781	0	3
SS125	ORIENTALE SARDA	137.729	0	3.386
SS127	SETTENTRIONALE SARDA	156.539	0	4.331
SS127bis	SETTENTRIONALE SARDA	3.379	0	311
SS128bis	CENTRALE SARDA	58.696	1	2.931
SS129	TRASVERSALE SARDA	108.725	0	610
SS131	CARLO FELICE	468.451	7	0
SS131bis	CARLO FELICE	72.508	0	131
SS131dir-centr	NUORESE	32.643	0	34
SS132	DI OZIERI	6.001	21	772
SS133	DI PALAU	52.417	0	613
SS133bis	DI PALAU	7.915	0	377
SS134	DI CASTEL SARDO	3.979	0	2.066
SS199	DI MONTI	38	0	166
SS200	DELL'ANGLONA	43.639	0	1.532
SS291	DELLA NURRA	32.184	0	67
SS291dir	DEL CALIK	2.878	1	24
SS291war	DELLA NURRA	84.398	0	221
SS291war-a	DELLA NURRA	44	0	5
SS292	NORD OCCIDENTALE SARDA	179.182	13	872
SS292dir	NORD OCCIDENTALE SARDA	117.013	0	600
SS389	DI BUDDUSO' E DEL CORREBOI	3.705	0	1.175
SS389dir-a	DI BUDDUSO' E DEL CORREBOI	1.005	0	124
SS392	DEL LAGO DEL COGHINAS	1.016	10	512
SS427	DELLA GALLURA CENTRALE	3.755	0	1.598
SS597	DI LOGUDORO	35.418	24	20
SS672	SASSARI - TEMPIO	31.725	0	0
SS729	SASSARI - OLBIA	84.348	18	127
<b>PROVINCIA DI SASSARI</b>		<b>1.756.028</b>	<b>96</b>	<b>22.755</b>
SS126	SUD OCCIDENTALE SARDA	52.587	0	1.363
SS128	CENTRALE SARDA	979	0	522
SS129bis	TRASVERSALE SARDA	10.615	0	589
SS131	CARLO FELICE	303.557	1	213
SS131dir-centr	NUORESE	76.064	1	135
SS292	NORD OCCIDENTALE SARDA	370.890	0	3.006
SS388	DEL TIRSO E DEL MANDROLISAI	42.054	0	1.714
SS442	DI LACONI E DI URAS	28.916	0	811
<b>PROVINCIA DI ORISTANO</b>		<b>885.661</b>	<b>2</b>	<b>8.352</b>
EX SS125	ORIENTALE SARDA	193.362	0	1.632
EX SS131	CARLO FELICE	4.600	0	108
EX SS389	DI BUDDUSO' E DEL CORREBOI	108.854	0	580
SS125	ORIENTALE SARDA	225.238	5	4.068
SS125dir	ORIENTALE SARDA	47.795	0	2.199
SS125war	NUOVA SS125	19.481	0	50
SS128	CENTRALE SARDA	34.490	0	4.537
SS129	TRASVERSALE SARDA	495.515	14	1.795
SS129bis	TRASVERSALE SARDA	52.929	0	261
SS131	CARLO FELICE	225.991	6	36
SS131dir-centr	NUORESE	287.857	2	295
SS198	DI SEUI E LANUSEI	80.089	0	2.975
SS295	DI ARITZO	75.609	0	1.566
SS388	DEL TIRSO E DEL MANDROLISAI	303.694	0	419
SS389	DI BUDDUSO' E DEL CORREBOI	671.341	0	628
SS389dir-b	DI BUDDUSO' E DEL CORREBOI	11.273	0	1.145
SS389war	DI BUDDUSO' E DEL CORREBOI	25.131	17	8
SS390	DI BARI SARDO	1.779	0	1.873
SS537	DI GHILARZA	117	0	482
<b>PROVINCIA DI NUORO</b>		<b>2.865.146</b>	<b>44</b>	<b>24.656</b>
EX SS125	ORIENTALE SARDA	145.332	3	1.937
EX SS128	CENTRALE SARDA	108.797	0	1.281
SS125	ORIENTALE SARDA	225.237	0	0
SS125war	NUOVA SS125	24.204	1	17
SS126	SUD OCCIDENTALE SARDA	774.418	10	3.593
SS126dir	SUD OCCIDENTALE SARDA	3.290	0	257
SS128	CENTRALE SARDA	1.276.624	0	1.814
SS130	IGLESIENTE	171.691	0	88
SS130dir	IGLESIENTE	435.932	0	1.078
SS131	CARLO FELICE	978.194	0	380
SS195	SULCITANA	393.754	0	2.706
SS196	DI VILLACIDRO	324.700	0	555
SS196dir	DI VILLACIDRO	160.395	0	2.883
SS197	DI SAN GAVINO E DEL FLUMINI	208.336	0	1.772
SS198	DI SEUI E LANUSEI	7.159	1	645
SS293	DI GIBA	172.488	1	1.740
SS387	DEL GERREI	754.316	5	1.702
SS466	DI SIBIOLA	69.787	0	29
SS547	DI GUASILA	50.843	0	2.000
<b>PROVINCIA DI SUD SARDEGNA</b>		<b>6.285.496</b>	<b>21</b>	<b>24.476</b>
EX SS554	CAGLIARITANA	58.148	0	361
N SS128	CENTRALE SARDA	19.490	0	92
NSA371	EX S.S. N. 125 ORIENTALE SARD/	267.097	0	15
SS125war	NUOVA SS125	415.350	4	8
SS130	IGLESIENTE	1.494.256	0	1.566
SS130dir	IGLESIENTE	9.095	0	41
SS131	CARLO FELICE	1.436.800	0	293
SS131dir	CARLO FELICE	3.484.798	0	934
SS195	SULCITANA	304.597	8	2.029
SS195racc	VIA S. PAOLO	1.134.829	0	530
SS196	DI VILLACIDRO	4.128.716	0	44
SS387	DEL GERREI	346.094	0	84
SS391	DI ELMAS	0	0	368
SS554	CAGLIARITANA	2.641.317	0	3.053
<b>CITTA' METROPOLITANA DI CAGLIARI</b>		<b>15.740.587</b>	<b>12</b>	<b>9.418</b>
<b>TOTALE</b>		<b>27.532.918</b>	<b>174</b>	<b>89.658</b>

elaborazione META

Tabella 12. Esposizione al rischio incidentale per strada

Non distinguendo il dato ISTAT utilizzato la natura delle ferite, nella presenta elaborazione è stato considerato soltanto il valore della ferita leggera.

Ad esempio, se la popolazione presente è di 40 persone, le probabilità di morte e di lesioni sono rispettivamente il 10% e il 100%, mentre il valore della vita umana è 3,2 milioni di euro e quello delle lesioni 40.000 €, il danno potenziale può essere determinato come:

$$D = 40 \times (0,10 \times 3.200.000 + 0,90 \times 40.000) = 40 \times (320.000 + 36.000) = 356.000 \text{ €}$$

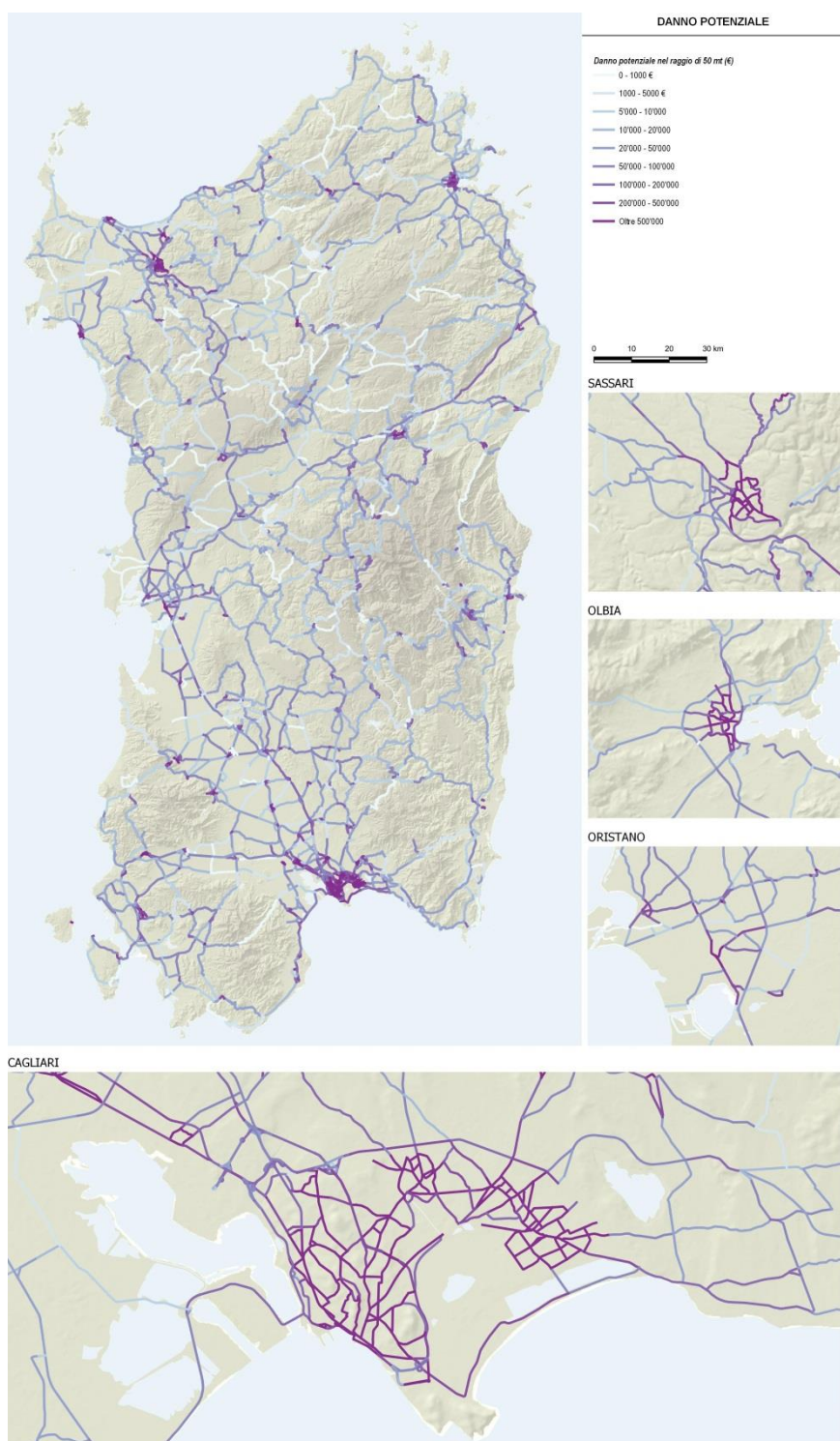
Ed assumendo un indice totale di incidentalità di 10 eventi ogni 100 Mvkm il coefficiente di rischio diventa:

$$10 / 100 \text{ Mvkm} \times 356.000 \text{ €} = 10 \times 0,36 / 100 \text{ €/vkm} = 0,036 \text{ €/vkm}$$

che è un fattore di costo chilometrico utilizzabile in assegnazione.

Per quanto riguarda invece le aree di pregio ambientale, viene assunto un valore medio di riferimento per i siti Rete Natura 2000 di circa 3mila €/ha (ten Brink *et al*, 2011).

Avendo determinato tali valori a livello di singolo arco, è possibile dar luogo ad una “mappa del danno potenziale” in caso di sinistro occorrente ad una autocisterna criogenica (Figura 11). Questa evidenzia ancora una volta i centri urbani, dove naturalmente si concentra la popolazione residente e lavoratrice, ma anche il reticolo viario principale, dove i flussi veicolari risultano più elevati. Emergono invece in misura minore le aree di pregio ambientale, questo a causa della forte asimmetria fra il valore economico a loro associato e quello riferito al ferimento o al decesso di una persona.



Fonte: elaborazione META

Figura 11. Mappa del danno potenziale associato agli archi stradali

## 5. Identificazione dei percorsi a minor rischio

### 5.1. Coefficiente di rischio complessivo

A seguito dell'analisi dell'incidentalità (paragrafo 4), che ha consentito di stimare la probabilità di incidente, e della stima del danno potenziale (paragrafo 5), è quindi possibile procedere col calcolo del coefficiente di rischio complessivo, secondo le modalità viste nel paragrafo 3 e riassumibili nella seguente formula sintetica

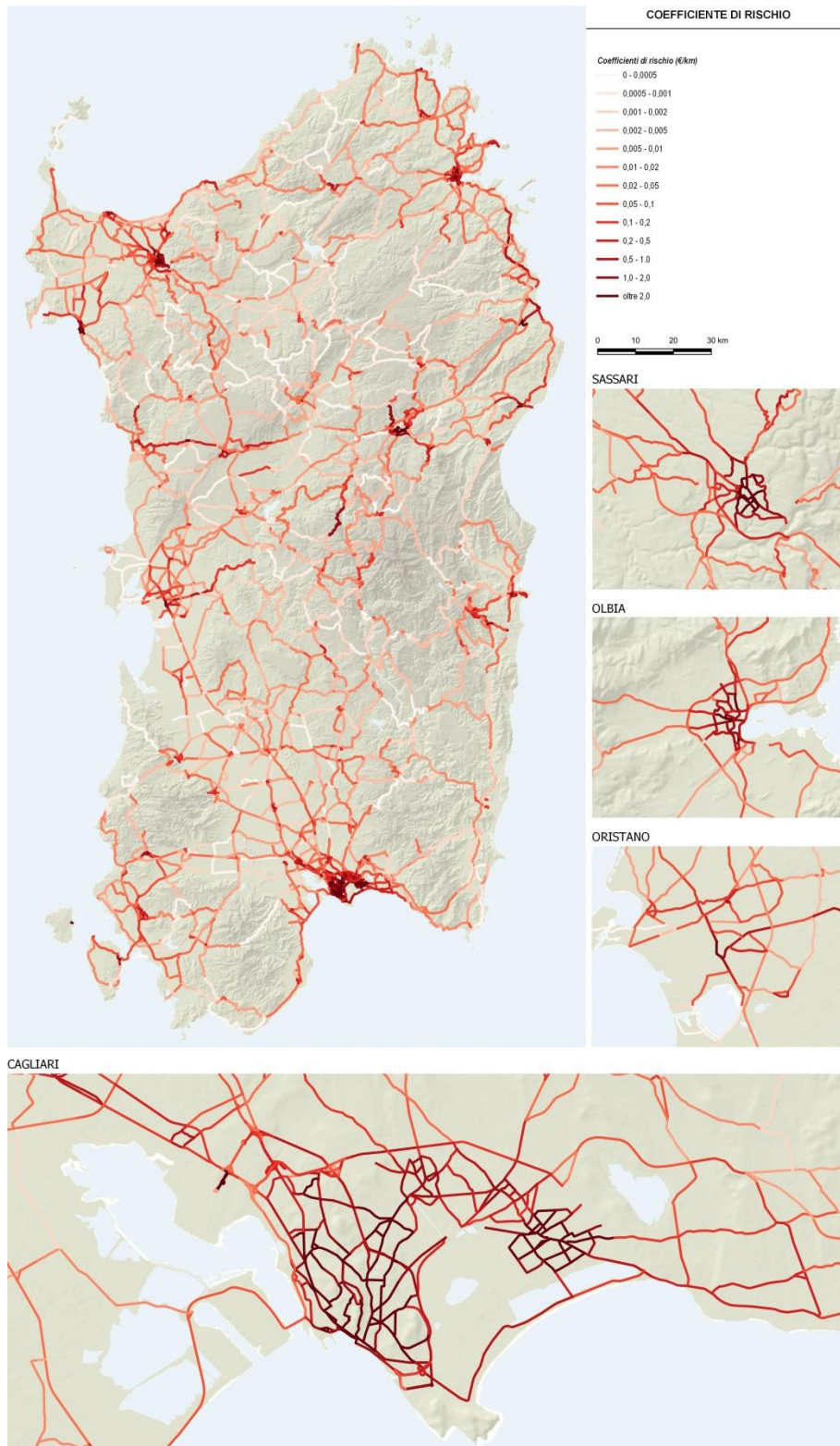
$$\text{Coefficiente di rischio} = \text{probabilità del sinistro} \times \text{danno potenziale}$$

Tale coefficiente, espresso in unità monetarie per 100 milioni di veicoli-km sulla rete (€/100 Mvkm), costituisce l'espressione sintetica del "costo sociale" associato alla circolazione delle autocisterne criogeniche sulla rete stradale sarda.

La rappresentazione cartografica del coefficiente di rischio (Figura 12), possibile grazie al fatto che entrambi i fattori sono stati calcolati a livello di singolo arco, evidenzia come i valori più alti (>1 €/km) si concentrino nelle aree urbane, dove sia la probabilità di incidente che il danno potenziale risultano elevati. All'estremo opposto vi sono (pochi) gruppi di archi caratterizzati da valori molto bassi (<0.001 €/km), attribuibili più a danni potenziali molto contenuti che a ridotti valori della probabilità di incidente.

Nel mezzo si colloca la maggior parte del reticolo stradale principale e secondario della regione, con situazioni molto differenziate anche riferendosi alla stessa infrastruttura stradale (si osservi ad esempio la Carlo Felice), sulla base dei flussi presenti, del contesto attraversato e della qualità dell'infrastruttura stradale stessa (e quindi della probabilità di incidente).





Fonte: elaborazione META

Figura 12. Mappa del coefficiente di rischio associato al transito di un'autocisterna criogenica

## 5.2. Minimizzazione del rischio ed itinerari stradali

L'individuazione degli itinerari stradali a minor rischio sociale viene effettuata mediante un semplice algoritmo di ricerca del costo minimo (Dijkstra), alimentato da:

- un primo insieme di uno o più punti di origine  $i$  (i porti di sbarco del GNL);
- un secondo insieme di punti di destinazione  $j$  (i punti rete);
- una rete stradale valorizzata con i coefficienti di rischio calcolati secondo le modalità descritte nel paragrafo precedente.

L'insieme degli archi assegnati restituirà il quadro degli itinerari di minimo rischio sulla rete stradale sarda, in rapporto alla configurazione proposta per la rete di distribuzione GNL.

In rapporto a tale risultato, andranno comunque considerati ulteriori elementi, tra cui i due seguenti:

- la configurazione della rete stradale sarda, tale da non consentire facili alternative ad alcuni assi stradali che, soprattutto per il traffico pesante costituiscono l'unica alternativa facilmente percorribile;
- l'identificazione, all'interno di ciascuna zona di traffico, delle scelte di itinerario di "ultimo miglio" che, di difficile definizione alla scala del presente approfondimento, andranno considerate in funzione delle decisioni prese in merito alla tipologia di distributori.

Oltre all'individuazione del percorso di minimo costo, un secondo importante output consiste nel **costo sociale cumulato** ad esso associato, secondo la seguente formulazione:

$$CS_p = N \sum_k CS_{ij}$$

Dove:

- $CS_p$  è il costo sociale associato all'intero percorso, espresso in €/anno;
- $N$  è il numero di autocisterne/anno, calcolato sulla base della domanda annua di GNL di ogni singolo punto rete, ed ipotizzando una capacità di 20t per ogni veicolo;
- $CS_{ij}$  è il costo sociale associato ad ogni singolo arco che compone il percorso;

Grazie a questo indicatore diviene pertanto possibile:

- confrontare diverse località di origine (porti) per individuare quella ottimale a servire una specifica destinazione (punto rete);
- confrontare diversi assetti di rete. Infatti, sommando tutti i costi sociali di tutti i percorsi considerati all'interno di un particolare assetto (Es: utilizzo del porto A o del porto B), si ottiene una stima del suo costo sociale complessivo.

Nei paragrafi seguenti, verranno analizzati due differenti ipotesi:

- la disponibilità di un solo punto di ingresso (modello SOMD), identificato nel Porto di Oristano;
- la disponibilità di molteplici punti di ingresso (modello MOMD).

### 5.3. Assegnazione alla rete: caso di una singola origine

In questa prima ipotesi, vengono identificati gli itinerari di minor rischio da un singolo punto di partenza. In particolare, viene utilizzato il Porto di Santa Giusta ad Oristano.

La Figura 13 riporta cartograficamente i percorsi selezionati, rappresentando tramite lo spessore dell'arco, il numero di autocisterne GNL associato.

Una volta lasciato il porto, i flussi tendono a distribuirsi in quote simili fra le direttrici nord e sud.

I flussi diretti verso sud utilizzano inizialmente la Carlo Felice, per poi lasciarla all'altezza di Sanluri, e continuando in direzione sud attraverso percorsi meno urbanizzati, e quindi meno socialmente costosi. Superata Siliqua, i flussi si dividono fra la est (Cagliari) e ovest (Porto Vesme), continuando a prediligere la rete locale.

Per quanto riguarda i flussi diretti verso nord, questi tendono a non utilizzare la Carlo Felice, che transita vicino all'area urbana di Oristano e prediligere la rete locale lungo la valle del Tirso. Una volta entrati nella Provincia di Sassari, le due principali componenti si separano, proseguendo distintamente verso Olbia e Sassari.

E' possibile effettuare la stessa elaborazione anche per i porti di Porto Torres (Figura 14), Golfo Aranci (Figura 15), Porto Vesme (Figura 16) e Cagliari (Figura 17), calcolando per ognuno il relativo costo sociale complessivo (Tabella 13).

<b>PORTO</b>	<b>costo sociale</b> €/anno
Porto Torres	7.485
Golfo Aranci	10.430
Oristano S.ta Giusta	4.488
Porto Vesme	6.338
Cagliari	8.133

*Fonte: elaborazione META*

Tabella 13. Percorrenze per strada statale

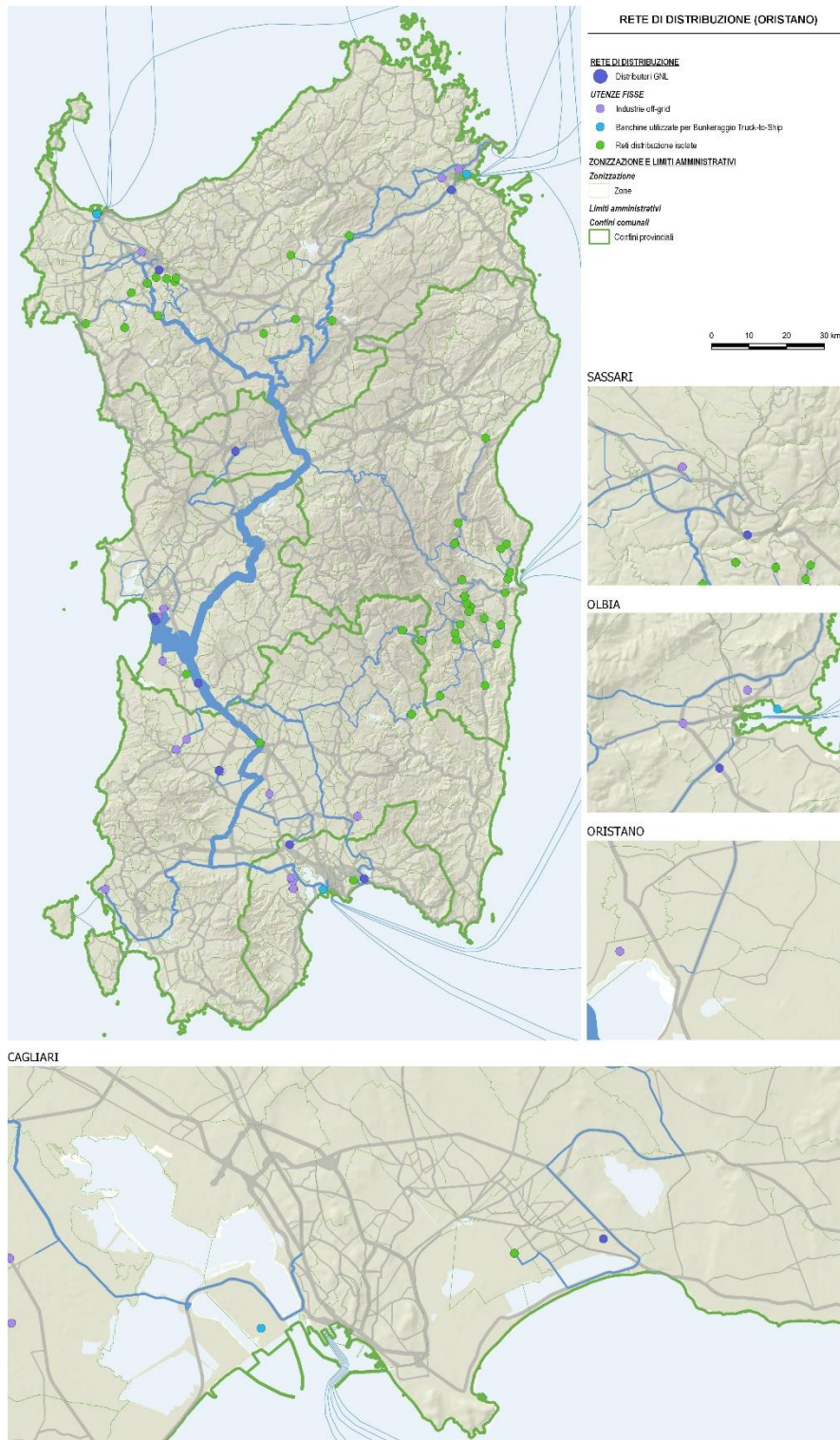
Dal confronto dei differenti costi sociali risulta evidente come il porto di Oristano Santa Giusta risulti la scelta socialmente meno impattante, seguita da Porto Vesme, Porto Torres e Cagliari. Golfo

Aranci risulta penalizzato da un indice di incidentalità particolarmente elevato associato alle SP16 ed SP82, che allo stesso tempo costituiscono un passaggio obbligato per l'uscita dal porto<sup>5</sup>.

---

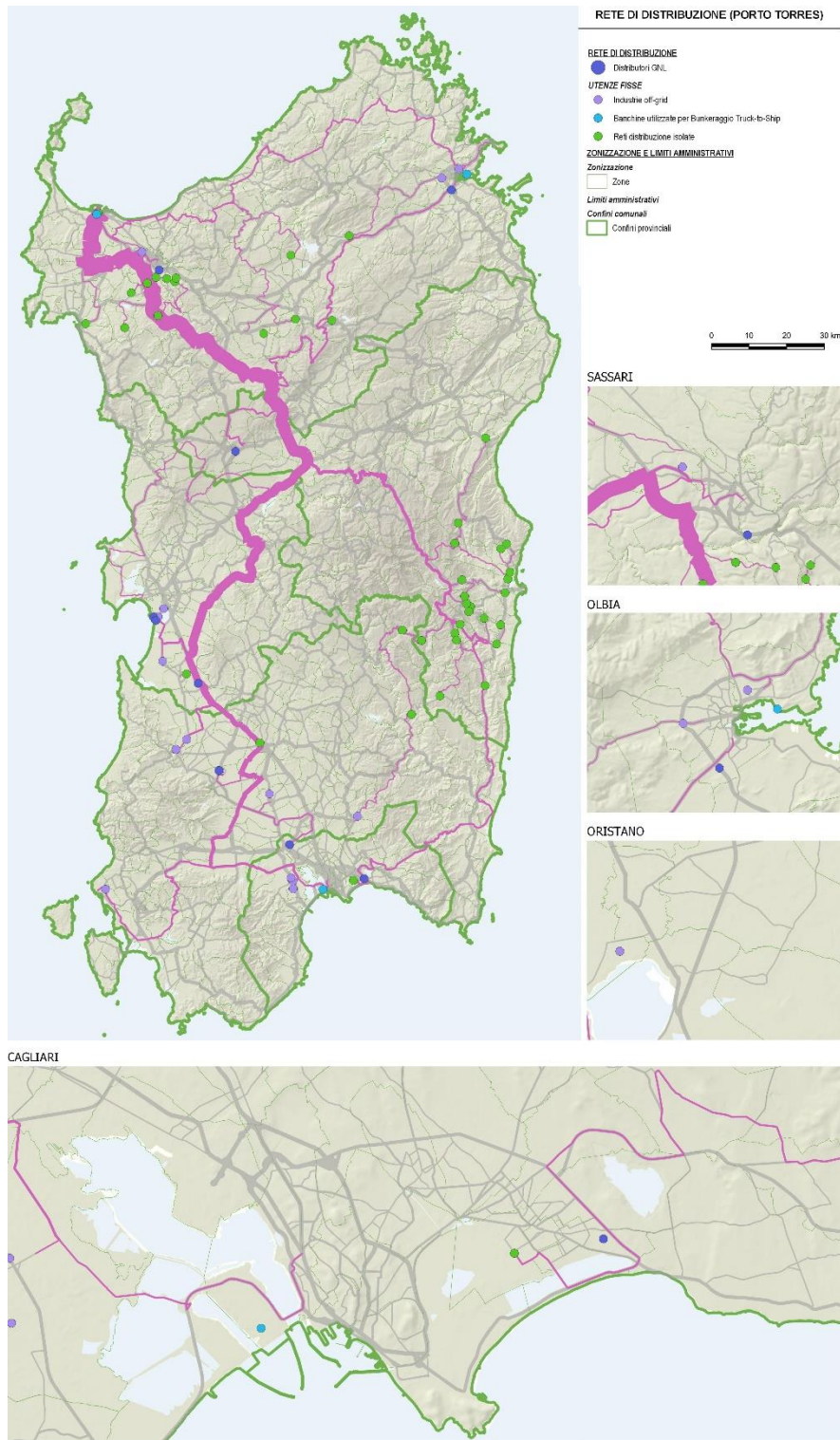
<sup>5</sup> Tale valore può anche essere esito di una sottostima dei flussi veicolari su quelle infrastrutture, a sua volta dovuto alla mancanza di dati di validazione nell'area in fase di calibrazione del modello.





Fonte: elaborazione META

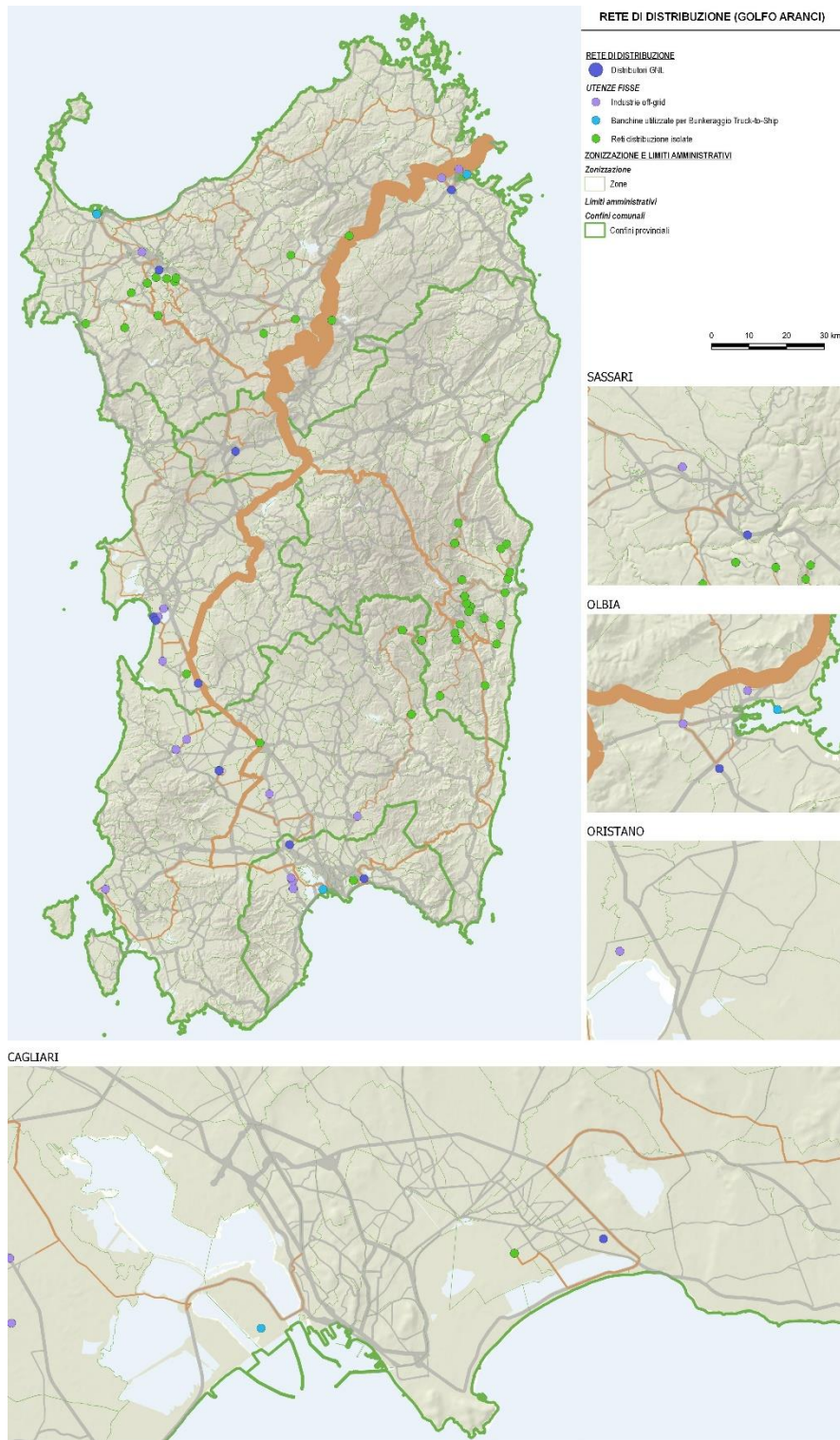
Figura 13. Assegnazione di movimenti di autocisterne sugli itinerari di minimo rischio dal porto di Oristano



Fonte: elaborazione META

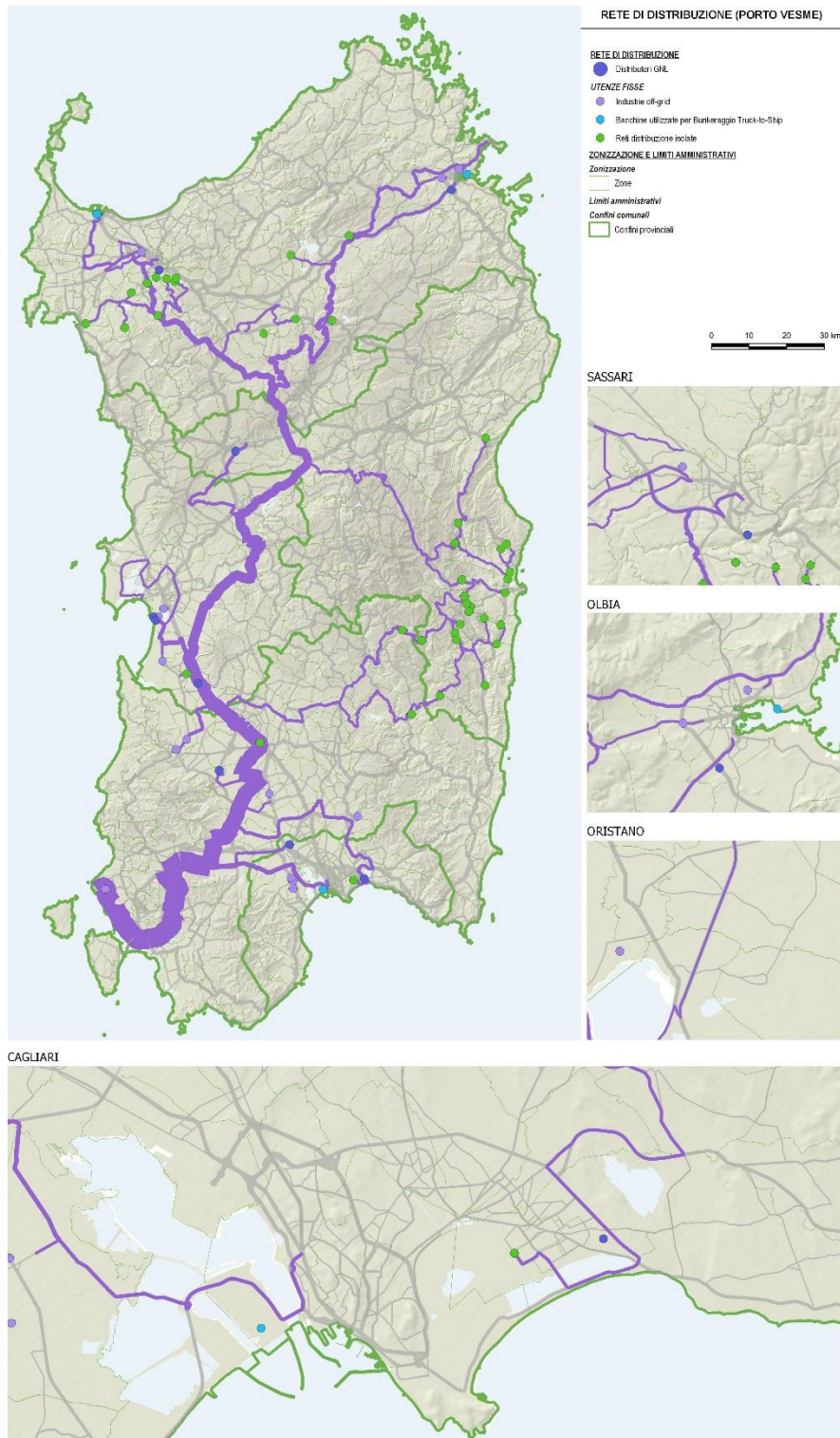
Figura 14. Assegnazione di movimenti di autocisterne sugli itinerari di minimo rischio Porto Torres





Fonte: elaborazione META

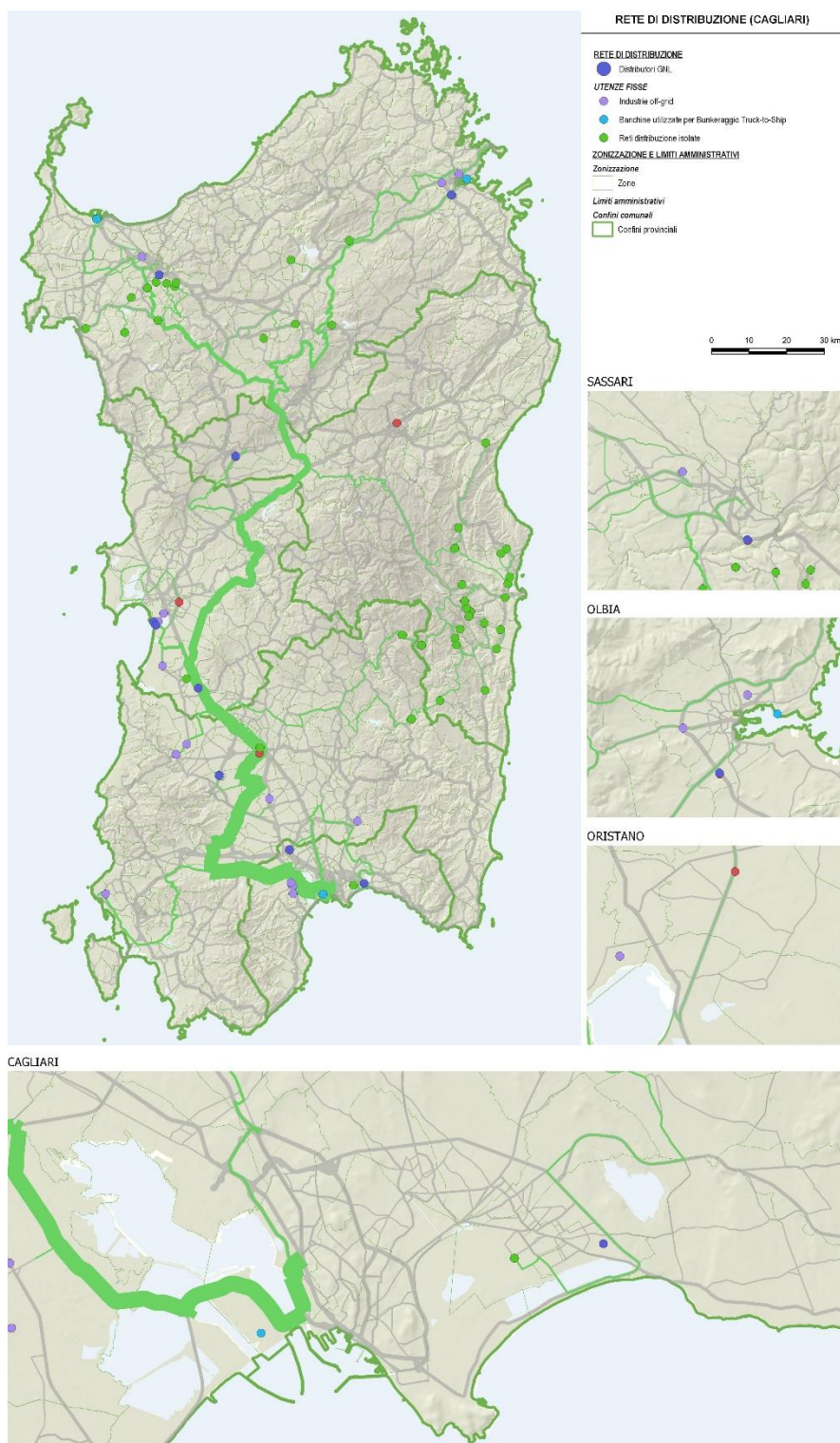
Figura 15. Assegnazione di movimenti di autocisterne sugli itinerari di minimo rischio dal porto di Olbia



Fonte: elaborazione META

Figura 16. Assegnazione di movimenti di autocisterne sugli itinerari di minimo rischio dal Porto Vesme





Fonte: elaborazione META

Figura 17. Assegnazione di movimenti di autocisterne sugli itinerari di minimo rischio dal porto di Cagliari

#### 5.4. Assegnazione alla rete: caso di più località di origine

In questa seconda ipotesi, viene valutata la disponibilità contemporanea di tutte le località di origine viste nel paragrafo precedente. Pertanto, per ogni destinazione viene selezionata soltanto l'origine raggiungibile tramite l'itinerario di minor costo sociale.

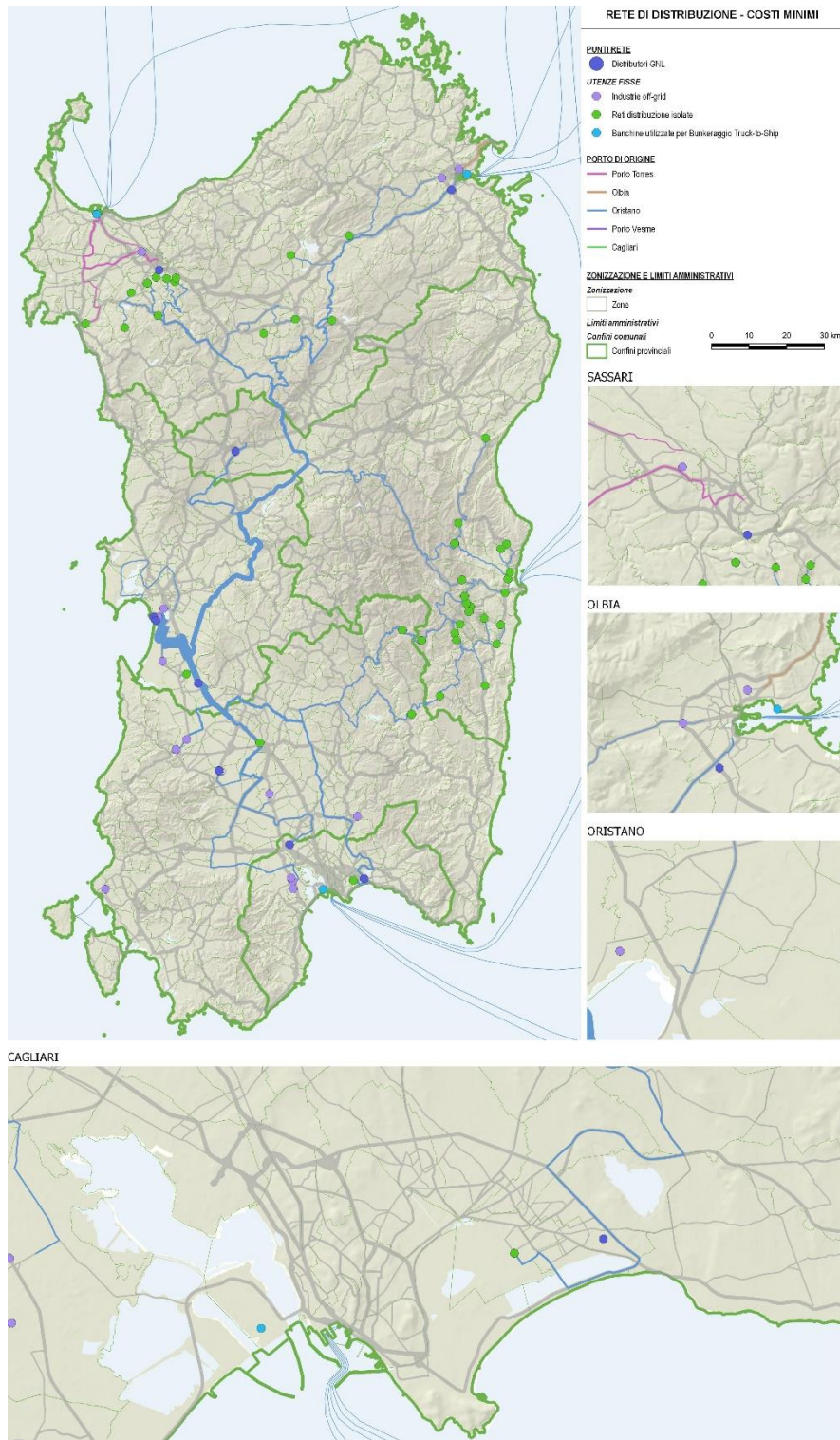
I risultati di tale operazione sono riportati in Figura 18. Come immaginabile, il porto di Oristano Santa Giusta rimane quello di riferimento per la maggior parte delle destinazioni.

Le uniche eccezioni riscontrate riguardano il territorio a Ovest della Città di Sassari, che finisce con rientrare sotto Porto Torres. Effetti simili non si verificano negli altri tre porti, per motivi fra loro differenti:

- Il porto di Cagliari è molto vicino alla città, per cui il danno potenziale risulta particolarmente elevato;
- Porto Vesme non ha delle destinazioni di interesse nell'entroterra, sulle quali risulti vantaggioso rispetto a Oristano;
- Golfo Aranci, come già visto nel paragrafo precedente, è penalizzato invece da elevati tassi di incidentalità su entrambe le strade di accesso al porto.

In questi casi, le uniche destinazioni vantaggiose risultano essere quelle nelle immediate vicinanze del porto (o dentro al porto), quali ad esempio le banchine usate per il bunkeraggio *truck to ship*.

Nell'insieme, il costo sociale complessivo associabile a quest'ultima ipotesi è di **3'784 € /anno**, inferiore quindi del 20% rispetto allo scenario esclusivamente basato sul porto di Oristano. Questo risparmio pare associato soprattutto ai transiti evitati nell'area urbana di Sassari, vista la disponibilità di un luogo di origine a Porto Torres.



Fonte: elaborazione META

Figura 18. Assegnazione di movimenti di autocisterne sugli itinerari di minimo rischio assoluto



## 6. Riflessioni conclusive

La presente relazione ha illustrato i risultati finali delle elaborazioni connesse all'identificazione degli itinerari di minimo rischio per la distribuzione del GNL in territorio sardo, definiti facendo riferimento allo scenario di penetrazione base.

La metodologia adottata, che ricalca fedelmente quella già descritta nel report T3.4, si articola nei seguenti passaggi fondamentali:

- verifica della configurazione della rete distributiva GNL sull'isola, in relazione alle iniziative in corso, nonché a considerazioni d'ordine teorico relative alla distribuzione ottimale dei punti-rete deputati alla vendita di carburante per autotrazione, e conseguente determinazione della matrice origine/destinazione (O/D) dei movimenti annuali di autobotti criogeniche nelle situazioni SOMD (*single origin multiple destination*, caso in cui l'unico punto di sbarco è costituito dal porto di Oristano) e MOMD (*multiple origin multiple destination*, caso in cui si aggiungono gli scali di Porto Torres, Golfo Aranci, Port Vesme e Cagliari);
- analisi dei dati di incidentalità sulla rete stradale sarda, con stima della probabilità di un sinistro che coinvolga un'autobotte criogenica;
- stima del danno potenziale associato a tale sinistro, con riferimento alle conseguenze sulla popolazione umana (occupanti dei veicoli in transito e residenti nei pressi della strada) e sull'ambiente naturale (aree ricomprese nella rete Natura 2000);
- calcolo, come prodotto dei due precedenti fattori, del rischio sociale associato al transito di un'autobotte criogenica su ciascun singolo arco della rete stradale sarda;
- identificazione degli itinerari di minimo rischio sociale, e determinazione dei corrispondenti costi, nelle diverse configurazioni di rete ipotizzate.

Il risultato ottenuto conferma la bontà della scelta del porto di Oristano che, oltre a trovarsi in una posizione abbastanza baricentrica rispetto ai luoghi di consumo, dispone anche di una viabilità di accesso che consente di evitare il transito all'interno della corrispondente area urbana. Meno efficace, per motivi di volta in volta differenti, appare il ricorso agli scali di Golfo Aranci, Porto Vesme o Cagliari, penalizzati talora da una posizione eccentrica rispetto alla geografia dei consumi previsti, talora da problemi di incidentalità e/o di elevata presenza di popolazione esposta sulla viabilità di accesso. Un po' differente appare il caso di Porto Torres, che rappresenterebbe la soluzione di minor rischio sociale per i punti-rete localizzati nell'estremo quadrante nord-occidentale dell'isola, raggiungibile da Oristano soltanto interessando l'area urbana di Sassari. L'impiego di questo secondo scalo consentirebbe di ridurre il rischio sociale connesso alla circolazione di autocisterne criogeniche all'incirca del 20%.

Peraltro, in vista del pratico sviluppo dello schema del downstream del GNL per la Sardegna, risulta opportuno che i risultati qui sommariamente esposti vengano ben ponderati in funzione di considerazioni di diversa natura, quali ad esempio:

- l'entità dei normali costi di esercizio della circolazione di autocisterne (costo del lavoro, consumi, ammortamento dei mezzi) che, a seconda delle diverse condizioni di circolazione, può assumere valori compresi tra 1 e 2 €/veicolo-km, dunque molti ordini di grandezza più elevato del valore unitario di rischio sociale<sup>6</sup>;
- l'entità dei costi di realizzazione e gestione di un secondo punto d'approdo, a fronte di un risparmio sul versante del rischio sociale, valutato in poche centinaia di €/anno.

Ciò nondimeno, la metodologia qui utilizzata presenta il pregio di consentire una verifica "fine" dei costi sociali connessi all'attraversamento di tratte particolarmente sensibili, ad esempio urbane, evidenziando l'importanza, per la ricerca della soluzione migliore, delle condizioni connesse all'ultimo miglio. Tale problematica, peraltro, finisce per saldarsi con il tema della sicurezza delle operazioni di carico/scarico presso i depositi.

La metodologia così testata presenta carattere di generalità, ed è dunque applicabile anche a casi simili, come meglio dettagliato nei report T3.6 e T3.7.

---

<sup>6</sup> Rapportando la stima monetaria del rischio sociale (4.358 €/anno) al volume di traffico pesante complessivo (294 milioni di veicoli-km/anno), si ottiene un valore unitario pari a circa 1.500 €/100 milioni di veicoli-km, ovvero 15 milionesimi di €/veicolo-km.

## 7. Bibliografia e sitografia

- Bonvicini S., Leonelli P., Spadoni G., 1998, "Risk analysis of hazardous materials transportation: evaluating uncertainty by means of fuzzy logic", Journal of Hazardous Materials, 62; 59-74.
- Borghetti F., Gandini P., Studer L., Todeschini V., Pastorelli G., 2015, "I SIIG per la mappatura del rischio associato al trasporto di sostanze pericolose: applicazione in aree vulnerabili del contesto lombardo," Convegno ASITA 2015, 167-174, ISBN/ISSN: 978-88-941232-2-7
- European Commission, *Handbook on external cost of transport* – January 2019 – V1.1
- Frank W.C., Thill J.-C., Batta R., 2000, "Spatial decision support system for hazardous material truck routing", Transportation Research C, 337-359.
- Gandini P., Borghetti F., Studer L., Iuliano R., Pastorelli G., 2015, "Assessment of areas exposed to damage by dangerous goods transportation. Application of Analytic Hierarchy Process method for land covers weighting", IEEE - ITSC 2015 Smart Mobility for Safety and Sustainability, ISBN: 978-1-4673-6595-6.
- Leonelli P., Bonvicini S., Spadoni G., 2000, "Hazardous materials transportation: a risk-analysis-based routing methodology", Journal of Hazardous Materials, 71; 283-300.
- Liu L., 2017, "Study on Route Optimization of Methanol Safety Transportation Routing"; Chemical Engineering Transactions, vol.59; pp.1177-1182.
- Orso Giacone M., Bratta F., Gandini P., Studer L., 2012, "Dangerous goods transportation by road: a risk analysis model and a global integrated information system to monitor hazardous materials land transportation in order to protect territory, Chemical Engineering Transactions", vol. 26-2012, Cisap 5th International Conference on Safety & Environment in Process & Power Industry, ISSN: 1974-9791.
- Studer L., Gandini P., Borghetti F., Maja R., Todeschini V., 2012, "Improving knowledge of risk in Dangerous Goods Transport", XIX ITS World Congress, Vienna, Paper EU-00685.
- Studer L., Gandini P., Iuliano R., Borghetti F., Marchionni G., 2018, "Road users exposed to Harm from Transportation of dangerous goods – definition and estimation", Chemical Engineering Transactions, 67, 757-762 DOI: 10.3303/CET1867127
- Ten Brink P., Badura T., Bassi S., Daly, E., Dickie, I., Ding H., Gantioler S., Gerdes, H., Kettunen M., Lago, M., Lang, S., Markandya A., Nunes P.A.L.D., Pieterse, M., Rayment M., Tinch R., (2011). Estimating the Overall Economic Value of the Benefits provided by the Natura 2000 Network. Final Report to the European Commission, DG Environment on Contract ENV.B.2/SER/2008/0038. Institute for European Environmental Policy / GHK / Ecologic, Brussels 2011
- Wang H., Xiao G., Wei Z., 2013, "Optimizing Route for Hazardous Materials Logistics Based on Hybrid Ant Colony Algorithm", Discrete Dynamics in Nature and Society, ID752830



LOTTO n°6 : PIANO DELLA RETE DI DISTRIBUZIONE E DI TRASPORTO DI GNL SUL TERRITORIO DELLA PROVENZA ALPES COTE D'AZUR

## Progetto GNL SIGNAL



Fase V – Definizione del modello di rete di distribuzione di GNL  
Consegnabile T 3.5.1

Mai 2020



# Indice

1. Introduzione.....	4
2. Situazione attuale della distribuzione di GNL nella regione PACA .....	4
3. Prospettive a monte.....	5
L'approvvigionamento di GNL nella regione PACA è caratterizzato da :.....	5
3.1 Terminal cisternieri .....	6
3.2 La biometanizzazione come fonte di biometano liquefatto .....	7
4. Opportunità di utilizzo .....	9
4.1 Approvvigionamento delle isole .....	9
4.2 Soluzioni mobili per la generazione di energia per le navi ormeggiate .....	10
4.3 Combustibile stradale a GNL.....	11
4.4 Combustibile marittimo a GNL.....	12
4.5 Combustibile fluviale a GNL .....	15
4.6 Combustibile ferroviario a GNL.....	15
4.7 Usi domestici di GNL .....	17
4.8 Usi industriali GNL.....	18
5. Analisi comparativa di scenario alto e scenario basso.....	19
6. Conclusione .....	21

# Tabella delle illustrazioni

Grafico 1: modello teorico di distribuzione di GNL .....	4
Grafico 2 : mappa della rete di distribuzione del GNL nel 2019 .....	5
Grafico 3 : evoluzione della produzione e della domanda di GNL dal 2000 al 2050 (fonte IHS) .....	6
Grafico 4 : evoluzione del numero di autocisterne di GNL caricate annualmente dal 2014 al 2019 (fonte Elengy) .....	6
Grafico 5 : la produzione potenziale di metano derivante dall'agricoltura (TW <sub>h</sub> nPCS) nel 2050, per regione (fonte Ademe) .....	7
Grafico 6 : produzione potenziale di rifiuti organici biodegradabili dipartimentali entro il 2050 (esclusi i rifiuti dell'industria alimentare) (fonte : ADEME) .....	8
Grafico 8 : mappa dei siti di biometano collegati al sistema di GRTgaz nel 2020 .....	9
Grafico 7 : mappa dei siti di metanizzazione nella regione PACA nel 2020 .....	9



## 1. Introduzione

### **Obiettivo :**

Definire 2 possibili modelli per la futura rete di distribuzione del GNL nella regione PACA che siano coerenti con i modelli dei territori dell'area di cooperazione.

Per definire gli scenari per la regione PACA, è necessario considerare, da un lato, le fonti di approvvigionamento di GNL per la regione e, dall'altro, i possibili utilizzi del GNL e il loro rispettivo potenziale di sviluppo. Il diagramma seguente descrive questi diversi componenti della catena GNL.

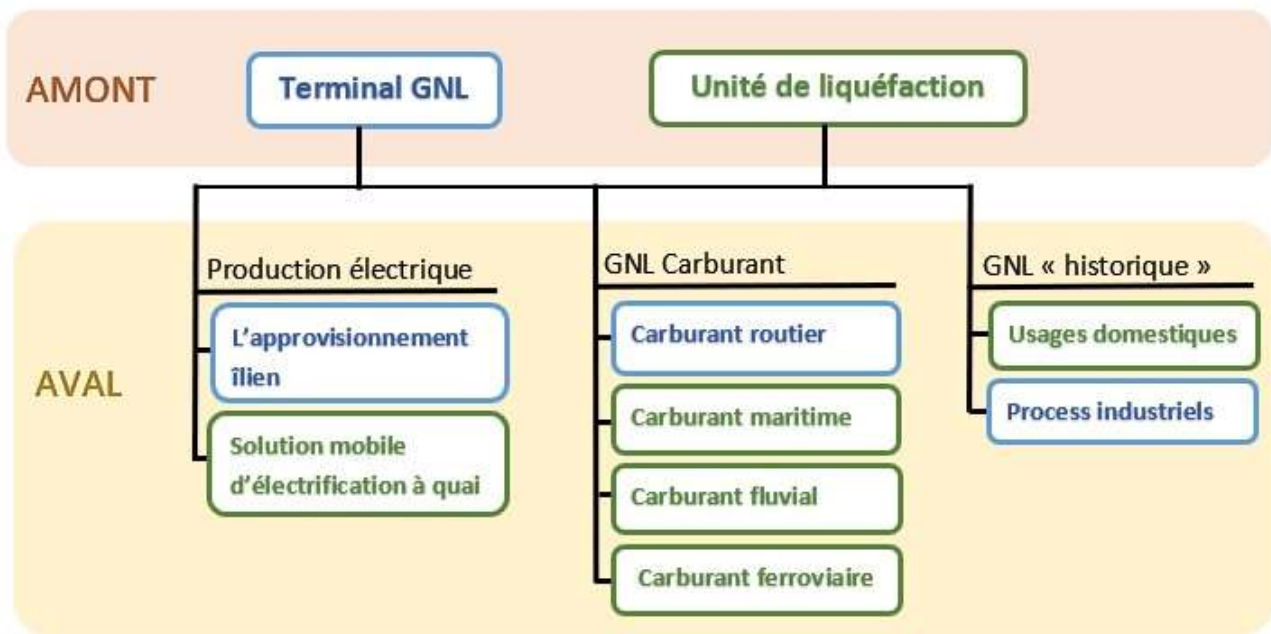


Grafico 1: modello teorico di distribuzione di GNL

Attraverso l'analisi di ciascuno di questi componenti, è possibile definire due scenari basso/alto per la rete di distribuzione nei prossimi dieci anni. Ognuno di essi, per ragioni diverse, possiede incertezze previsionali valutate, nel presente rapporto, in termini di volume. Queste previsioni sono descritte nel tentativo di definire il modo in cui la rete di distribuzione si svilupperà nella regione PACA e, come conclusione, sono illustrate da una mappa.

## 2. Situazione attuale della distribuzione di GNL nella regione PACA

La maggior parte del GNL che arriva nella regione PACA transita attraverso i terminali GNL di Fos sur Mer: Fos Tonkin e Fos Cavaou. È stato trasportato da metaniere di grande capacità (circa 150.000 metri cubi di GNL per carico) in provenienza da impianti di liquefazione del gas naturale di altri paesi.

Una volta scaricato, viene conservato nei serbatoi del terminale. La maggior parte viene poi rigassificato e iniettato nel sistema nazionale di trasporto del gas naturale. Questa è la funzione tradizionale di un terminale GNL.

Una piccola parte dei volumi rimane allo stato liquido e viene consumata localmente :

- da clienti industriali o siti di consumo di gas naturale non collegati alla rete del gas naturale
- da stazioni di servizio Gas Naturale per Veicoli, - da navi alimentate a GNL.

Si tratta dei cosiddetti usi del GNL "su piccola scala" (in contrapposizione agli usi "su larga scala" sopra menzionati), termine utilizzato per identificare i volumi che lasciano il terminale GNL allo stato liquido per il fabbisogno di consumo nell'entroterra del terminale.

Attualmente, il GNL su piccola scala viene trasportato dal terminale ai punti di consumo esclusivamente tramite autocisterne. Nel 2019, degli 82,2 TWh di gas naturale in arrivo nei terminali di Fos, l'utilizzo su piccola scala rappresentava 1,8 TWh (l'equivalente di 6359 serbatoi), ovvero l'equivalente di poco meno di 2 carichi standard.



Grafico 2 : mappa della rete di distribuzione del GNL nel 2019

I dettagli sono disponibili nei rapporti della Fase I e IV.

### 3. Prospettive a monte

L'approvvigionamento di GNL nella regione PACA è caratterizzato da :

- Un'elevata garanzia di approvvigionamento: la presenza di due terminali GNL a Fos sur Mer è un valore aggiunto per la regione. Il GNL è una risorsa abbondante a livello mondiale e questi due terminali sono ben posizionati per ricevere un rifornimento permanente ad un prezzo competitivo nel corso degli anni (addirittura decenni) a venire. I volumi in entrata supereranno di gran lunga le esigenze degli usi Small-Scale.
- Un'offerta su piccola scala caratterizzata da una forte crescita, che sta diventando multimodale con, nel lungo termine, prospettive di "ecologizzazione".
- L'emergere, accanto ai terminali GNL, di una limitata fornitura locale di bioGNL che potrebbe però svilupparsi a medio termine.

### 3.1 Terminal cisternieri

Il gas naturale è presente in abbondanza in tutto il mondo e oggi gli analisti concordano sul fatto che l'offerta di GNL sarà più che sufficiente a soddisfare la domanda entro il 2050. Di seguito sono riportati, a titolo di esempio, gli scenari di domanda e offerta della IHS (Industrial Heat Sources) :

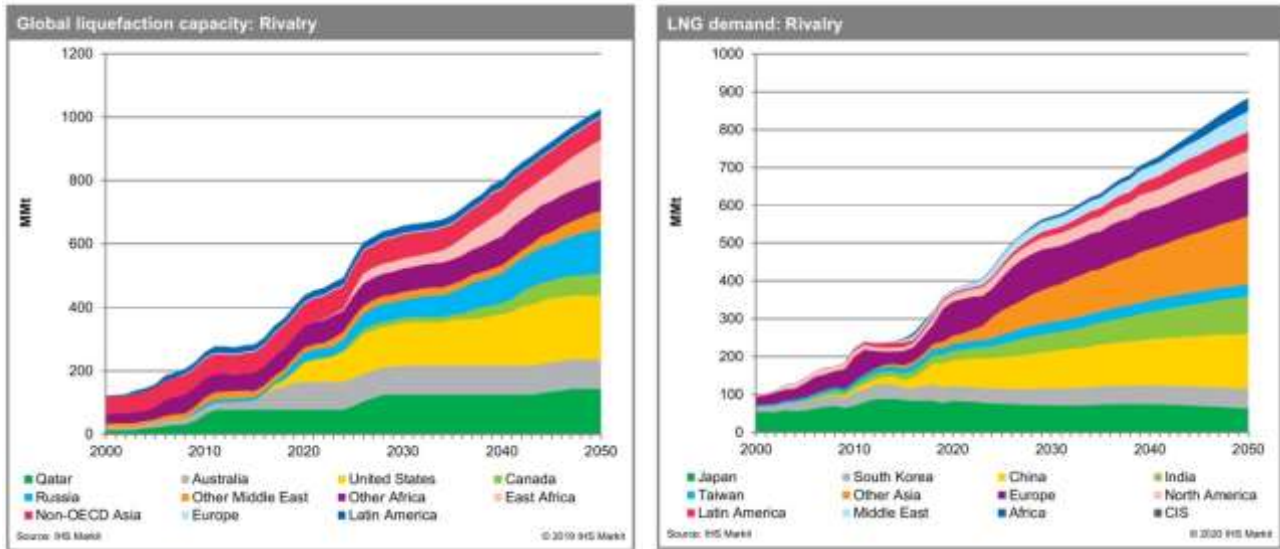


Grafico 3 : evoluzione della produzione e della domanda di GNL dal 2000 al 2050 (fonte IHS)

All'interno del mercato globale, i terminali GNL di Fos godono di una posizione favorevole, in quanto sono situati vicino alle principali fonti di produzione di GNL (Algeria, Nigeria) e sono i primi terminali, dopo il Canale di Suez, ad essere collegati ai mercati del gas liquido e di acque profonde dell'Europa occidentale, il che ne rafforza ulteriormente l'attrattiva. Il tasso di utilizzo dei terminali Fos sur Mer è quindi uno dei più alti d'Europa. In breve, non c'è il rischio di una carenza di GNL a monte della catena, i flussi continueranno ad arrivare a Fos, che rimarrà naturalmente il punto di approvvigionamento di GNL per la regione PACA per i decenni a venire). **Un'offerta di servizi su piccola scala in continua evoluzione :**

Dall'emergere di esigenze su piccola scala e dall'attivazione del servizio di carico delle autocisterne a Fos Tonkin nel 2014, la domanda su piccola scala, a Fos, non ha smesso di crescere :

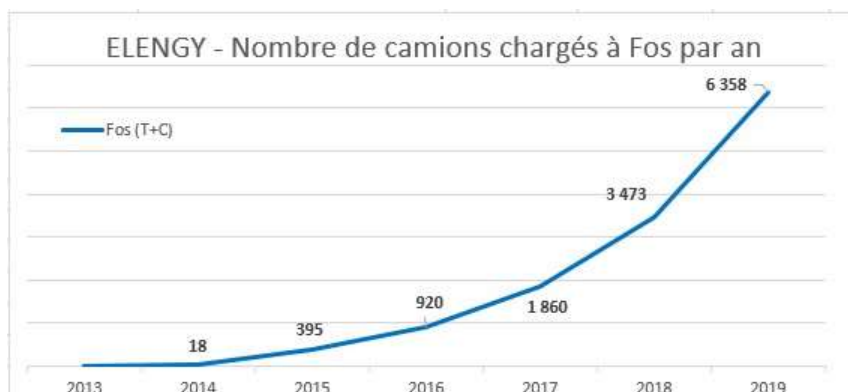


Grafico 4 : evoluzione del numero di autocisterne di GNL caricate annualmente dal 2014 al 2019 (fonte Elengy)

I terminali di Fos si adattano costantemente per soddisfare la crescita e le mutevoli esigenze, come dimostrano i successivi aumenti di capacità delle stazioni di carico a Fos Tonkin come anche, nel 2019, l'installazione di 2 baie di carico cisterne a Fos Cavaou. Oltre al carico di GNL con autocisterne, il carico di GNL con navi metaniere o chiatte è destinato a svilupparsi, per il bunkeraggio o l'approvvigionamento di isole. Il

servizio è ora disponibile su entrambi i terminali. Inoltre, l'aumento dei volumi e lo sviluppo di depositi satellite di stoccaggio giustifica, in un prossimo futuro, un trasporto massiccio di GNL su rotaia: ELENGY sta sviluppando un progetto per caricare il GNL su treno direttamente dal sito di Fos Tonkin.

Infine, si prevede che in futuro l'approvvigionamento di GNL presso i terminali di Fos diventerà più verde, sia attraverso la produzione locale di biometano liquefatto o di metano sintetico che attraverso l'importazione da siti produttivi più remoti:

- Per quanto riguarda la produzione locale, il progetto pilota Jupiter 1000 è un primo passo in questa direzione. Questo progetto, sviluppato da GRTgaz e situato nelle immediate vicinanze del terminale di Fos Tonkin, mira a convertire l'H2 verde e la CO2 prodotta nell'area del porto industriale di Fos in metano di sintesi: per il momento, questo metano è previsto per essere iniettato nella rete di trasporto (allo stato gassoso), ma potrebbe essere liquefatto e poi distribuito attraverso le baie di carico delle autocisterne del terminale.
- Un'altra soluzione è l'importazione su larga scala di biometano liquefatto o e-GNL prodotto, ad esempio, in aree ad alto potenziale. Il GNL verrebbe quindi trasformato da una fonte di energia di transizione in una fonte di energia di destinazione, senza alcun impatto sugli usi finali, poiché il biometano liquefatto è perfettamente interscambiabile con il GNL a base fossile.

### 3.2 La biometanizzazione come fonte di biometano liquefatto

Attualmente non esiste in Francia un progetto operativo "bioGNL" senza quadro normativo, in quanto il buyout regolamentato, che favorisce la creazione di siti di biometano, è condizionato dalla sua iniezione nella rete di trasporto o distribuzione allo stato gassoso. Altri usi non possono usufruire della tariffa di buyout e i produttori non sono quindi incentivati a produrre biometano liquefatto. Tuttavia, la situazione sta cambiando: la legge della Programmazione Pluriennale dell'Energia (PPE) prevede un quadro di riferimento per la produzione di biometano liquefatto, fissa come obiettivo il raggiungimento di una quota del 3% di automezzi pesanti adibiti a GNV (gas naturale per i veicoli) e mira ad una quota del 20% di bio-NGV nel consumo di GNV nel 2023<sup>1</sup>.

Mentre il potenziale per la regione PACA è limitato in termini di risorse agricole per la produzione di biometano (cfr. Grafico 5), il potenziale della catena di produzione di rifiuti organici biodegradabili è più ottimistico con già diversi siti/progetti nella regione (cfr. Grafico 6).

	CIMSE	Résidus de cultures	Déjections	Herbe	Total
Auvergne Rhône-Alpes	2,3	1,8	3,1	1,7	8,9
Bourgogne Franche-Comté	1,7	2,8	1,8	0,9	7,3
Bretagne	5,9	1,8	4,3	0,9	12,9
Centre Val de Loire	5,9	3,7	0,8	0,7	11,1
Corse	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
Grand Est	3,8	5,2	2,4	1,4	12,8
Hauts-de-France	8,3	4,2	1,8	1,1	15,4
Ile-de-France	2,3	1,2	0,1	0,5	4,0
Normandie	4,7	2,4	2,5	1,0	10,6
Nouvelle Aquitaine	8,5	4,0	3,5	1,8	17,9
Occitanie	3,8	2,1	2,7	1,7	10,3
Provence-Alpes-Côte d'Azur	0,0	0,1	0,5	0,6	1,2
Pays-de-la-Loire	4,0	2,2	3,3	0,7	10,2
<b>Total</b>	<b>51</b>	<b>31</b>	<b>27</b>	<b>13</b>	<b>123</b>

<sup>1</sup> [https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/16064-1\\_PPE\\_light\\_0.pdf](https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/16064-1_PPE_light_0.pdf)



Grafico 5 : la produzione potenziale di metano derivante dall'agricoltura (TWhnPCS) nel 2050, per regione (fonte Ademe)

Figure 12 – Potentiel départemental de production de biodéchets hors IAA, 2050

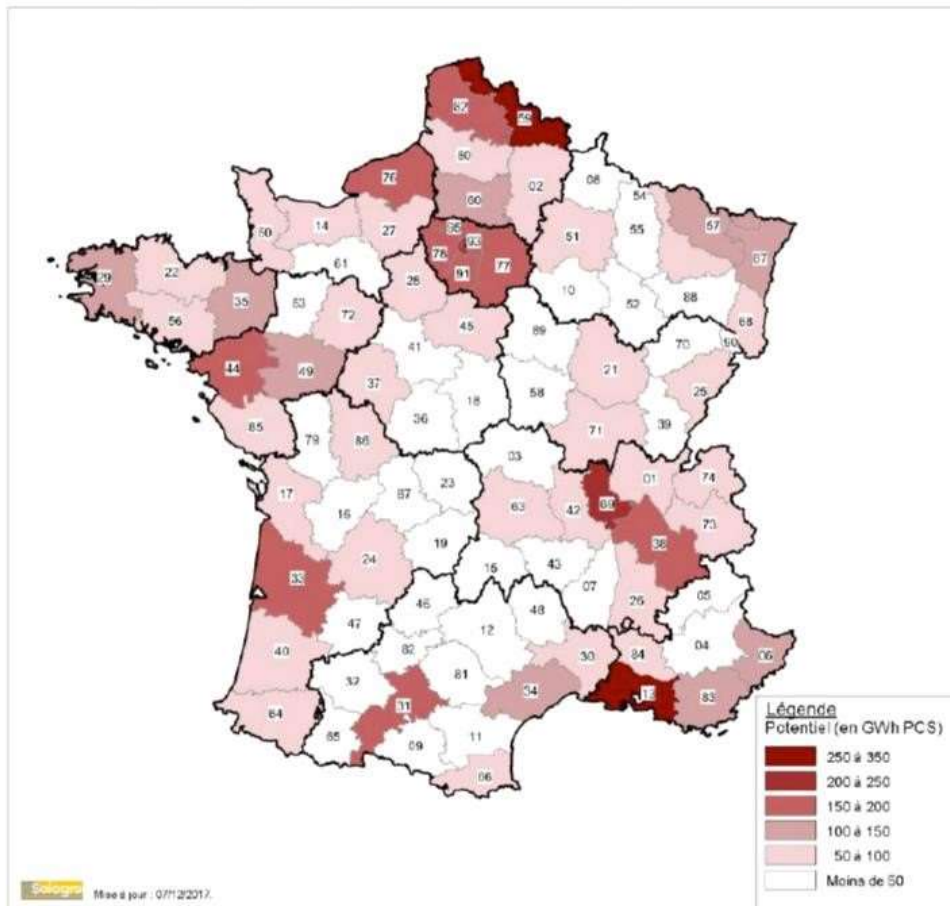


Grafico 6 : produzione potenziale di rifiuti organici biodegradabili dipartimentali entro il 2050 (esclusi i rifiuti dell'industria alimentare) (fonte : ADEME)

L'ONG GERES, che individua tutti i siti di metanizzazione in funzione nella regione Provenza Alpi Costa Azzurra, ne identifica 47 nel 2020 (vedi Grafico 7), compresi 15 siti di metanizzazione e 32 siti di gestione dei rifiuti, di cui gli impianti di trattamento delle acque reflue (WWTP) e gli impianti di stoccaggio dei rifiuti non pericolosi (ISDND). La grande maggioranza dei siti è dedicata alla cogenerazione. Solo 3 sono collegati alla rete GRTgaz (vedi Grafico 8), con dimensioni diverse da 9, 13 e 26 GWh all'anno (a seconda della GRTgaz), cioè 1.343, 1.941 e 3.882 m<sup>3</sup> o l'equivalente di 35, 51 e 102 serbatoi di GNL. Va osservato che il sito più grande dei tre non è altro che il più grande impianto di biometano in Francia: l'impianto di trattamento dei fanghi di Sormiou, vicino a Marsiglia. Una parte dei fanghi viene trattata per immettere gas nella rete per l'approvvigionamento di 8.000 abitazioni, nonché per fornire, quotidianamente, GNC a 110 autobus e pullman della regione.





Grafico 7 : mappa dei siti di metanizzazione nella regione PACA nel 2020



Grafico 8 : mappa dei siti di biometano collegati al sistema di GRTgaz nel 2020

Per passare dal biogas al biometano, è prevista una fase di purificazione del biogas. Per produrre biometano liquefatto, occorre inoltre attrezzare i siti di produzione con unità di microliquefazione: un processo che comporta costi di progetto più elevati rispetto ai progetti inerenti al GNC (gas naturale compresso) che non richiedono questa fase aggiuntiva. Il GNC presenta quindi un vantaggio in termini di "costo di produzione". Tuttavia, fino a quando il prezzo del carburante a biometano liquefatto rimarrà inferiore al prezzo del gasolio, sussisterà una domanda nel settore degli automezzi pesanti e sarà importante osservare la futura evoluzione normativa che potrebbe consolidarne o meno lo sviluppo.

Lo sviluppo della produzione di biometano liquefatto avrà un impatto limitato sulla rete di distribuzione del GNL nella regione PACA: la produzione di questi siti dovrebbe essere evacuata esclusivamente da autocisterne e potrebbe, ad esempio, rifornire siti o stazioni di servizio locali. Ciò creerebbe qualche flusso supplementare di cisterne, ma i volumi dovrebbero rimanere marginali rispetto a quelli dei terminali GNL, che rimarrebbero la principale fonte di approvvigionamento della regione.

## 4. Opportunità di utilizzo

Il consumo di GNL su piccola scala nella regione PACA dovrebbe crescere significativamente nei prossimi anni, in parte grazie alla crescita della domanda per gli usi attuali e in parte per lo sviluppo di nuovi sbocchi, come il bunkeraggio in mare.

### 4.1 Approvvigionamento delle isole

Uno degli usi di GNL è l'approvvigionamento (o la produzione) in zone in cui non è possibile il collegamento alle reti nazionali dell'elettricità e del gas. Questo è il tipico caso di alcune isole. La Corsica, ad esempio, è una zona non interconnessa (ZNI) alla rete elettrica continentale. È anche il primo territorio francese ad aver adottato, a partire dal 2015, un programma pluriennale energetico (PPE) che prevede l'approvvigionamento di gas naturale dell'isola e la necessità di garantire la fornitura energetica della Corsica. Entro il 2023, il PPE prevede la conversione delle due centrali termiche della Corsica (centrale di Lucciana a nord-est e centrale di Ajaccio a sud-est dell'isola) in una centrale a gas a ciclo combinato (CCGT) con una capacità di circa 250 MW funzionante a gas naturale. Questa scelta risponde sia all'esigenza di rinnovare la vecchia centrale di Ajaccio, che attualmente funziona a olio combustibile pesante, sia alle esigenze di base e di punta dell'isola, che sono

molto orientate verso le energie rinnovabili. Il gas necessario per l'approvvigionamento di queste centrali elettriche verrebbe trasferito sotto forma di GNL dai terminali di Fos.

Per le isole della regione PACA non esistono attualmente catene di approvvigionamento energetico attive o pianificate su base GNL.

#### 4.2 Soluzioni mobili per la generazione di energia per le navi ormeggiate

Nel 2020, il 20% della popolazione francese è esposto all'inquinamento atmosferico, responsabile di circa 67.000 morti premature nel paese. Gli abitanti delle aree portuali più importanti sono tra quelli esposti all'inquinamento da fumo dei transatlantici e dei traghetti all'ormeggio. L'inquinamento atmosferico è diventato un vero problema di salute. Nel 2019, la regione PACA ha lanciato un piano da 30 milioni di euro per elettrificare le banchine di Marsiglia, Nizza e Tolone, con l'obiettivo di eliminare tutte le emissioni atmosferiche. Questi investimenti riguarderanno sia l'infrastruttura del porto (installazione di trasformatori di tensione, convertitori di frequenza Hertz e un quadro elettrico dotato di dispositivi di sicurezza) che le navi.

Tuttavia, le soluzioni mobili di GNL possono essere utilizzate nella fase di transizione o se ragioni tecniche impediscono la completa elettrificazione delle banchine. La prima di queste soluzioni è un sistema a terra per l'alimentazione elettrica a GNL, sviluppato da Air Flow, che necessita di poco spazio in banchina. Consiste nel bruciare il GNL di una cisterna in gruppi elettrogeni passando attraverso una fase di rigassificazione del GNL e poi convertendo l'elettricità nel formato previsto per la nave (cfr. Grafico 9). Questa soluzione è adatta ai traghetti con una potenza fino a 2 MW. Per le navi da crociera, ad esempio, questa potenza non è sufficiente, ma si stanno studiando soluzioni, come la stazione galleggiante multifunzione sviluppata da Sofresid che sarebbe in grado di fornire 20 MW di potenza elettrica (oltre alla conversione di frequenza da 50Hz a 60Hz per le navi) e di assicurare il bunkeraggio del GNL, la differenziazione selettiva e la raccolta dei rifiuti della nave senza intralciarne le operazioni commerciali (cfr. Grafico 10).



Grafico 9 : La soluzione mobile di Air Flow



Grafico 10 : Chiatta multifunzione Sofresid

Un'alternativa consiste nel produrre energia elettrica in banchina a partire dall'idrogeno e da una pila a combustibile con una potenza da 1 a 2 MW (per la quale è attualmente in corso uno studio della Camera di Commercio del Var). Il costo e la realizzazione di una soluzione di questo tipo rimangono nettamente superiori a quelli previsti per le soluzioni GNL.

Possiamo immaginare uno scenario basso a 0, in cui l'elettrificazione avverrebbe tramite allacciamento alla rete ENEDIS o tramite soluzioni mobili a idrogeno. In uno scenario ottimistico, il GNL assicurerebbe la fornitura di alcuni degli scali nei porti della regione, in particolare a Nizza. Partendo da una cifra approssimativa di soli 400 scali all'anno per tutti i porti riuniti insieme, con il consumo di un serbatoio ciascuno, otterremmo 400 serbatoi da 20 tonnellate, cioè 8 ktpa.

### 4.3 Combustibile stradale a GNL

L'uso di GNL come carburante per trasporto su strada è predominante in termini di volume nella regione; il secondo utilizzo è quello per l'approvvigionamento del settore industriale. Nel 2019, questi sono stati gli unici utilizzi di GNL su piccola scala nella regione (se non teniamo conto della sperimentazione). Entrambi i settori sono stati avviati nel 2013 in Francia e nel 2014 nella regione PACA. Sin dall'inizio, la domanda di carburante

#### ACTIVITÉ TRANSPORT ROUTIER.

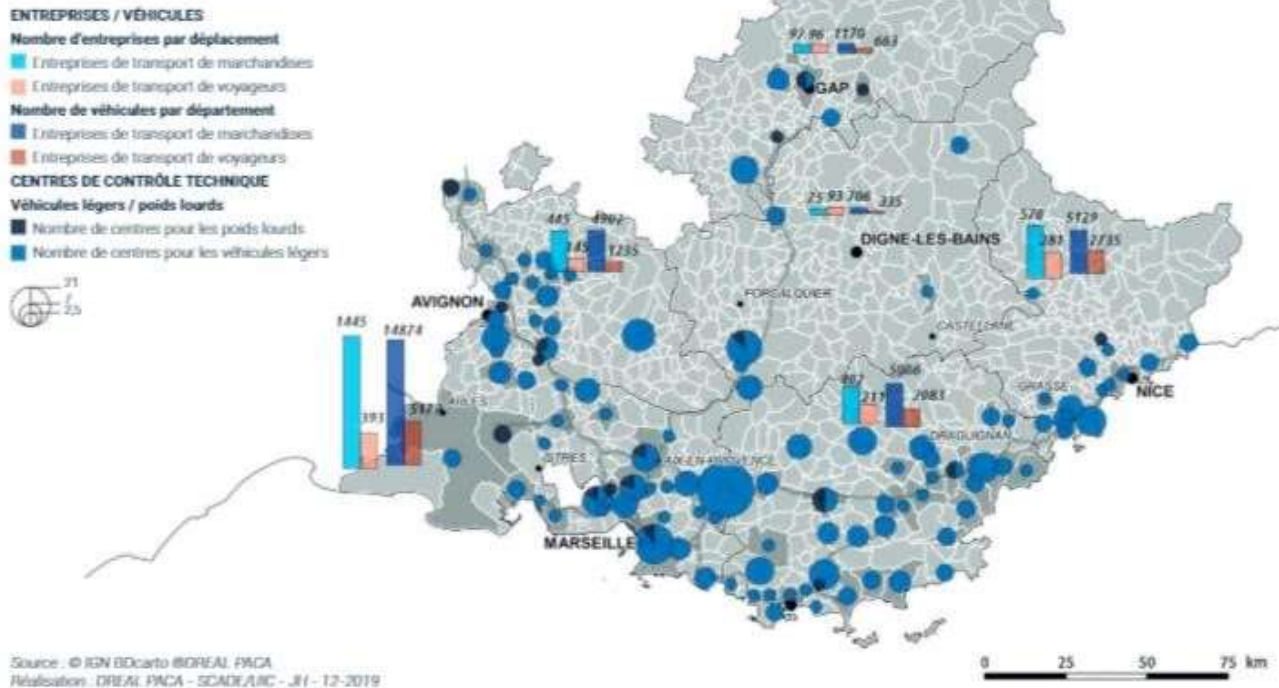


Grafico 11: attività di trasporto su strada nella regione PACA (ORT - ADEME 2018)

GNL è aumentata in modo costante e ha tenuto il passo con le vendite di camion a metano: +1.460 immatricolazioni nel 2019 nel segmento 7,5 - 44 tonnellate in Francia, con un incremento del 37% in un anno. In questo segmento di mercato, gli automezzi pesanti a gas rappresentano il 99% delle vendite non diesel. Le soluzioni a idrogeno o elettriche non sono ancora pronte, né abbastanza economiche, e ci vorranno diversi anni prima che si sviluppino pienamente, rendendo per il momento il metano compresso l'unica alternativa al diesel. Anche le stazioni di GNL si stanno sviluppando e si prevede la creazione di circa 3 stazioni pubbliche all'anno nella regione. Con un'offerta media di 70 serbatoi all'anno per stazione, la crescita prevista è di circa 4,2 ktpa. La crescita europea è del 68% per le stazioni di GNL. Fino al 2021, quando l'Italia dovrebbe vedere l'arrivo dei primi siti di carico per autocisterne, la regione riceverà sulle sue strade, da Fos, l'intero flusso che rifornisce il sud della Francia e quasi il 100% del fabbisogno italiano, che nel 2019 rappresentava rispettivamente 25 e 100 ktpa.

Anche tra i principali vettori della regione c'è una recente tendenza a beneficiare di stazioni private all'interno della propria piattaforma logistica, il che potrebbe essere lo scenario alto oltre allo sviluppo delle sole stazioni pubbliche (scenario basso). Sulla mappa precedente (cfr. grafico 11) del rapporto di attività 2018 dell'ufficio regionale dei trasporti PACA, si riscontra un livello molto elevato di attività di trasporto su strada lungo le arterie principali della regione, con 3 034 imprese di trasporto merci, di cui 1 445 nella sola Bouches du Rhône, e 31 847 veicoli (tra cui circa 15 000 autoarticolati da 44 t che possono essere alimentati con motori a GNL).



Possiamo immaginare l'ipotesi ponderata di dotare 100 autocisterne di GNL all'anno, che verranno fornite da stazioni private, al ritmo di un serbatoio pieno di 345 kg di GNL ogni due giorni (vale a dire una media di 10 vettori all'anno con la propria stazione e che integreranno le loro attrezzature con un serbatoio di GNL). Un consumo supplementare di circa 6.300 tonnellate all'anno si otterrebbe da stazioni private situate nei principali hub logistici di prossimità a ovest e a sud della regione. (cfr. Grafico 12), ovvero 63.000 tonnellate per 1.000 autocarri nell'arco di 10 anni (meno del 10% del totale di autocarri della regione).

Dal 2018, inoltre, ci sono stazioni mobili di GNL che potrebbero essere installate ovunque nella regione in settimana, per poi essere ricaricate a Fos il sabato sera. Non ancora del tutto ultimati (uno solo a Lione per tutta la Francia), potrebbero essere adatti agli operatori logistici che desiderano controllare la propria fornitura o ridurre al minimo i rischi di una conversione a GNL (in quanto la stazione mobile, a differenza di una stazione fissa, può essere rivenduta) (cfr. Grafico 13).



Grafico 12 : mappa schematica delle piattaforme logistiche nella regione PACA



Grafico 13 : foto di una stazione mobile GNL realizzata da HAM

#### 4.4 Combustibile marittimo a GNL

Dopo il GNL come carburante stradale, grazie ai suoi molteplici vantaggi, il GNL come carburante marino sta convincendo sempre più armatori a soddisfare i requisiti delle nuove normative internazionali IMO per quanto riguarda le emissioni delle navi (cfr. Grafico 14<sup>2</sup>).

<sup>2</sup> Lien vers le rapport : [https://sea-lng.org/wp-content/uploads/2019/10/SEALNG\\_Alternative\\_fuels\\_narrative\\_V22.pdf](https://sea-lng.org/wp-content/uploads/2019/10/SEALNG_Alternative_fuels_narrative_V22.pdf)

ENERGY SOURCE FUEL	HFO + SCRUBBER	LOW SULPHUR FUELS	FOSSIL (WITHOUT CS)			BIO HYO (Advanced biodiesel)	AMMONIA	RENEWABLE (3) HYDROGEN	FULLY ELECTRIC
			LNG	METHANOL	LPG				
<b>Highest priority parameters</b>									
Energy density	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Technological maturity	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Local emissions	●	●	●	●	●	●	●	●	●
GHG emissions	●	●	● <sup>(2)</sup>	●	●	●	●	●	●
Energy cost	●	●	●	●	●	●	●	●	● <sup>(4)</sup>
Capital cost	Converter	●	●	●	●	●	●	●	●
	Storage	●	●	●	●	●	●	●	●
Bunkering availability	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Commercial readiness (1)	●	●	●	●	●	●	●	●	● <sup>(5)</sup>
<b>Other parameters</b>									
Flammability	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Toxicity	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Regulations and guidelines	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Global production capacity and locations	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Grafico 14 : tableau des paramètres des énergies et solutions pour le carburant maritime

La crescita è molto forte in Europa, in particolare grazie all'istituzione nel 2011 di zone ECA nel Nord Europa. A questo proposito, alla fine del 2019 gli Stati mediterranei hanno deciso all'unanimità di istituire una zona CCA nel Mediterraneo entro il 2024. Uno studio coreano annuncia che il 60% delle future navi costruite nei cantieri navali dopo il 2025 (compresi i nuovi ordini) saranno navi a GNL. Secondo il rapporto DNVGL Maritime Forecast to 2050 del 2019, dal 40% all'80% della flotta mondiale potrebbe essere alimentata a GNL entro il 2050 (cfr. Grafico 15):

FIGURE 4

**Energy use and projected fuel mix 2018-2050 for the simulated IMO ambitions pathway with main focus on design requirements**

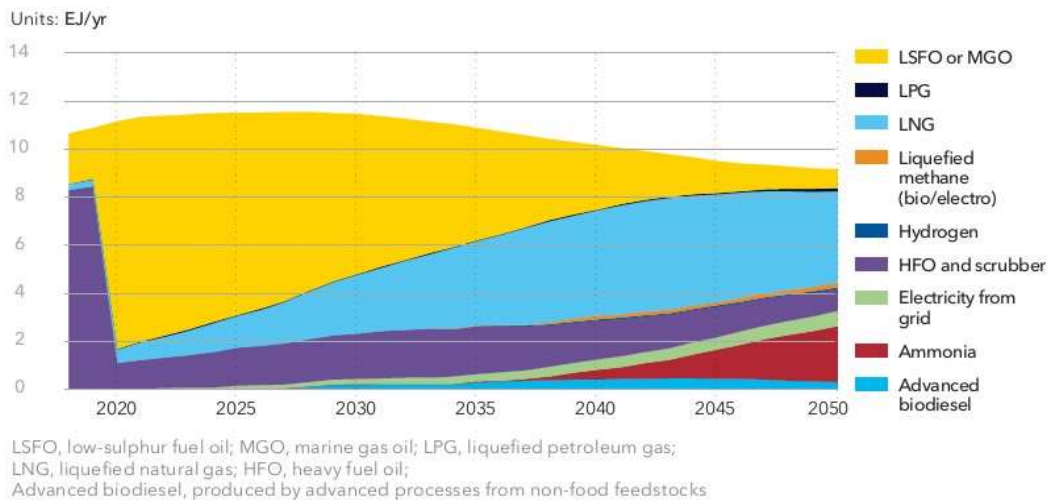


Grafico 14 : previsione della miscela di carburante marino fino al 2050 (DNG VL 2019)

Per la regione Provenza-Alpi-Costa Azzurra, il primo risultato concreto è il risultato di un accordo tra Total e l'armatore CMA CGM per la fornitura di circa 270.000 tonnellate metriche di GNL all'anno nell' arco di dieci anni a partire dal 2021. Questo volume coprirà la fornitura di nove future navi portacontainer CMA CGM, la cui consegna è prevista a partire dal 2021. Questo bunkeraggio sarà effettuato nel porto di Marsiglia da una nave metaniera di piccole dimensioni (Ship-to-Ship).

Corsica Linea ha anche annunciato un ordine per un traghetto a GNL per Marsiglia consegnabile nel 2022. Inoltre, il porto di Marsiglia ha ricevuto per la prima volta lo scorso dicembre una nave da crociera a GNL, la Costa Smeralda. Ulteriori annunci potrebbero essere fatti dagli armatori nei prossimi mesi e anni, soprattutto se la zona ECA nel Mediterraneo dovesse diventare una realtà.

Se le prospettive sono incoraggianti, l'evoluzione del consumo di GNL per questo utilizzo rimane incerta: alcuni armatori esitano sul costo aggiuntivo delle navi GNL e, per quanto riguarda le navi da crociera, il bunkeraggio può essere effettuato a Barcellona, che offre tali servizi, piuttosto che nella regione ProvenzaAlpi-Costa Azzurra.

In uno scenario basso, il consumo sarebbe limitato alle navi già ordinate (CMA CGM e Corsica Linea) senza ulteriori sviluppi, portando il fabbisogno a circa 290 000 tonnellate all'anno a partire dal 2022.

In uno scenario alto, si può immaginare la graduale introduzione di traghetti a GNL nei porti di Marsiglia, Tolone e Nizza, al ritmo di uno ogni 2 anni a partire dal 2022, cioè il rinnovo di un terzo dell'attuale flotta (4 navi su 23 per Corsica Ferries, Corsica Linea e La Méridionale), allo stesso ritmo osservato negli ultimi 10 anni. Ogni nuovo traghetto GNL dovrebbe fare bunkeraggio in media per circa 11 ktpa all'anno. A questo si aggiunge il bunkeraggio dei transatlantici, il rifornimento dei quali verrebbe distribuito nel Mediterraneo tra Barcellona e Fos. Un nuovo transatlantico ogni 3 anni nel corso del decennio sembra realistico. Il loro fabbisogno è stimato a 30 ktpa per ogni nave da crociera.

Il bunkeraggio dovrebbe essere effettuato nel porto di Marsiglia principalmente da nave a nave con occasionali bunkeraggi di traghetti via truck-to-ship. A Tolone, se i traghetti vengono convertiti al GNL, le prime operazioni dovrebbero essere effettuate via truck-to-ship, ma una chiatta bunker diventerà rapidamente necessaria nel caso in cui vengano supportate più navi. Il GNL potrebbe poi essere trasportato da Fos sur Mer via mare, su rotaia o su strada. Il bunkeraggio a Nizza dovrebbe rimanere eccezionale e verrebbe effettuato esclusivamente da camion cisterne.



Inoltre, seguendo l'esempio dell'uso del carburante stradale, la regione PACA, attraverso i suoi terminali GNL a Fos sur Mer, rifornirà probabilmente le regioni limitrofe di GNL per il carburante marino, in particolare l'Occitania e l'Italia settentrionale. A seconda dei volumi coinvolti e della distanza, questi flussi possono avvenire a terra tramite autocisterne, o via mare tramite metaniere di piccole dimensioni.

#### 4.5 Combustibile fluviale a GNL

La rete fluviale della Provenza-Alpi-Costa Azzurra è particolarmente importante con circa 140 km di corsi d'acqua e 6 chiuse sui principali corsi d'acqua. È costituito da corsi d'acqua che consentono la circolazione di grandi dimensioni d'ingombro. Tuttavia, lo sviluppo dell'uso del GNL non sembra promettente come il carburante stradale o marino. La durata di vita della flotta è molto lunga, il che limita il potenziale di penetrazione delle energie alternative. La situazione economica del trasporto per vie navigabili interne ne limita la capacità di sostenere i costi di investimento aggiuntivi della propulsione a GNL (nella misura del 40%50%).

Tuttavia, il bacino del Rodano è direttamente collegato ai terminali GNL di Fos-Tonkin e Fos Cavaou e le dimensioni delle navi si prestano bene alla conversione del GNL. Uno studio finanziato dalla Commissione Europea (logistica del GNL) nel 2016-2019 ha previsto un consumo di 60.000 m<sup>3</sup> di GNL (27 ktpa) all'anno entro il 2030, il che sarebbe lo scenario ottimale. Il bunkeraggio verrebbe probabilmente effettuato via truckto-ship e sarebbe diviso tra Fos e la zona di Lione (escludendo quindi la regione PACA), la sezione su cui si svolge la maggior parte del traffico (cfr. Grafico 16).

Tuttavia, date le incertezze che circondano lo sviluppo del settore, considerando i costi da mobilitare e i piccoli volumi coinvolti, uno scenario basso comporterebbe che nessuna chiatta alimentata a GNL vedrebbe la luce sul Rodano.



Grafico 15 16 : la rete fluviale della Provenza-Alpi-Costa Azzurra

#### 4.6 Combustibile ferroviario a GNL

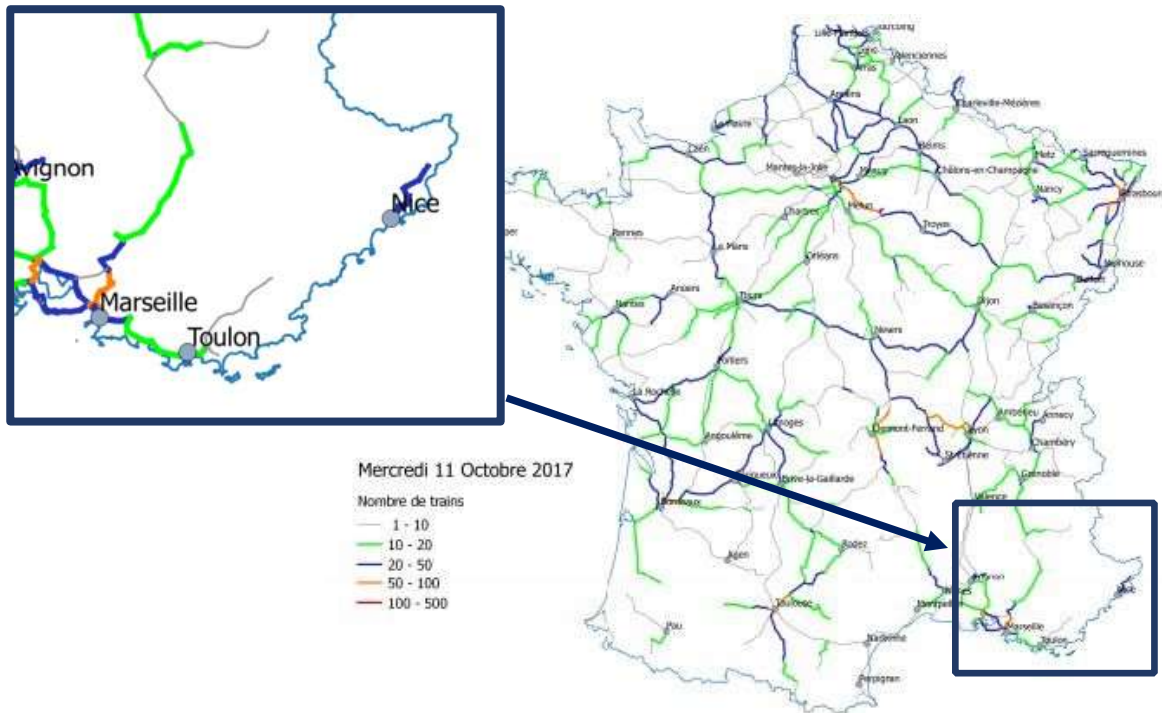
I treni in Francia utilizzano due modalità di propulsione: termica (diesel) ed elettrica. Dei 30.000 chilometri di linee della rete ferroviaria francese, 15.000 chilometri sono elettrificati e rappresentano il 90% del traffico

passaggeri. L'altra metà delle linee è quindi servita solo da locomotive diesel. Per promuovere lo sviluppo sostenibile del modo di trasporto ferroviario si possono considerare due opzioni

- Da un lato, l'elettificazione delle linee costa tra 0,35 e 1,5 milioni di euro per chilometro di binario singolo, e tra 0,7 e 3 milioni di euro per una linea a doppio binario senza contare i costi di manutenzione. Sono ormai poche le linee per le quali l'elettificazione è socialmente o economicamente attraente.
- Dall'altro lato, l'orientamento tecnologico del parco rotabile verso la motorizzazione ecologica e autonoma (che trasporta la propria energia di propulsione). Il costo dell'infrastruttura viene poi in parte trasferito sul costo del materiale rotabile. Questo è il processo che è stato intrapreso.

Nel settore ferroviario, le autorità pubbliche e i principali produttori di materiale rotabile (Bombardier e Alstom) hanno scelto di concentrare i loro sforzi sull'idrogeno. Il GNC è ancora poco esaminato per il momento. Nel marzo 2020 è stato approvato un prototipo di locomotiva a idrogeno per la rete ferroviaria europea. Tuttavia, l'idrogeno è ancora molto costoso sia in termini di attrezzature che di costo del carburante. Il carburante a idrogeno costa tra i 100 e i 200 euro per MWh, ovvero tra i 4 e i 6 euro al kg (prezzo all'uscita dell'impianto di elettrolisi), se il tempo di operatività è superiore a 7.000 ore all'anno. A questo prezzo bisogna aggiungere i costi di compressione per raggiungere un totale di circa 10 euro/kg. A titolo di confronto, il mercato all'ingrosso del gas dovrebbe rimanere stabile al di sotto dei 20 €/MWh e il GNL alla pompa in Francia si aggira intorno a 1 €/Kg. Inoltre, nella stragrande maggioranza dei casi, le locomotive vengono rifornite presso il deposito con autocisterne. In questo modo il passaggio alle locomotive a gas naturale liquefatto non comprometterebbe né la logistica né le pratiche già esistenti.

Il trasporto ferroviario francese a diesel è composto da 3.500 locomotive con serbatoi di circa 2,1m<sup>3</sup> ovvero 0,94 tonnellate. Per la regione PACA, il materiale rotabile al 14 marzo 2020 è composto da 137 locomotive, di cui 58 termiche. Si potrebbe immaginare il retrofit o l'acquisto di due locomotive GNL per il 2023 per l'omologazione e, dopo un test conclusivo, l'acquisto di 10 locomotive aggiuntive per le linee non elettrificate (cfr. Grafico 17) intorno al 2026. In uno scenario alto, con una media di un serbatoio al giorno, le prime due locomotive consumerebbero 687 tonnellate all'anno, per poi aumentare ulteriormente a 4.122 tpa con l'aggiunta di altre 10 locomotive. In uno scenario pessimistico, l'idrogeno sarebbe il carburante ideale per le ferrovie.



**Illustration 1 : carte des circulations d'engins Diesel sur le réseau ferré (source : Grafico 16 : mappa del traffico Diesel sulla rete ferroviaria) (fonte : rete SNCF)**

Va notato che, sebbene il GNL non sia ancora trasportato su rotaia in Francia, è una delle sostanze pericolose coperte dalla normativa ferroviaria internazionale "RID" e può essere trasportato in idonei contenitori criogenici: carri GNL o contenitori ISO. Elengy sta studiando progetti per collegare il terminale di Fos Tonkin alla rete ferroviaria nazionale con l'obiettivo di trasportare GNL in treno da qui al 2023. Con questa modalità di trasporto sarà possibile fornire, a costi competitivi, impianti satelliti di stoccaggio, alcuni dei quali potrebbero essere ubicati nell'area di cooperazione di Marittimo (Nord Italia, ad esempio).

#### 4.7 Usi domestici di GNL

Dal 2017 si sono verificati casi di utilizzo di GNL per uso domestico in aree lontane dalla rete nazionale di distribuzione del gas naturale. Il primo comune ad utilizzare il GNL per la propria rete locale è il comune di Molveno in Trentino-Alto Adige. Quest'ultimo, per alimentare la sua rete di distribuzione comunale lunga 4,4 km, si è dotato di un piccolo impianto di rigassificazione. L'impianto comprende un serbatoio di 80 m<sup>3</sup> di GNL (equivalente a 56.000 m<sup>3</sup> di gas naturale ad una pressione di rete di 2,4 bar), che può assicurare una capacità di consegna di 2.500 m<sup>3</sup>/ora (cfr. Grafico 18). 1,7 milioni di euro, interamente finanziati dalla società energetica Dolomiti Gnl che rifornisce la rete tramite autocisterna circa cinque volte all'anno. Un secondo comune: Marilleva, sempre in Trentino, ha seguito l'esempio di Molveno e altri comuni della regione hanno mostrato il loro interesse.



Questa nuova tendenza italiana potrebbe essere adottata nella regione PACA in territori non coperti dalla rete distributiva di GrDF (cfr. Grafico 19). Ciò riguarderebbe principalmente i dipartimenti delle Alpes Maritimes (06) e Alpes de Haute Provence (04). Si potrebbe supporre che i comuni della regione che volessero rendere ecologica la loro rete energetica con l'olio

combustibile o il GPL adottino il GNL. In uno scenario elevato, vedremmo la conversione a GNL di un piccolo comune ogni ogni anno con un conseguente aumento di 5 camion all'anno che rappresenterebbero circa 100 tonnellate all'anno. Ciò significherebbe circa dieci comuni in 10 anni per un consumo di 1000 tonnellate di GNL all'anno. Lo scenario pessimistico ipotizzato sarebbe la non concretizzazione di quanto sopra da parte di nessun comune della regione.

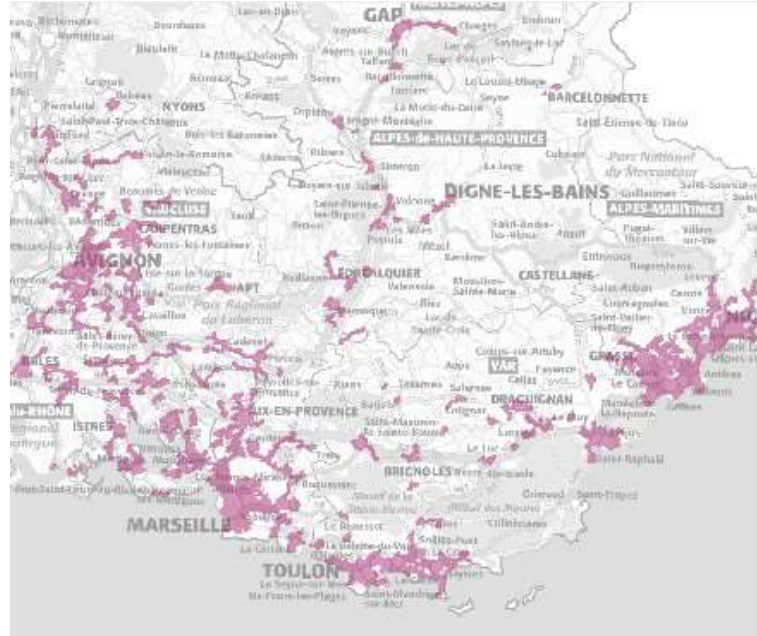


Grafico 18 : carta della rete GrDF nella regione PACA (zone in viola)

#### 4.8 Usi industriali GNL

Per quanto riguarda gli industriali, esistono prospettive di sviluppo sulla conversione della loro rete energetica (sia per il riscaldamento in sostituzione delle caldaie a gasolio o GPL, sia per i processi di produzione). Solo i siti che non possono essere collegati alla rete di distribuzione del gas naturale gassoso opterebbero per il GNL.

Ad oggi, due siti industriali nella regione PACA sono approvvigionati in GNL, con 51 serbatoi nel 2019 (cioè circa 1.000 tonnellate). In uno scenario alto, si potrebbe immaginare la progressione di un sito industriale ogni 3 anni che acquisirebbe 25 serbatoi di GNL all'anno, cioè circa 500 tonnellate all'anno (cioè 3 siti in 10 anni per 1500 t di GNL all'anno). Per quanto riguarda il GNL nazionale, questi siti si troverebbero principalmente nei dipartimenti delle Alpi Marittime (06) e delle Alpi di Alta Provenza (04). Uno scenario basso sarebbe che nessun sito industriale si convertirebbe al GNL.

## 5. Analisi comparativa di scenario alto e scenario basso

Dopo aver esaminato le opportunità di sviluppo del GNL nella regione PACA e aver individuato per ciascuna di esse le prospettive di consumo (scenari alti e bassi), possiamo ora confrontare i due casi.

Prima osservazione: gli usi del GNL con il maggior potenziale sono quelli del carburante stradale e marino. Questi sono gli unici usi che vengono mantenuti nello scenario basso. (cfr. Grafico 20). Gli altri usi sono più probabilmente considerati come usi di nicchia, non inclusi in questo scenario.

- Per il carburante per autotrazione, la premessa è un tasso di crescita lineare annuale come quello osservato negli anni passati, ma che raggiunge il suo picco nel 2028 a causa di un equilibrio raggiunto sul mercato con altre modalità di propulsione.
- Per il settore marittimo, questi sono gli ordini di navi a GNL conosciuti e stimati fino ad oggi. Si prevede che entrambi questi mercati forniranno volumi significativi per la regione anche in uno scenario basso.

SCENARIO PESSIMISTE (en Ktpa)	USAGES						
	Production électrique	Carburants				Usage historique du gaz	
	Stations mobiles	Routier	Marin	Fluvial	Ferroviaire	Domestique	Industriel
2020	0	5	0	0	0	0	1
2021	0	9	135	0	0	0	1
2022	0	13	290	0	0	0	1
2023	0	17	290	0	0	0	1
2024	0	22	290	0	0	0	1
2025	0	26	290	0	0	0	1
2026	0	30	290	0	0	0	1
2027	0	34	290	0	0	0	1
2028	0	38	290	0	0	0	1
2029	0	40	290	0	0	0	1
2030	0	42	290	0	0	0	1

Grafico 19 : proiezione ipotetica di uno scenario pessimistico su 10 anni

Nello scenario ottimale, gli sviluppi riguardano ciascuno degli usi identificati (cfr. Grafico 21).

- L'installazione di stazioni mobili per la produzione di energia elettrica per le navi ormeggiate verrebbe scaglionata in funzione dell'arrivo di nuove navi o di adeguamenti alla flotta esistente.



- Su strada, oltre all'aggiunta prevista di 3 stazioni pubbliche ogni anno, si aggiunge lo sviluppo di stazioni private che coprono il fabbisogno di 100 camion GNL l'anno.
- Per quanto riguarda il carburante marino, oltre all'accordo di fornitura tra CMA CGM e la nave Corsica Linea, si prevede il bunkeraggio di un traghetto supplementare ogni due anni e di una nave di linea supplementare ogni tre anni.
- Per il carburante fluviale, l'aumento dei consumi corrisponde ai volumi di uno studio europeo che stima il fabbisogno a 27 ktpa con rifornimenti distribuiti tra Fos e Lione.
- Il GNL potrebbe essere adottato come sostituto del diesel per il carburante ferroviario. Possiamo immaginare, per due locomotive, i volumi necessari per la certificazione e poi un ordine di 10 locomotive nel 2025. Dal momento in cui questi sono spesso ordinati in lotti.
- Per il GNL ad uso domestico, lo scenario ottimistico adottato corrisponde alla conversione a GNL di un piccolo comune all'anno.
- Infine, per uso industriale, i volumi rappresentano l'aggiunta di un cliente industriale ogni 3 anni con un consumo annuo di 25 serbatoi di GNL.

Entro il 2030 (cfr. Grafico 22), un confronto dei volumi rivela la quota preponderante del GNL come combustibile marino, ma con una logistica essenzialmente marittima e altamente concentrata (operazioni di bunkeraggio da nave a nave, coperte da due o tre navi porta-metaniere o chiatte di bunkeraggio e completate da un servizio camion a nave). Al contrario, il carburante per autotrazione GNL rappresenterà un importante contributo allo sviluppo della rete di distribuzione terrestre con l'aumento del numero di stazioni di servizio e del relativo traffico di autocisterne. Alcuni traffici ferroviari potrebbero svilupparsi tra il bacino portuale di Marsiglia e il porto di Tolone con il trasporto di metaniere per rifornire quest'ultimo (con carburante marino o per le stazioni elettriche di banchina). Questo trasporto ferroviario è soggetto allo sviluppo di altri trasporti di container tra i due porti che consentano la circolazione di treni completi.

SCENARIO OPTIMISTE (en Ktpa)	USAGES						
	Production électrique	Carburants				Usage historique du gaz	
	Stations mobiles	Routier	Marin	Fluvial	Ferroviaire	Domestique	Industriel
2020	0	11	0	0	0	0	1
2021	8	22	146	0	0	0,1	1,5
2022	8	32	301	2	0	0,2	1,5
2023	8	43	342	5	0,7	0,3	1,5
2024	8	53	342	8	0,7	0,4	2
2025	8	64	353	11	4,1	0,5	2
2026	8	74	383	14	4,1	0,6	2
2027	8	85	394	18	4,1	0,7	2,5
2028	8	95	394	21	4,1	0,8	2,5

2029	8	103	435	24	4,1	0,9	2,5
2030	8	111	435	27	4,1	1	3

Grafico 21 : proiezione ipotetica di uno scenario ottimistico su 10 anni

SCENARIOS A 2030 (en Ktpa)	USAGES						
	Production électrique	Carburants				Usage historique du gaz	
	Stations mobiles	Routier	Marin	Fluvial	Ferroviaire	Domestique	Industriel
Bas	0	42	290	0	0	0	1
Haut	8	111	435	27	4	1	3

Grafico 22 : volumi di scenari pessimistici e ottimistici fino al 2030

Nel complesso (cfr. Grafico 23), si registra un forte aumento dei volumi nel 2021 e nel 2022, dovuto all'attuazione e all'accelerazione dell'accordo CMA CGM, per entrambi i tipi di scenario. Dal 2022 in poi, si delineano uno scenario a tendenza bassa con una crescita limitata dovuta al GNL stradale e uno scenario alto con una crescita più sostenuta dovuta ai possibili diversi utilizzi del GNL.



Grafico 23 : grafico che rappresenta i volumi degli scenari pessimistici e ottimistici in Kt/a

## 6. Conclusioni

Dopo aver esaminato la molteplicità dei potenziali utilizzi del GNL, l'obiettivo è quello di descrivere l'evoluzione della rete di distribuzione e di trasporto nella regione Provenza-Alpi-Costa Azzurra nei prossimi anni, sulla base dei volumi previsti dai due scenari.

Uno sviluppo progressivo e sostenibile è molto probabile nei settori stradale e marittimo:

### Settore Stradale :

- Aumento del numero di stazioni di servizio a metano lungo le strade principali e in prossimità delle piattaforme logistiche del territorio
- Sviluppo di stazioni private sulle piattaforme operative dei vettori stradali.

Poiché le stazioni di servizio sul territorio sono rifornite da serbatoi di GNL provenienti dai terminali di Fos, il loro sviluppo comporterà un aumento dei flussi di trasporto con autocisterne. Questi flussi saranno concentrati sugli assi stradali principali: asse sud-nord lungo la A7, asse ovest-est da Fos a Marsiglia-Tolone-Nizza (A55, A50, A8), asse est-ovest da Fos a Nîmes e poi verso l'Occitania (N568, A54). Inoltre, poiché i terminali di Fos sono la principale fonte di approvvigionamento per le stazioni di servizio e i siti di stoccaggio di GNL in Italia, i flussi ovest-est saranno rafforzati verso l'Italia. In misura più limitata, si svilupperà un flusso regionale verso Gap.

La mappa sottostante (Grafico 24) identifica i centri logistici della zona e la rete stradale principale ad essi collegata. I recenti sviluppi logistici del territorio si concentrano su questi centri o lungo gli assi identificati. Lo stesso vale per gli sviluppi futuri. Questa cartografia permette quindi di ipotizzare l'ubicazione della futura rete di stazioni di servizio (circa 25 nuove stazioni, senza contare le stazioni private): principalmente a livello di snodi logistici e, in misura minore, lungo le strade principali al di fuori di questi snodi.

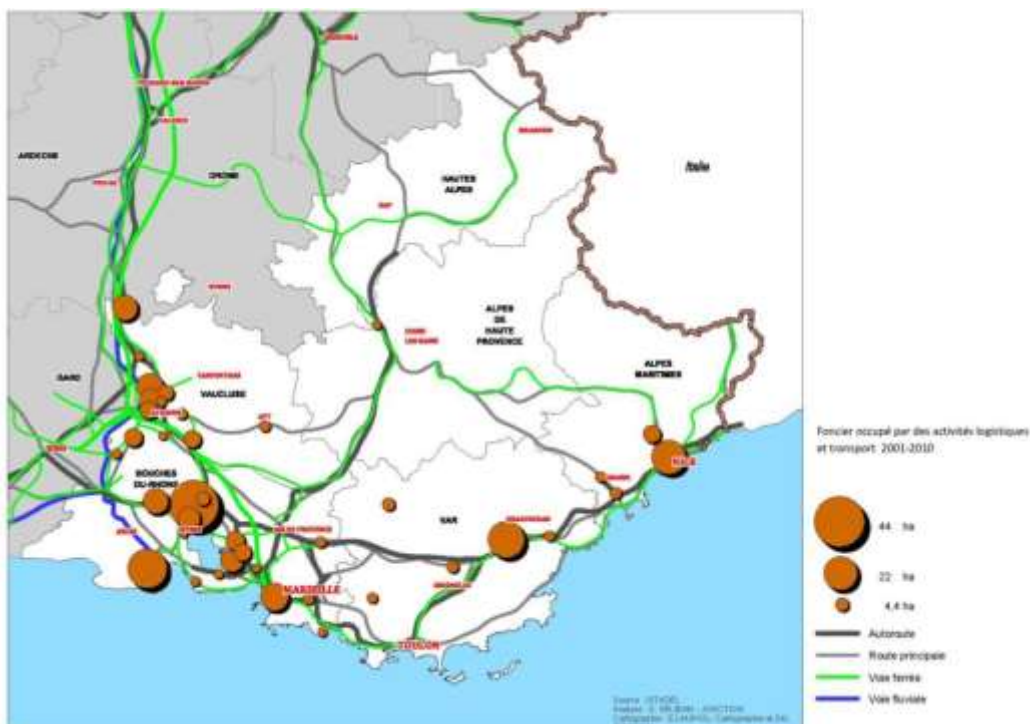


Grafico 24 – Logistica e trasporto territoriali 2001-2010 (fonte : <http://www.paca.developpement-durable.gouv.fr>)

### Settore Marittimo :

Il GNL come combustibile marino dovrebbe diventare il primo utilizzo su piccola scala nella regione entro i prossimi due anni. L'arrivo di traghetti e navi da crociera a GNL costringerà i porti a dotarsi di soluzioni di rifornimento di GNL. A seconda dei porti, le soluzioni possono essere di vari tipi.

- È già noto che il porto di Marsiglia-Fos ospiterà la piccola nave metaniera di Total per rifornire le navi portacontainer dell'armatore CMA CGM. Altre metaniere di piccole dimensioni o chiatte potrebbero rifornire le altre navi a mano a mano che il traffico aumenta.
- A Tolone sono disponibili diverse soluzioni :
  - o Inizialmente, le soluzioni camion-nave sono adatte per piccoli volumi (approvvigionamento di traghetti), completate dal rifornimento di stazioni mobili per l'alimentazione elettrica da terra da parte di autocisterne
  - o Successivamente, con l'aumento dei volumi, si ipotizza lo stoccaggio in banchina con rifornimento ferroviario o marittimo (tramite metaniere di piccole dimensioni)

- Una soluzione alternativa allo stoccaggio a terra rimane quella nave a nave tramite metaniere di piccole dimensioni o chiatta, eventualmente completata da autocarro a nave per i volumi più piccoli
- A Nizza, invece, dato che il potenziale di mercato è più limitato, la soluzione autocarro-nave sembra essere la più adatta.

Questi sviluppi sarebbero quindi associati ad un flusso Ovest-Est (stradale, marittimo o addirittura ferroviario), dove Fos-sur-Mer sarebbe l'unico punto di approvvigionamento per i porti di Marsiglia, Tolone e Nizza per le loro esigenze di rifornimento di GNL.

**Altri utilizzi :**

Altri utilizzi hanno un potenziale di sviluppo più limitato, ma possono essere perfettamente adattati ad alcune problematiche locali. Dati i volumi relativamente bassi e la flessibilità prevista, le forniture saranno effettuate tramite autocisterne.

- L'uso industriale dovrebbe rimanere limitato a località lontane dai centri abitati e dalle reti del gas. Dovrebbe toccare solo un numero molto ristretto di località e quindi non dovrebbe avere un impatto significativo sulla rete di distribuzione del GNL.

- Il potenziale per il combustibile fluviale rimane limitato, ma lo sviluppo è ancora possibile a medio termine.
- Per il GNL nazionale, le previsioni sono ancora incerte. La decisione spetta ai comuni, che tendono a privilegiare le biomasse quando cercano di sviluppare fonti di energia alternative. Tuttavia, in alcuni casi potrebbero presentarsi delle applicazioni. In tutti i modi, i volumi rimarranno molto bassi.
- Le soluzioni mobili per la generazione di energia, tramite GNL, destinata alle navi ormeggiate sono una risposta matura ed economica. E' probabile che i porti si dotino di questa soluzione come backup, in una fase di transizione o quando la connessione alla rete è troppo complessa. Tuttavia, in questi porti sarà necessario sviluppare strutture e procedure adeguate.
- Nel settore ferroviario, prima di qualsiasi sviluppo, occorre prevedere un periodo corrispondente all'omologazione dei locomotori sulla rete europea. Se si ottenesse tale omologazione, lo sviluppo potrebbe essere molto rapido grazie alle limitate alternative e della facile logistica del ricarica tramite autocisterne presso il deposito. La catena di approvvigionamento non verrebbe interrotta. Naturalmente, col tempo, i depositi potrebbero essere dislocati in punti chiave della rete, ad esempio nei porti marittimi e fluviali multimodali collegati alla rete ferroviaria, che fornirebbero così sia le chiatte marittime o fluviali che le locomotive.

Nel complesso, per i prossimi anni, il modello di distribuzione nella regione Provenza-Alpi-Costa Azzurra (cfr Grafico 24) rimarrà concentrato su Fos come sito di approvvigionamento per la regione e non solo. I principali volumi di distribuzione saranno generati dall'uso marittimo a partire dal 2021, a destinazione dei porti di Marsiglia ed eventualmente di Tolone. Questi flussi di distribuzione saranno effettuati principalmente via mare e, in modo più limitato, via terra o anche su rotaia. La distribuzione a terra, anche se minore, continuerà a crescere in maniera significativa. I flussi terrestri continueranno ad essere destinati principalmente al di fuori della regione (Valle del Rodano e Italia) e aumenteranno notevolmente all'interno della regione, dove forniranno il crescente numero di stazioni di GNL, formando, col tempo, una rete di una trentina di stazioni.

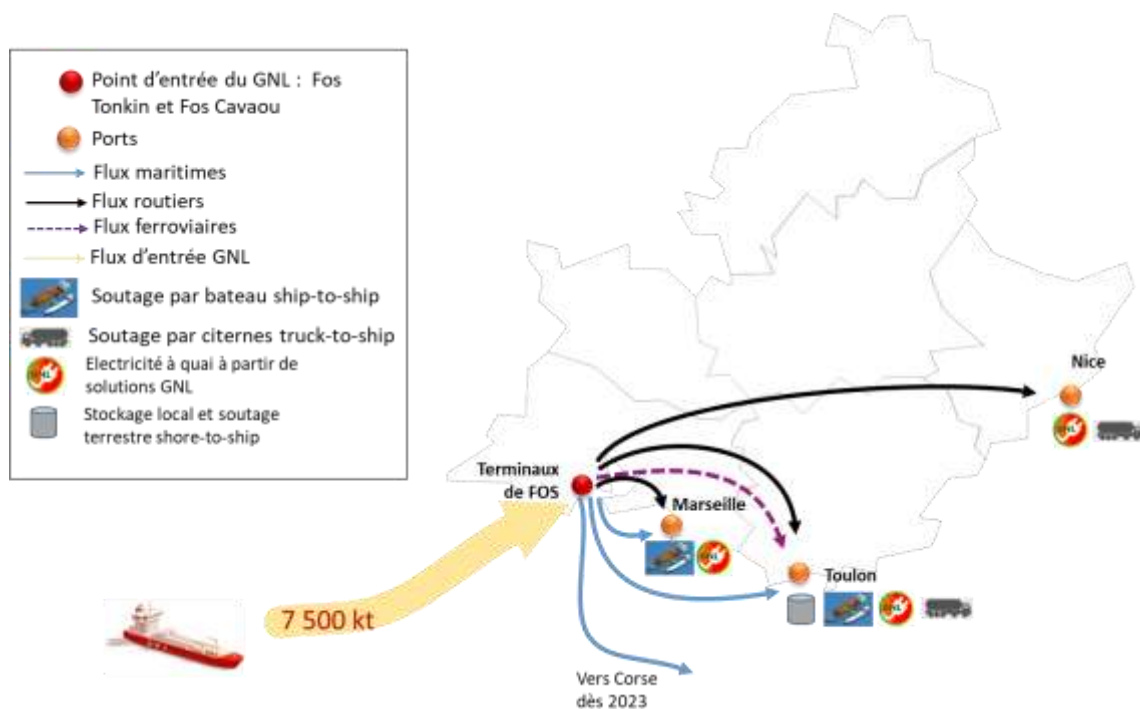




Grafico 25 : Quadro di riferimento per il trasporto e la distribuzione di GNL nella regione PACA: potenziale di sviluppo di GNL nel settore marittimo e portuale

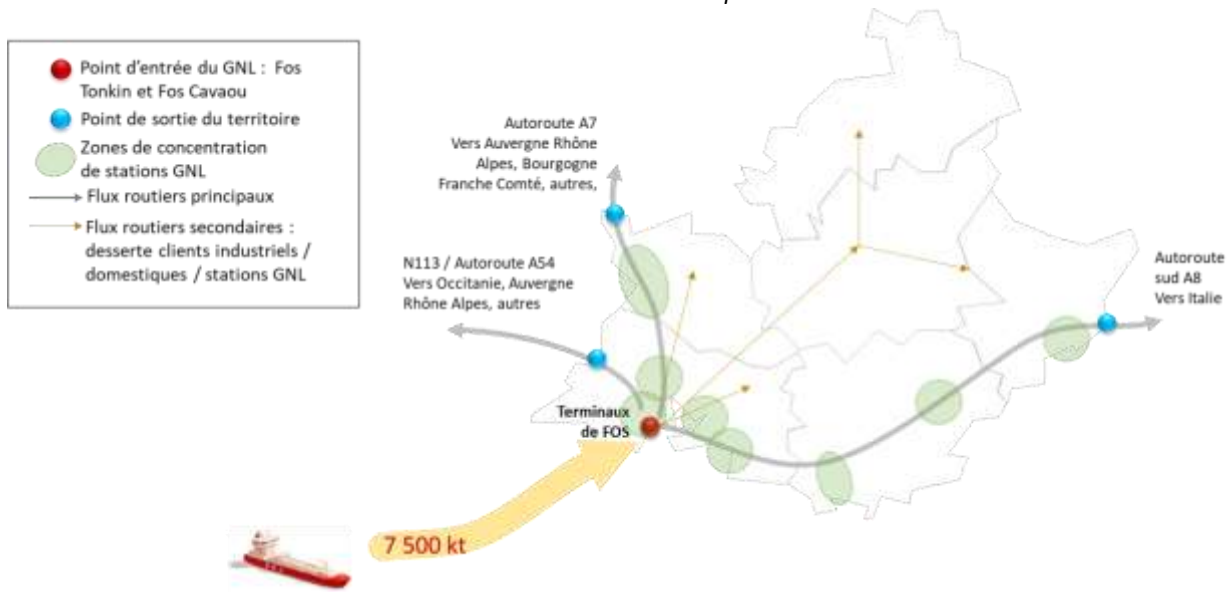


Grafico 26 : Quadro di riferimento per il trasporto e la distribuzione di GNL nella regione PACA: potenziale di sviluppo nell'industria del GNL onshore : carburante, clienti industriali, clienti privati