



## TERMINAL GNL NEL PORTO CANALE DI CAGLIARI PROGETTO AUTORIZZATIVO

TERMINAL GNL NEL PORTO CANALE DI CAGLIARI  
PROGETTO AUTORIZZATIVO



### Progettazione

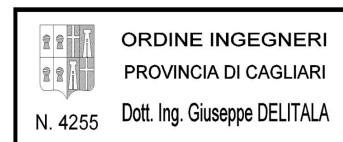
Società di ingegneria incaricata per la progettazione



COSIN S.r.l.  
SOCIETÀ DI INGEGNERIA UNIPERSONALE  
09134 CAGLIARI - VIA SAN TOMMASO D'AQUINO 18  
Tel e fax +39 070 2346768  
info@cosinsrl.it  
P.IVA 03043130925

Progettista e responsabile per l'integrazione  
fra le varie prestazioni specialistiche

Ing. Giuseppe Delitala



### Gruppo di lavoro COSIN S.r.l.

**Geologia e geotecnica**

Geol. Alberto Gorini

**Opere Civili**

Ing. Nicola Marras

**Studio di impatto ambientale**

Ing. Emanuela Corona

**Fotosimulazioni**

Arch. Daniele Nurra

**Archeologia**

Archeol. Anna Luisa Sanna

### Consulenze specialistiche:

**Rapporto preliminare di sicurezza**

Società ICARO S.r.l.

**Opere antincendio**

Ing. Fortunato Gangemi

**Opere Marittime**

Ing. Giovanni Spissu

**Opere Strutturali**

Ing. Francesco Fiori

**Studio di impatto Acustico**

Ing. Antonio Dedoni

## VALUTAZIONE DELLE EMISSIONI IN ATMOSFERA DERIVANTI DAL PROGETTO

### 1 - ELABORATI TECNICI E SPECIALISTICI

NOME FILE

D\_01\_ES\_20\_EMI\_R00

FORMATO

CODICE  
ELAB.

D 0 1 E S 2 0 E M I R 0 0

REV. A

A4

A PRIMA EMISSIONE

Maggio 2017

Icaro

Delitala

Delitala

REV. DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO



## **INDICE**

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE</b> .....	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>STIMA DELLE EMISSIONI DALLE ATTIVITÀ DI CANTIERE</b> .....	<b>3</b>
2.1	VOLUMI DI TRANSITO .....	3
2.2	MEZZI DI CANTIERE .....	4
2.3	POLVERI .....	9
2.4	RISULTATI (EMISSIONI DA CANTIERE) .....	10
<b>3</b>	<b>STIMA DELLE EMISSIONI NELLE CONDIZIONI DI ESERCIZIO E VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI</b> .....	<b>12</b>
3.1	IL MODELLO CALPUFF .....	12
3.1.1	Preprocessore meteorologico CALMET .....	13
3.1.2	Il modello CALPUFF .....	14
3.1.3	Il postprocessore CALPOST .....	16
3.2	SCENARIO METEO-DIFFUSIVO.....	17
3.2.1	Dati meteo .....	17
3.2.2	Dati geofisici .....	20
3.3	EMISSIONI LEGATE ALL'ESERCIZIO: APPLICAZIONE DEL MODELLO DI DISPERSIONE.....	22
3.3.1	Il reticolo di calcolo .....	22
3.3.2	Lo scenario emissivo simulato .....	23
3.3.3	I dati meteo .....	31
3.3.4	Risultati delle simulazioni.....	31
3.4	CONFRONTO CON GLI STANDARD DI QUALITÀ DELL'ARIA.....	33
3.4.1	Metodologia adottata .....	33
3.4.2	Valori di riferimento per la qualità dell'aria .....	33
3.4.3	Confronto risultati simulazioni con SQA.....	34
<b>4</b>	<b>CONCLUSIONI</b> .....	<b>36</b>
	<b>APPENDICE I - MAPPE DELLE SIMULAZIONI</b> .....	<b>38</b>



## 1 Introduzione

L'intervento, oggetto del presente studio, ha l'obiettivo di realizzare un terminal per il GNL (Gas Naturale Liquefatto) nel Porto Canale di Cagliari. L'impianto è stato localizzato in un'area che intercetta il tracciato delle reti di trasporto del gas GPL (Gas Petrolio Liquefatto) esistenti dell'area vasta di Cagliari, ed in prossimità della dorsale Sarroch/Oristano/Porto Torres del metanodotto in progetto. L'obiettivo principale è di garantire agli utenti civili e industriali della Sardegna la possibilità di utilizzare il gas metano come fonte energetica alternativa a quelle già presenti nell'isola.

Il presente documento rappresenta lo studio di valutazione delle emissioni derivanti dalle attività in progetto.

In particolare si riporta di seguito:

- La valutazione delle emissioni derivanti dalle attività di cantiere previste;
- La valutazione delle emissioni derivanti dall'esercizio del nuovo impianto e la conseguente valutazione degli effetti sulla qualità dell'aria locale.

In particolare lo studio modellistico presentato è relativo alla quantificazione delle ricadute al suolo delle emissioni provenienti dall'esercizio del progetto sopracitato.

Nel presente studio sono state considerate due condizioni emissive:

- Condizione di normale esercizio in cui sono attive esclusivamente limitate sorgenti di emissione, rappresentate da Motori a Combustione Interna, alimentati a metano, che forniscono l'energia elettrica alle utenze del sito e sono presenti, per periodi limitati, i mezzi navali di approvvigionamento del GNL (Metaniere, etc.);
- Condizione di emergenza che comporta l'attivazione della Torcia, per depressurizzazione dell'impianto.

Quest'ultima condizione, rappresentando una condizione di emergenza, è volta a valutare il massimo impatto, in termini di concentrazioni di picco, prevedibile al suolo.

Lo studio è stato effettuato con il modello matematico di simulazione CALMET/CALPUFF 5.8 (EPA approved version) attraverso il software CALPUFF View Version 3 (Lakes Environmental). Un modello di simulazione non stazionario "a puff", che costituisce ad oggi il riferimento più autorevole per applicazioni similari, approvato dall'USEPA.

Nelle simulazioni è stato utilizzato scenario meteo diffusivo aggiornato, costituito dai dati elaborati dal modello climatologico globale WRF (Weather Research and Forecasting - Nonhydrostatic Mesoscale Model) messo a punto dal NOAA, calcolati presso il punto di coordinate corrispondenti al baricentro dell'area di inserimento e relativi all'ultimo anno disponibile (2016).

Gli inquinanti considerati nelle stime e nelle simulazioni riportate sono gli ossidi di azoto ed il monossido di carbonio, quali inquinanti prodotti dalla combustione del gas naturale, con l'aggiunta delle sostanze presenti nei gas di scarico prodotti dalle sorgenti di emissione navali e terrestri: Ossidi di Zolfo (SOx) e Polveri.

## 2 Stima delle emissioni dalle attività di cantiere

Gli impatti sulla componente atmosferica relativa alla fase di cantiere sono essenzialmente riconducibili alle emissioni connesse al traffico veicolare dei mezzi in ingresso e in uscita dal cantiere (trasporto materiali, trasporto personale), e alle emissioni dei mezzi di cantiere in esercizio.

Nell'area di cantiere sono in particolare prevedibili le seguenti emissioni in atmosfera:

- gas di scarico dei mezzi di cantiere contenenti prodotti di combustione quali NO<sub>x</sub>, CO e polveri;
- polveri generate dalle attività di scavo o dovute al trasporto eolico del materiale più leggero (es. da stoccaggi in cumulo di terreno e altri materiali da costruzione).

Tali volumi di emissione sono stati quantificati nei successivi paragrafi.

Si precisa che le stime effettuate, cautelativamente, non tengono conto delle previste misure organizzative di minimizzazione del traffico delle attività di cantiere e dei previsti regolari controlli e manutenzioni dei mezzi.

### 2.1 Volumi di transito

Gli inquinanti tipici generati dal traffico veicolare sono costituiti da NO<sub>x</sub>, Polveri e CO.

Per la stima delle emissioni prodotte in fase di cantiere si è proceduto ad effettuare la stima dei volumi di transito, in ingresso ed in uscita dall'area di cantiere, degli automezzi coinvolti ed applicando dei fattori emissivi standard da letteratura.

Per la stima delle emissioni in atmosfera è stata effettuata una valutazione puntuale dei mezzi impiegati e dei relativi giorni di presenza in cantiere:

Tipologia di mezzo	N° mezzi	km/giorno percorsi da ogni mezzo	Giorni effettivi di attività
Automezzi pesanti	15	20	270
Autovetture	30	10	270

**Tabella 1: Volumi di traffico in ingresso/uscita dal cantiere**

Nella tabella è riportata una stima del numero di mezzi giorno previsti e dei rispettivi chilometri percorsi. La stima dei percorsi è stata effettuata considerando la vicinanza all'abitato di Cagliari e ai rispettivi punti di approvvigionamento dei materiali.

La stima delle emissioni dai mezzi è stata effettuata mediante l'utilizzo di fattori di emissione chilometrici proposti da Sinanet (Rete del sistema Informativo Nazionale Ambientale per mezzi su strada).

Tipologia Mezzo	Emissioni CO [g/km]	Emissioni NOx [g/km]	Emissioni polveri [g/km]
Automezzi pesanti (*)	2,8	6,49	0,053
Autovetture (**)	0,27	0,64	0,032

## NOTE

(\*) Considerati fattori di emissione, in via conservativa, relativi a categoria mezzi pesanti di categoria Euro IV da 20 a 26 tonnellate.

(\*\*) Considerati fattori di emissione, in via conservativa, per autovetture di categoria Euro IV alimentate a gasolio in regime extraurbano.

**Tabella 2: Fattori di emissione traffico veicolare**

## 2.2 Mezzi di cantiere

Nella tabella seguente si riporta il previsto parco mezzi in utilizzo all'interno dell'area di cantiere, per l'intero periodo di attività, stimato in circa un anno solare.

Tipologia Mezzo	Potenza [kW]	Numero mezzi
Escavatore/Side Boom	120	2
Pala meccanica	180	2
Autocarro	120	2
Motopontone	300	1
Bettolina/Mezzi di supporto	93	2
Autobetoniere/Macchinari Betonaggio	200	3
Gru/Autogru	200	1
Rullo compattante vibrante	30	2
Miniescavatore	120	4
Finitrice	30	2
Compressore/essicatore	30	1

Tipologia Mezzo	Potenza [kW]	Numero mezzi
Generatore	640	3
Autocisterna	120	1
Sonda trivellatrice	120	2
Autoarticolato con pianale	120	2
Trivella Spingi Tubo	120	2
Curvatubi/pipewelder	50	2
Motosaldatrice	120	2
Pompa/sabbiatrica	170	2
Vibroinfissore	120	1

**Tabella 3: Mezzi di cantiere previsti in impiego**

Rispetto a tali mezzi, è stata valutata la contemporanea presenza dei principali mezzi in ciascuna fase prevista dal cronoprogramma di cantiere.

Nella successiva tabella si riportano le singole fasi previste dal cronoprogramma, unitamente al calcolo del totale di giorni di esercizio dei mezzi indicati per ciascuna macroattività prevista.

Fasi	Attività	Mezzi impiegati	Somma giorni attività mezzi
1	Accantieramento: baraccamenti, impiantistica, recinzioni, tracciature etc	Escavatore/Side Boom Pala meccanica Autocarro Autoarticolato con pianale	10
	Rimozione vegetazione e decespugliamento	Escavatore/Side Boom Pala meccanica Autocarro	10
	Preparazione piano di posa (livellamento quote)	Escavatore/Side Boom Pala meccanica Autocarro Gru/Autogru Rullo compattante vibrante	20

Fasi	Attività	Mezzi impiegati	Somma giorni attività mezzi
		Miniescavatore	
2	Realizzazione viabilità interna, sottoservizi e adeguamento sottoservizi esistenti	Escavatore/Side Boom Pala meccanica Autocarro Gru/Autogru Rullo compattante vibrante Miniescavatore Finitrice	35
	Preparazione scavo per posa tubazione criogenica	Escavatore/Side Boom Pala meccanica Autocarro Miniescavatore	45
3	Preparazione dei piani di fondazione delle strutture civili e industriali	Escavatore/Side Boom Pala meccanica Autocarro Miniescavatore Gru/Autogru	15
	Trivellazione pali di fondazione serbatoi	Escavatore/Side Boom Pala meccanica Autocarro Autoarticolato con pianale	35
	Realizzazione opere edili	Escavatore/Side Boom Pala meccanica Autocarro Miniescavatore Gru/Autogru	30
4	Realizzazione impianto GNL	Escavatore/Side Boom Pala meccanica Autocarro Motopontone Bettolina/Mezzi di supporto Gru/Autogru Miniescavatore Compressore/essicatore Autoarticolato con pianale Trivella Spingi Tubo Curvatubi/pipewelder Motosaldatrice Pompa/sabbiatrica Vibroinfissore	60



Fasi	Attività	Mezzi impiegati	Somma giorni attività mezzi
	Realizzazione tubazione criogenica	Escavatore/Side Boom Pala meccanica Autocarro Gru/Autogru Autoarticolato con pianale	70
	Realizzazione torcia	Escavatore/Side Boom Pala meccanica Autocarro Gru/Autogru Autoarticolato con pianale	55
5	Realizzazione opere in banchina	Escavatore/Side Boom Pala meccanica Autocarro Motopontone Bettolina/Mezzi di supporto Miniescavatore Autoarticolato con pianale	60
6	Rinaturazione e opere di mitigazione ambientale e smobilitazione cantiere	Escavatore/Side Boom Pala meccanica Autocarro Miniescavatore Gru/Autogru	25

**Tabella 4: Mezzi di cantiere utilizzati per singola fase realizzativa**

Per ciascuna tipologia di mezzo, in relazione alle attività specifiche previste, sono state ipotizzate durate di esercizio medie giornaliere che vanno dalle 6 ore al giorno per Escavatori, autogru e pala meccanica a durate più limitate per gru a torre o sonde di perforazione. Una sintesi della stima in termini di ore totali per tutta la durata del cantiere è riportata in tabella seguente:

Tipologia Mezzo	Ore di attività per durata cantiere
Escavatore/Side Boom	2820
Pala meccanica	2820
Autocarro	1880
Motopontone	360





Tipologia Mezzo	Ore di attività per durata cantiere
Bettolina/Mezzi di supporto	720
Gru/Autogru	620
Rullo compattante vibrante	330
Miniescavatore	1620
Finitrice	140
Compressore/essicatore	120
Autoarticolato con pianale	1740
Trivella Spingi Tubo	360
Curvatubi/pipewelder	120
Motosaldatrice	360
Pompa/sabbiatrice	240
Vibroinfissore	240

**Tabella 5: Ore previste di attività per ciascuna tipologia di mezzo**

Analogamente a quanto effettuato per i mezzi in transito, rispetto a tali stime di ore di attività, è stata effettuata una stima delle emissioni dalle attività operative di cantiere, mediante l'utilizzo di fattori di emissione orari standard da letteratura (Sinanet- Rete del sistema Informativo Nazionale Ambientale per mezzi su strada).

Tipologia Mezzo	Emissioni CO [g/h]	Emissioni NOx [g/h]	Emissioni polveri [g/h]
Pala meccanica, escavatori, motocompressore	260	858	78
Autocarro, autogru, autobetoniera, autopompa	817	1889	116
Gru a torre, Vibroinfissore	306	767	63
Mezzi navali di supporto (*)	1634	3778	232

NOTE

(\*) Dati emissivi fissati cautelativamente pari al doppio delle emissioni dei mezzi di cantiere più inquinanti, in assenza di dati specifici.

**Tabella 6: Fattori di emissione mezzi di cantiere**

### 2.3 Polveri

Per quanto riguarda la stima delle emissioni di polveri derivanti dalle attività di cantiere, si tratta di una stima di difficile valutazione.

Le emissioni più significative sono generate nella fase di preparazione dell'area di cantiere e nelle fasi di scavo previste.

Dati di letteratura (USEPA AP-42) indicano un valore medio mensile di produzione polveri da attività di cantiere stimabile in 0,02 kg/m<sup>2</sup> considerando le aree in lavorazione soggette all'azione eolica e agli agenti atmosferici.

Rispetto all'intera area di cantiere, è possibile considerare una area, esposta agli agenti atmosferici in quanto operativa (aree di lavoro e viabilità), pari mediamente sul periodo a circa 10.000 m<sup>2</sup>.

In termini di durata di tale esposizione è possibile considerare una durata delle operazioni che posso dare origine a polveri di circa 8 mesi, rispetto alla durata complessiva del cantiere di circa 1 anno.

Si possono infatti escludere le fasi di realizzazione fuori terra e di completamento.

## 2.4 Risultati (emissioni da cantiere)

Utilizzando i fattori di emissione sopra citati è possibile effettuare la seguente stima complessiva delle emissioni associabili alle attività realizzative del progetto, suddivise nelle voci sopra esplicitate.

Tipologia Mezzo	Emissioni CO [t]	Emissioni NOx [t]	Emissioni polveri [t]
Automezzi pesanti (*)	0,23	0,53	0,004
Autovetture (**)	0,02	0,05	0,003
Mezzi di Cantiere	7,6	19,8	1,4
Erosione eolica aree cantiere	---	---	1,6
<b>TOTALE</b>	<b>7,9</b>	<b>20,4</b>	<b>3,0</b>

NOTE

(\*) Considerati fattori di emissione, in via conservativa, relativi a categoria mezzi pesanti di categoria Euro IV da 20 a 26 tonnellate.

(\*\*) Considerati fattori di emissione, in via conservativa, per autovetture di categoria Euro IV alimentate a gasolio in regime extraurbano.

**Tabella 7: Emissioni complessive dalle attività di cantiere**

Le emissioni stimate per la fase di cantiere sono state poi convertite in emissioni equivalenti dovute al traffico veicolare, utilizzando appositi fattori di emissione di seguito riportati :

Tipologia Mezzo	Emissioni CO [g/km]	Emissioni NOx [g/km]	Emissioni polveri [g/km]
Autovetture	0,27	0,64	0,032

**Tabella 8: Fattori di emissione traffico veicolare**

Conservativamente sono stati considerati fattori di emissione per autovetture di categoria Euro IV alimentate a gasolio in regime extraurbano.

Il numero di autovetture equivalente (supponendo una percorrenza media annua di 10.000 km) dato dalle attività di cantiere dello stabilimento in progetto, è pari ad un valore fra le 3.000 e le 9.000 auto.



Tale valore equivalente risulta circa pari allo 0,5% del parco auto circolante nella regione Sardegna 1.300.000 mezzi (Fonte: ACI - consistenza parco veicoli al 31/12/2014).

Sulla base di tale considerazione, e data la natura transitoria dell'attività di cantiere, si evidenzia come il contributo stimato risulti poco significativo.

### **3 Stima delle emissioni nelle condizioni di esercizio e valutazione degli effetti**

Nel seguente capitolo sono illustrati, relativamente alle condizioni di esercizio previsti, i dati di input al modello di calcolo ed i risultati delle simulazioni svolte, preceduti da una breve descrizione del modello stesso.

L'analisi si conclude con il confronto tra i risultati della simulazione e gli Standard di Qualità dell'Aria applicabili.

In Appendice alla relazione vengono riportate le mappe delle curve di isoconcentrazione al suolo degli inquinanti modellati ricavate per interpolazione grafica tra i valori calcolati ai nodi del reticolo di calcolo e contrassegnate dal proprio valore di concentrazione.

#### **3.1 Il modello CALPUFF**

Il modello CALPUFF è un modello di dispersione Lagrangiano non stazionario "a puff", elaborato da "Sigma Research Corporation" (Earth Tech, Inc.) nel 1990.

Un modello a puff schematizza il comportamento del pennacchio inquinante come la diffusione di nuvole di dimensione finita (PUFF) in cui il pennacchio viene suddiviso e che si muovono individualmente, soggette ad una legge di diffusione gaussiana in un determinato campo di vento.

Le linee generali che hanno guidato lo sviluppo di tale modello sono riassunte di seguito:  
capacità di trattare sorgenti puntuali ed areali variabili nel tempo;  
applicabilità a domini d'indagine sia a grande scala che su piccola scala;  
applicabilità a condizioni meteorologiche non stazionarie ed orografiche complesse;  
possibilità di trattare fenomeni atmosferici di deposizione umida e secca, decadimento, reazione chimica e trasformazione degli inquinanti.

Il sistema di modellizzazione sviluppato è costituito da 3 componenti:

- un processore meteorologico (CALMET) in grado di ricostruire, con cadenza oraria, campi tridimensionali di vento e temperatura, bidimensionali di altre variabili come turbolenza, altezza dello strato di mescolamento ecc;
- un modello di dispersione non stazionario (CALPUFF) che simula il rilascio di inquinanti dalla sorgente come una serie di pacchetti discreti di materiale ("puff") emessi ad intervalli di tempo prestabiliti; CALPUFF può avvalersi dei campi tridimensionali generati da CALMET oppure utilizzare altri formati di dati meteorologici;
- un programma di postprocesso degli output di CALPUFF (CALPOST), che consente di ottenere i formati richiesti dall'utente ed è in grado di interfacciarsi con apposito software per l'elaborazione grafica dei risultati.



Le principali caratteristiche delle tre componenti sopra individuate vengono fornite di seguito.

### 3.1.1 Preprocessore meteorologico CALMET

CALMET è un preprocessore meteorologico in grado di riprodurre campi tridimensionali di vento e temperatura, e campi bidimensionali di parametri descrittivi della turbolenza.

CALMET può operare su qualsiasi tipo di dominio, in quanto è in grado di gestire le problematiche inerenti alla presenza di orografia complessa o di interfaccia terra-mare; inoltre questo modello opera anche in presenza di calma di vento.

CALMET consente di tener conto di diverse caratteristiche, quali la pendenza del terreno, la presenza di ostacoli, la presenza di zone marine o corpi d'acqua.

Esso è dotato inoltre di un processore micrometeorologico in grado di calcolare i parametri dispersivi all'interno dello strato limite (CBL) come altezza di miscelamento e coefficienti di dispersione; inoltre calcola internamente la classe di stabilità atmosferica tramite la localizzazione del dominio di calcolo (espressa in coordinate UTM), l'ora del giorno e la copertura nuvolosa.

Per inizializzare CALMET sono necessari i dati delle variabili atmosferiche acquisite da stazioni a terra e dei radiosondaggi, contenenti i profili verticali di temperatura, pressione, ecc.

I files in ingresso richiesti da CALMET sono:

- GEO.DAT: che contiene i dati geofisici relativi alla zona di simulazione, come l'altimetria e l'uso del suolo, nonché alcuni parametri facoltativi quali rugosità, albedo, flusso di calore, ecc. L'altimetria e l'uso del suolo vanno specificati per ogni punto della griglia di calcolo definita sull'area di simulazione;
- SURF.DAT: che contiene i dati meteorologici monitorati dalle stazioni di misura di superficie. Esso contiene informazioni su velocità e direzione del vento, grado di copertura nuvolosa, altezza delle nubi, temperatura dell'aria, umidità relativa, pressione atmosferica;
- UP.DAT: che contiene i dati rilevati dalle stazioni meteorologiche poste in quota. Esso contiene i dati di velocità e direzione del vento, temperatura dell'aria, pressione, umidità relativa e la quota a cui è posta la stazione;
- SEA.DAT: che contiene la stessa tipologia di dati contenuti nel file SURF.DAT ma relativi a stazioni meteorologiche poste in prossimità di zone coperte d'acqua. In particolare devono essere rilevate informazioni come la differenza di temperatura aria-acqua, la temperatura dell'aria, l'umidità relativa e lo strato di rimescolamento al di sopra dell'acqua;
- PRECIPIT.DAT: che contiene i valori di intensità di precipitazione rilevati ogni ora nelle diverse stazioni di misura.



I files così ottenuti vengono gestiti dal file di controllo di CALMET, "CALMET.INP", che viene utilizzato per la simulazione.

In alternativa ai dati meteo completi, superficiali e in quota, possono essere utilizzate serie di dati fornite dall'applicazione del modello climatologico globale MM5 (PSU/NCAR Mesoscale Model, quinta generazione). Questo è infatti un modello non idrostatico, basato sulla risoluzione delle equazioni primitive di bilancio di quantità di moto, materia ed energia, ad area limitata, specificamente sviluppato per la simulazione dei fenomeni atmosferici sulla base delle osservazioni reali ottenute dalle stazioni meteorologiche.

I dati meteorologici del dominio di calcolo vengono poi forniti a CALPUFF mediante il file di output del preprocessore CALMET, il file "CALMET.DAT", composto da 14 gruppi di informazioni riassuntive dei dati di input seguiti dai valori orari che ricostruiscono i campi tridimensionali di vento e di temperatura e quelli bidimensionali di stabilità atmosferica, velocità di attrito al suolo, intensità di precipitazione, umidità relativa.

### 3.1.2 Il modello CALPUFF

CALPUFF è un modello Lagrangiano Gaussiano a puff, non stazionario, le cui caratteristiche principali sono:

- capacità di trattare sorgenti puntuali, areali, di volume, con caratteristiche variabili nel tempo (flusso di massa dell'inquinante, velocità di uscita dei fumi, temperatura, ecc);
- notevole flessibilità relativamente all'estensione del dominio della simulazione, da poche decine di metri (scala locale) a centinaia di chilometri dalla sorgente (mesoscala);
- possibilità di trattare emissioni odorigene;
- capacità di trattare situazioni meteorologiche variabili e complesse, come calme di vento, parametri dispersivi non omogenei, effetti vicino alla sorgente quali transitional plume rise (innalzamento del plume dalla sorgente), building downwash (effetti locali di turbolenza dovuti alla presenza di ostacoli lungo la direzione del flusso) ecc;
- capacità di trattare situazioni di orografia complessa e caratterizzate da una significativa rugosità, nelle quali gli effetti della fisionomia del terreno influenzano la dispersione degli inquinanti;
- capacità di trattare effetti a lungo raggio quali le trasformazioni chimiche, trasporto sopra l'acqua ed interazione tra zone marine e zone costiere;
- possibilità di applicazione ad inquinanti inerti e polveri, soggetti a rimozione a secco o ad umido e ad inquinanti reagenti: si possono considerare la formazione di inquinanti secondari, in fenomeno di smog fotochimica ecc..



Per poter tener conto della non stazionarietà dei fenomeni, l'emissione di inquinante (plume) viene suddivisa in pacchetti discreti di materiale (puff) la cui forma e dinamica dipendono sia dalle condizioni di rilascio che dalle condizioni meteorologiche locali.

In CALPUFF sono presenti due opzioni per la rappresentazione dei "pacchetti" (Figura 1):

- Puff: elementi gaussiani radiali-simmetrici;
- Slug: elementi non circolari allungati nella direzione del vento.

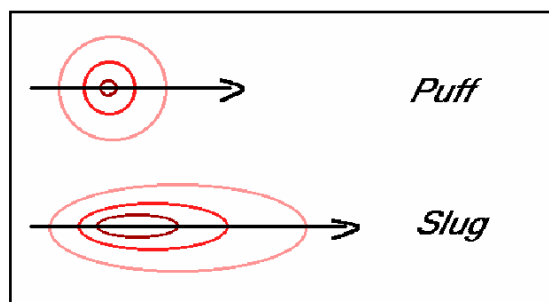


Figura 1

La concentrazione complessiva in un recettore, è quindi calcolata come sommatoria del contributo di tutti gli elementi vicini, considerando la media di tutti gli intervalli temporali (sampling step) contenuti nel periodo di base (basic time step), in genere equivalente ad un'ora.

L'equazione di base per il calcolo del contributo del singolo puff al generico recettore è:

$$C(0, y, z) = \frac{Q}{(2\pi)^{1.5} \cdot \sigma_x \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z} \cdot \exp\left(-\frac{d_a^2}{2 \cdot \sigma_x^2}\right) \cdot \exp\left(-\frac{d_c^2}{2 \cdot \sigma_y^2}\right) \cdot \sum_{-\infty}^{+\infty} \exp\left(-\frac{(H_e + 2 \cdot n \cdot h)^2}{2 \cdot \sigma_z^2}\right)$$

dove:

C = concentrazione al suolo;

Q = massa di inquinante del puff;

da = distanza fra il centro del puff e il recettore lungo la direzione del vento;

dc = distanza fra il centro del puff e il recettore in direzione ortogonale al vento;

$\sigma_x$  = deviazione standard della distribuzione gaussiana lungo la direzione del vento;

$\sigma_y$  = deviazione standard della distribuzione gaussiana in senso perpendicolare alla direzione del vento;

$\sigma_z$  = deviazione standard della distribuzione gaussiana in senso verticale;

He = altezza effettiva del centro del puff sopra il terreno;

h = altezza dello strato di miscelamento.

Gli input di CALPUFF sono costituiti da:

- dati meteorologici e territoriali, che vengono ricavati dal file di output del preprocessore CALMET ("CALMET.DAT"), comprendente i dati orari dei



parametri meteorologici, i campi tridimensionali di vento e temperatura, nonché dati geofisici quali altimetria, rugosità del terreno, uso del suolo;

- dati emissivi, comprendenti le fonti di emissione (schematizzate in sorgenti puntuali, lineari e areali) e i relativi quantitativi di inquinanti emessi.

Le informazioni principali richieste dal modello sono:

- numero e localizzazione delle sorgenti emissive;
- caratteristiche geometriche delle sorgenti (ad esempio altezza e diametro nel caso di camini, larghezza e lunghezza delle strade per sorgenti lineari ed estensione delle aree nel caso di sorgenti areali);
- temperatura e velocità di uscita dell'effluente;
- tipologia e quantità degli inquinanti emessi.

### **3.1.3 Il postprocessore CALPOST**

CALPOST elabora l'output del modello di simulazione CALPUFF costituito da una serie di matrici contenenti i valori orari delle concentrazioni degli inquinanti esaminati in corrispondenza della griglia di calcolo.

La funzione di questo post processore è quella di gestire l'output di CALPUFF in funzione delle proprie esigenze per ricavare i parametri di interesse: ad esempio, i valori di concentrazione massima oraria o di media annua, calcolo dei percentili, ecc.

Inoltre, CALPOST è in grado di produrre file direttamente interfacciabili con programmi di visualizzazione grafica dei risultati delle simulazioni.



### **3.2 Scenario meteo-diffusivo**

Il preprocessore CALMET, come già specificato nei paragrafi precedenti, richiede due tipologie di informazioni:

- Dati meteorologici, sia al suolo che in quota.
- Dati geofisici (altimetria e uso del suolo) dell'area in esame.

Per lo svolgimento dell'analisi è stato individuato in un reticolo quadrato di lato 10 km, centrato nell'area di sviluppo del progetto e avente maglia di 1 km.

#### **3.2.1 Dati meteo**

I dati meteoroclimatici necessari per alimentare il modello di simulazione sono costituiti da dati rilevati al suolo e da dati rilevati a diverse quote, costituiti nello specifico da:

dati meteorologici misurati in superficie (velocità e direzione del vento, temperatura, umidità relativa, pressione e precipitazioni);

dati meteorologici in quota (pressione, altezza, temperatura, velocità e direzione del vento).

Data la complessità dei dati richiesti e non essendo disponibile il set completo dei dati meteoroclimatici necessari, in particolare in relazione ai dati meteorologici in quota, le informazioni in input al modello di simulazione sono state integrate mediante le serie di dati fornite dall'applicazione del modello climatologico WRF (Weather Research and Forecasting - Nonhydrostatic Mesoscale Model) messo a punto dal NOAA in riferimento all'anno 2016.

WRF è un modello a mesoscala di previsione numerica delle condizioni meteorologiche di nuova generazione progettato per le esigenze di ricerca e di previsione operativa atmosferica. È dotato di due nuclei dinamici, un sistema di assimilazione dei dati e un'architettura che facilita il calcolo parallelo e l'estensibilità del sistema. Il modello propone una vasta gamma di applicazioni meteorologiche con scale diverse da decine di metri a migliaia di chilometri. Lo sviluppo del modello WRF è iniziato negli Stati Uniti d'America nella seconda parte del 1990 a cura di una partnership tra il Centro nazionale di ricerca atmosferica (NCAR), l'Amministrazione nazionale per l'Oceano e l'Atmosfera (rappresentato dai Centri nazionali per la previsione ambientale (NCEP) e dai laboratori di previsione (FSL)), l'Agenzia meteo dell'Aeronautica Militare (AFWA), il Laboratorio di ricerca navale, l'Università di Oklahoma, e la l'Amministrazione di Aviazione Federale (FAA).

Il modello è in grado di generare simulazioni atmosferiche utilizzando dati reali (osservazioni, analisi) ed è attualmente in uso operativo da NCEP, AFWA, e altri centri di ricerca.



Il sistema WRF contiene due risolutori dinamici: il nucleo ARW (Advanced Research WRF) e il nucleo NMM (Modello mesoscala non idrostatico). Il ARW è stato ampiamente sviluppato e mantenuto dal Laboratorio MMM, mentre il nucleo NMM è stato sviluppato dai Centri nazionali per la previsione ambientale.

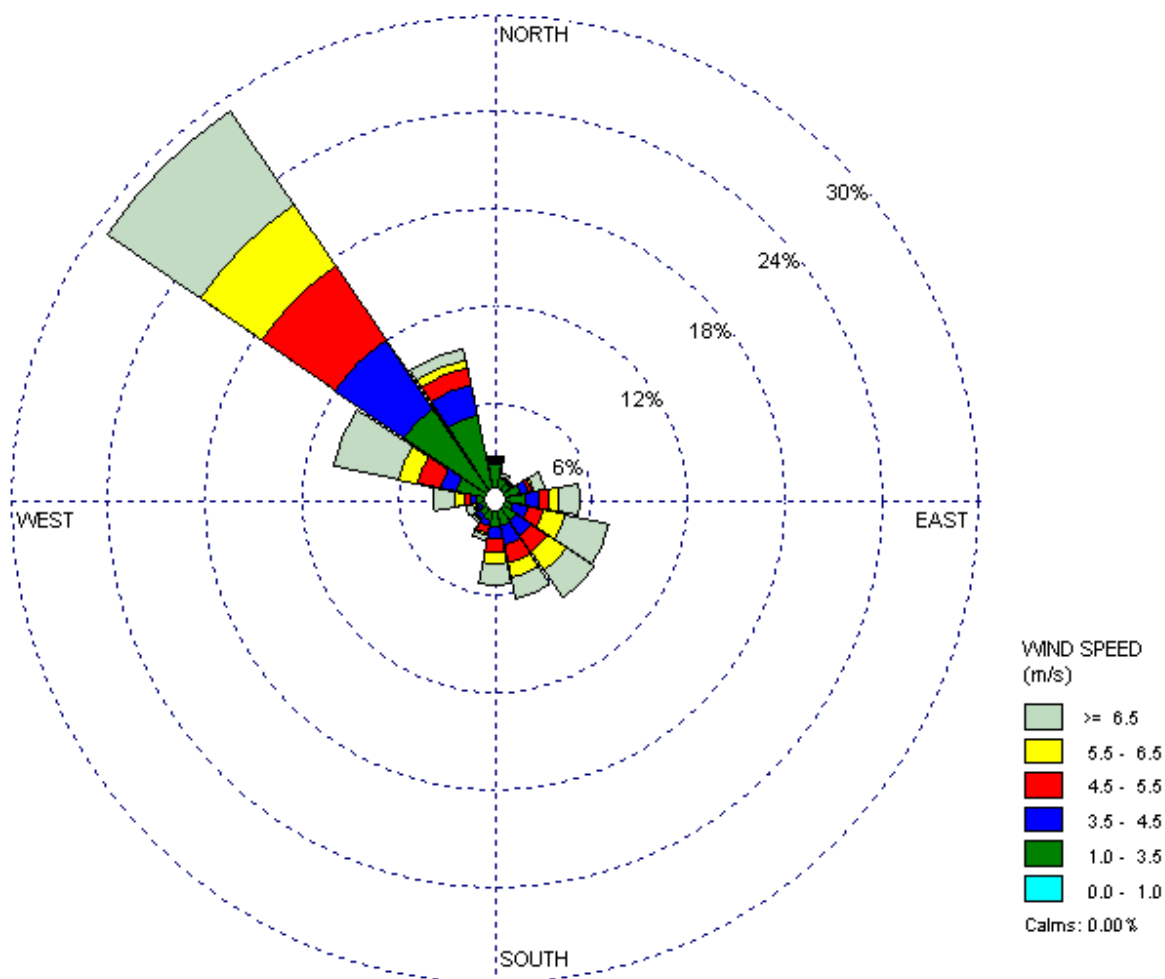
Partendo da un dominio di calcolo di 10x10 km con baricentro in corrispondenza del porto di Cagliari, il sistema di modellazione ha fornito per l'area in esame i dati riferiti a delle stazioni virtuali disposte lungo una maglia 4x4 km.

Tali dati, congiuntamente ai dati locali disponibili, sono stati quindi inseriti all'interno del preprocessore meteorologico CALMET, che ha consentito di estrapolare un campo di variabilità per le grandezze meteo su di una maglia più densa (1x1 km).

### **Anemologia**

Per quanto concerne in particolare le caratteristiche anemologiche dell'area in esame, in figura seguente si riporta la rosa dei venti annuale ricostruita in corrispondenza del sito.

A partire dai dati elaborati dal CALMET per l'anno solare 2016, per caratterizzare l'anemologia della zona di interesse, sono stati elaborati la rosa dei venti annuale e la distribuzione di frequenza delle classi di intensità e direzione del vento.



**Figura 2: Rosa venti annuale (modello CALMET - anno 2016)  
distribuzione annuale direzione del vento [%]**

Come si può osservare dai dati sopra riportati, la rosa dei venti annuale mostra la netta prevalenza di venti provenienti dal settore ONO, che assommano a circa il 40% del totale delle osservazioni.

Per quanto concerne le velocità, dalla stessa rosa dei venti si evince che lungo la direzione prevalente del vento si osserva la preponderanza di medie velocità (venti compresi 3,5 e 6,5 m/s). Classi di velocità maggiori (superiori a 6,5 m/s) si presentano con frequenze meno significative e sono distribuite lungo tutte le direzioni di provenienza.

### Wind Class Frequency Distribution

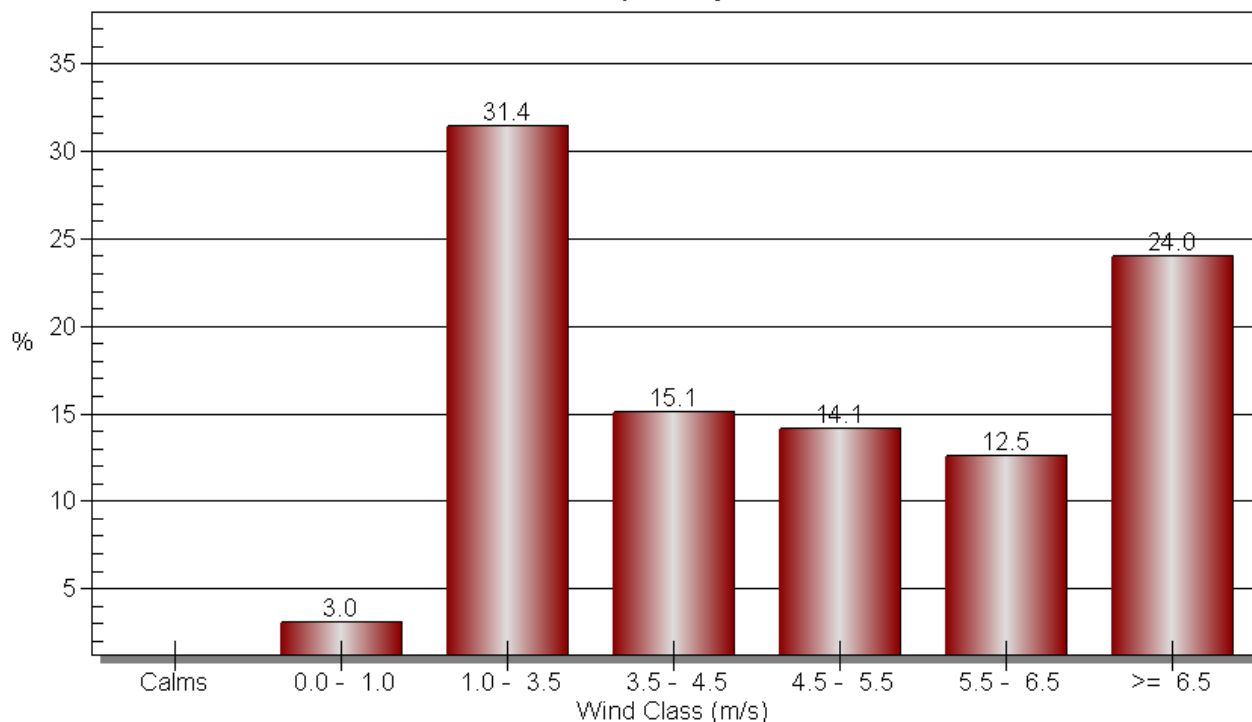
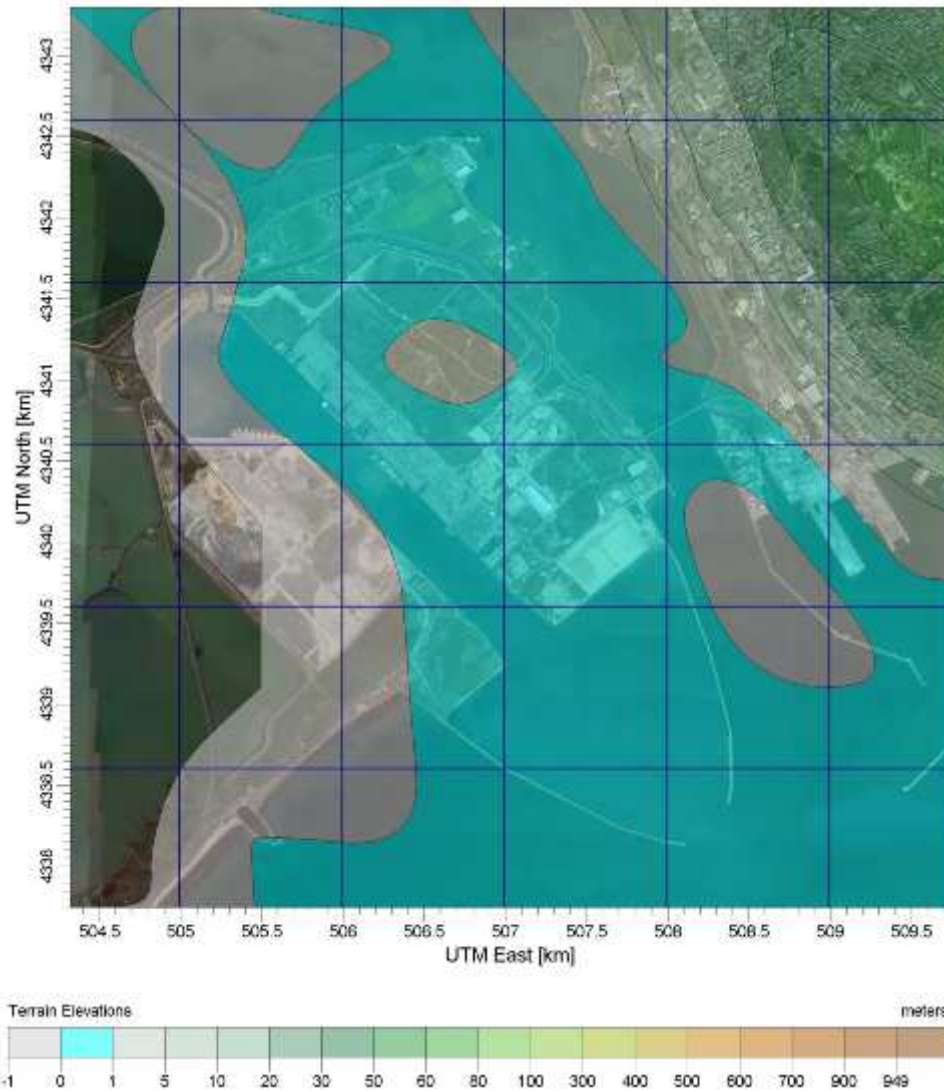


Figura 3: Distribuzione percentuale delle velocità (modello CALMET - anno 2016)

### 3.2.2 Dati geofisici

Per la definizione delle caratteristiche altimetriche dell'area oggetto di studio (ampiezza complessiva di 10 km x 10 km) è stato preso a riferimento il modello digitale del terreno SRTM3 (Shuttle Radar Topography Mission Global Coverage Version 2), che produce un DTM a risoluzione di circa 90 m.

Nella figura seguente si riportano le curve di livello estrapolate dal DTM per il dominio meteo diffusivo considerato (quadrato 10X10 km e maglia pari a 1km).



**Figura 4: DTM SRTM 3 dell'aria di studio**

Per quanto concerne l'uso del suolo, è stata utilizzata la classificazione GLCC (Global Land Cover Characterization Version 2) che suddivide il territorio in aree, con risoluzione di 1 km, a cui vengono assegnati specifici codici numerici in funzione del diverso utilizzo del suolo.





### **3.3 Emissioni legate all'esercizio: Applicazione del modello di dispersione**

Gli inquinanti considerati nel modello di simulazione sono quelli ritenuti significativi nella combustione del Gas Naturale, costituiti, nello specifico, da Monossido di Carbonio (CO) e Ossidi di Azoto (NOx), con l'aggiunta delle sostanze presenti nei gas di scarico prodotti dalle sorgenti di emissione navali: Ossidi di Zolfo (SOX) e Polveri.

In particolare infatti, data la natura del combustibile utilizzato nelle utenze del sito, non risultano significative le emissioni di Polveri, mentre gli eventuali incombusti presenti nelle emissioni, essendo costituiti essenzialmente da Metano, non comportano ricadute al suolo.

I dati di input necessari all'applicazione del modello CALPUFF sono relativi a:

- caratteristiche del reticolo di calcolo;
- caratteristiche meteorologiche dell'area;
- caratteristiche delle sorgenti di emissione degli inquinanti suddetti.

#### **3.3.1 Il reticolo di calcolo**

Come già specificato in precedenza, per il calcolo del campo di variabilità delle grandezze meteorologiche è stata utilizzata una griglia di calcolo 1x1 km con baricentro nell'area di inserimento ed estensione di 10x10 km.

Sulla base del reticolo di calcolo utilizzato dal modello CALMET è stata costruita una griglia di recettori con baricentro sullo stabilimento, di dimensioni 7x7 km e maglia 250 m x 250 m, adeguata a valutare le ricadute al suolo sull'intera area interessata dallo studio.

Nella figura seguente viene mostrato un dettaglio delle due griglie definite nell'area di studio rispettivamente in blu (CALMET) ed in verde (recettori).



Figura 5: Reticolo di calcolo (Griglia in blu) e griglia dei recettori (croci in verde) sovrapposti ad un'immagine satellitare

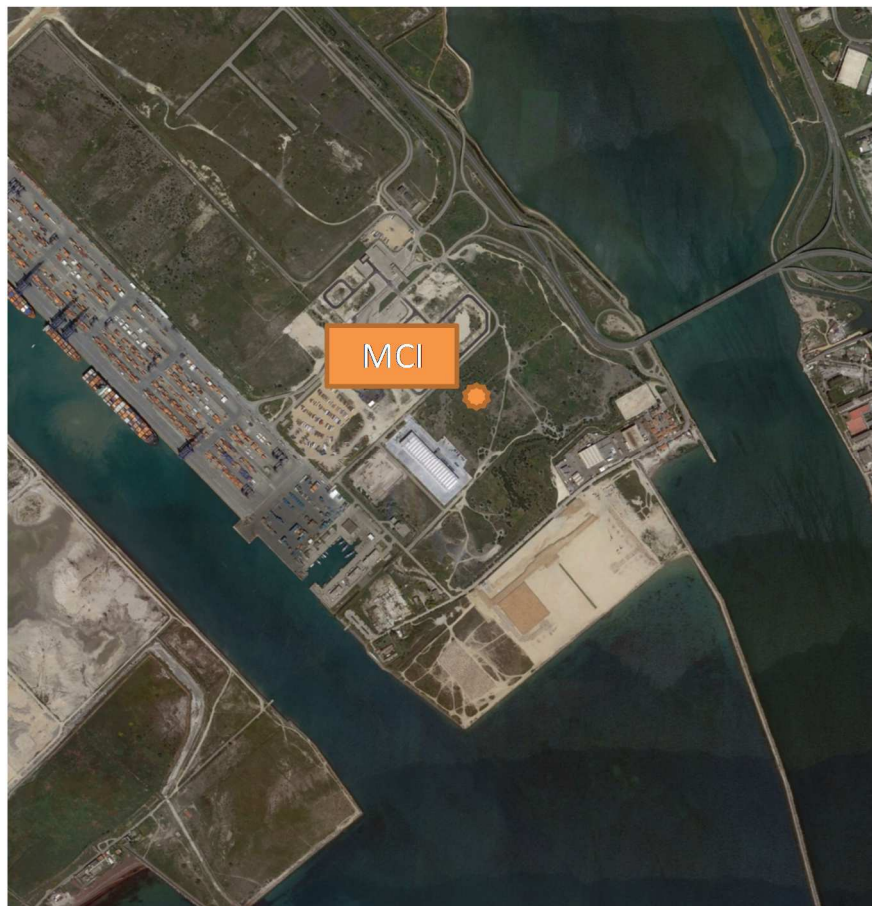
### 3.3.2 Lo scenario emissivo simulato

#### ***Assetto di normale esercizio***

Il prospetto emissivo di riferimento per caratterizzare l'assetto di normale esercizio comprende le sorgenti di emissione attive all'interno dell'installazione in progetto.

In particolare le uniche sorgenti attive previste sono rappresentate da tre motori a combustione interna di taglia 400 ekW, alimentati a gas naturale, attivi per garantire l'alimentazione elettrica delle utenze del sito.

Due dei tre motori saranno sufficienti al fabbisogno dell'istallazione, mentre il terzo verrà mantenuto riserva in caso di necessità manutentive.



**Figura 6: Ubicazione dei nuovi punti di emissione in progetto**

Nel modello di calcolo utilizzato sono stati quindi individuati quali sorgenti due motori con le seguenti caratteristiche.

Parametro per Valore	UdM	Valore
Portata fumi	(5%O2) kg/s	0.76
Altezza camino	m	4
Diametro camino	m	0.25

Parametro per Valore	UdM	Valore
Temperatura Fumi	°C	508

**Tabella 9: Caratteristiche MCI**

Gli inquinanti considerati nel modello di simulazione sono costituiti NO<sub>x</sub> e CO. Cautelativamente quale, la concentrazione emissiva di NO<sub>x</sub> è stata posta pari al limite di 350 mg/Nm<sup>3</sup> (3% O<sub>2</sub>) previsto per tale tipologia di apparecchiatura (Allegato I alla parte quinta D.Lgs.152/06 e s.m.i.).

Per l'inquinante CO, non essendo fissato un limite normativo, è stata considerata una concentrazione emissiva di 450 mg/Nm<sup>3</sup> (3% O<sub>2</sub>).

Nella tabella seguenti viene riportato il prospetto di sintesi dei parametri utilizzati come input al modello di simulazione, per le due sorgenti considerate:

Id	Altezza (m)	Diametro (m)	Temperatura (°C)	Vel. Uscita (m/s)	Emissione NO <sub>x</sub> (g/s)	Emissione CO (g/s)
MCI 1	4	0.25	508	34	0,18	0,23
MCI 2	4	0.25	508	34	0,18	0,23

**Tabella 10: Dati Emissivi MCI**

Per quanto concerne invece il fattore di esercizio dell'impianto, non potendo stabilire a priori il numero di giorni di funzionamento nell'arco di un anno, in input al modello è stato conservativamente ipotizzato il funzionamento continuo (365 giorni/anno).

Contestualmente alle sorgenti interne al sito, al fine di considerare anche l'apporto alla qualità dell'aria associabile all'intera attività, sono state introdotte anche le sorgenti emissive associate alla navi metaniere di approvvigionamento del sito.

In particolare il progetto prevede il seguente traffico medio di movimentazione GNL:

Unità	Quantità previste
Metaniere	24 mezzi/anno da 15600 mc per l'approvvigionamento del GNL
Bettoline	20 mezzi /anno da 1000 mc per la distribuzione del GNL via mare
Rimorchiatori	Associati a ciascun operazione di attracco e disattracco

Unità	Quantità previste
Autocisterne	4 mezzi/giorno da 41 mc per la distribuzione del GNL via terra, come ipotesi per i primi anni di esercizio dell'impianto

**Tabella 11: Mezzi di movimentazione GNL previsti**

Dall'analisi di tali dati si evidenzia come le operazioni di movimentazione siano fortemente limitate nel tempo.

Al fine di effettuare una efficace valutazione degli effetti ambientali è stata quindi considerata, la peggiore condizione di esercizio, associabile alla presenza in attracco di una nave metaniera e dell'associato mezzo rimorchiatore.

I dati emissivi considerati, date le tempistiche di presenza delle navi, saranno limitati alla valutazione delle concentrazioni di picco (orarie e sulle otto ore).

Per quanto riguarda il contributo alle emissioni in atmosfera di NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, CO e Polveri, il calcolo è stato effettuato utilizzando fattori di emissione di letteratura, tenendo conto della tipologia di combustibile e del relativo consumo secondo la capacità delle navi utilizzate.

Nella tabella sottostante si riportano i fattori di emissione utilizzati:

Fattori di emissione		
Inquinante	Rimorchiatore <sup>1</sup> kg/t combustibile	Metaniera <sup>2</sup> (g/GJ)
NO <sub>x</sub>	78,5	125
CO	7,4	---
SO <sub>x</sub>	0,1	---
Polveri	1,5	---

**Tabella 12: Fattori di emissione mezzi navali**

<sup>1</sup> Linee guida EEA (European Environment Agency) "Air pollutant emission inventory guidebook", 2016

<sup>2</sup> Linee guida EPA (AP-42: Compilation of Air Emission Factors)

Tali fattori di emissione, in base alle previste operazioni di manovra di attracco e disormeggio, considerando le seguenti potenze installate sulle due unità navali:

- Metaniera 5000 kW;
- Rimorchiatore 1400 kW.

Sono stati convertiti nei seguenti dati emissivi puntuali considerati.

Id	Altezza (m)	Diametro (m)	NOx (g/s)	SO2 (g/s)	Polveri (g/s)	CO (g/s)
Metaniera (Valutazione condizioni di picco)	23	0,7	0,6	---	---	---
Rimorchiatore (Valutazione condizioni di picco)	10	0,4	3,4	0,01	0,35	0,53

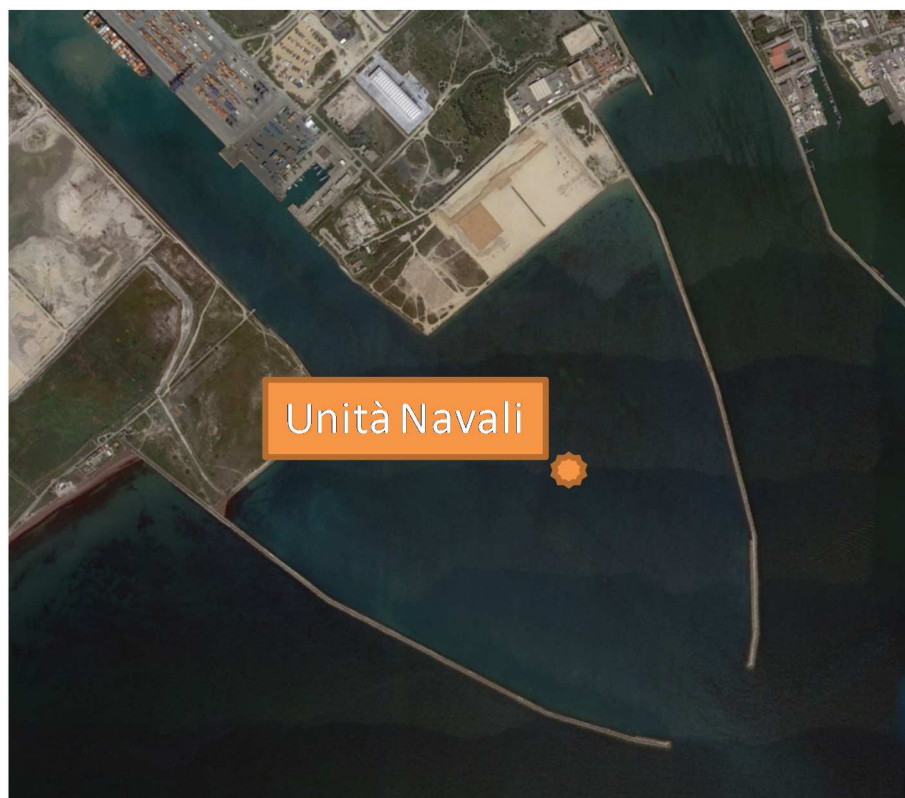
**Tabella 13: Dati emissivi mezzi navali**

Come riportato nella tabella precedente, per la nave metaniera è stato considerato il solo contributo in termini di ossidi di azoto, in quanto unico inquinante significativamente emesso data la specifica tipologia di propulsione.

Per la conversione i dati puntuali sono stati considerati i dati di consumo proposti dalla stessa linea guida EEA sopracitata.

Le sorgenti di emissione dei mezzi navali sono state cautelativamente considerate come posizionate all'interno del porto canale, nella posizione indicata.





**Figura 7: Ubicazione dei punti di emissione delle unità navali**



### **Assetto di emergenza**

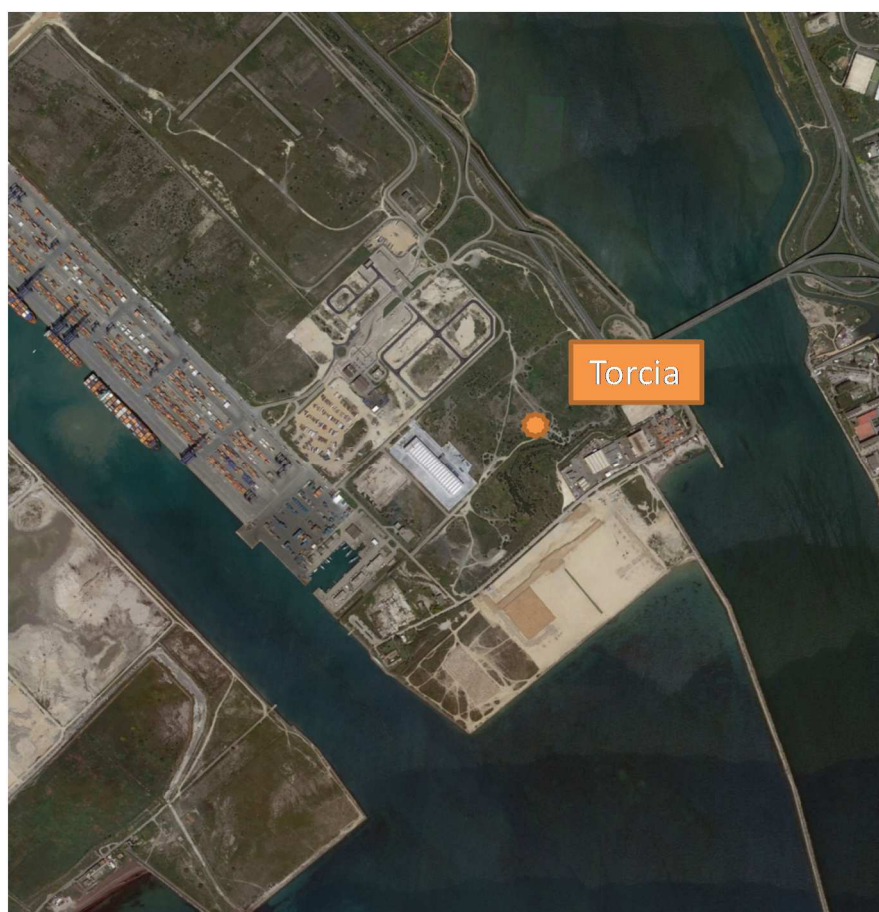
Quale ulteriore caso di analisi, è stata considerata, la condizione di emergenza di attivazione della torcia dell'installazione.

Tale apparecchiatura avrà lo scopo di effettuare la combustione del gas naturale, in caso di emergenza legata alle apparecchiature installate, o alla rete di distribuzione territoriale.

Quale caso di studio, in via cautelativa, è stata considerata la massima capacità della torcia, dimensionata per il peggior caso di decompressione simultanea degli impianti installati.

Quanto simulato rappresenta quindi un caso limite di emissione massima, ipotizzabile per tempi estremamente limitati.

La torcia è stata considerata quale unico punto emissivo significativo di emergenza, in particolare infatti le altre emissioni (pompe antincendio e gruppi di continuità) risultano trascurabili.



**Figura 8: Ubicazione Torcia**

Nel modello di calcolo è stata quindi inserita la torcia con le seguenti caratteristiche.

Parametro per Valore	UdM	Valore
Portata (Portata di dimensionamento)	kg/h	37.281
Altezza	m	37
Composizione (ai fini della simulazione)	---	100 % Metano

**Tabella 14: Caratteristiche Torcia**

Gli inquinanti considerati nel modello di simulazione sono costituiti NO<sub>x</sub> e CO, calcolati mediante i fattori di emissione, proposti per le torce, dall'agenzia per l'ambiente statunitense EPA<sup>3</sup>.

Come suggerito dagli stessi documenti EPA, i valori proposti quali fattori di emissione risultano qualitativi in quanto legati alla combustione di diversi gas. Nel caso di combustione di Gas Naturale risulta prevedibile una combustione molto efficiente e tale dal limitare gli incombusti.

Nelle simulazioni non sono quindi considerate le emissioni di particolato in quanto possono ritenersi trascurabili.

Nella successiva tabella si riportano i dati emissivi adottati.

Parametro per Valore	UdM	Valore
Altezza effettiva di rilascio dei fumi di combustione	m	46
Diametro equivalente	m	1,84
Velocità di uscita effettiva	m/s	20
Temperatura di emissione effettiva	°K	1273
Fattore di emissione CO	lb/10 <sup>6</sup> btu	0,66
Fattore di emissione NO <sub>x</sub>	lb/10 <sup>6</sup> btu	0,068

<sup>3</sup> [https://www3.epa.gov/ttn/consentdecree/index\\_consent\\_decree.html](https://www3.epa.gov/ttn/consentdecree/index_consent_decree.html)

"New and Revised Emission Factors for Flares and New Emission Factors for Certain Refinery Process Units and Determination for No Changes to VOC Emission Factors for Tanks and Wastewater Treatment Systems"

Parametro per Valore	UdM	Valore
Flusso emissivo CO calcolato	g/s	69
Flusso emissivo NOx calcolato	g/s	15

**Tabella 15: Caratteristiche Torcia**

I dati riportati sono stati calcolati mediante la metodologia proposta dal modello di calcolo e secondo la metodologia ufficiale EPA<sup>4</sup>, e rappresentano la sorgente equivalente alla quale la torcia accesa può essere assimilata.

### 3.3.3 I dati meteo

I dati meteorologici di input al modello, sono costituiti, come già specificato in precedenza, da una combinazione dei parametri meteorologici al suolo e in quota nel dominio di calcolo, ottenuti dal modello WRF, in corrispondenza del baricentro del porto di Cagliari per l'anno 2016.

Tali dati sono stati elaborati tramite CALMET al fine di calcolare i dati meteo in corrispondenza dei nodi della griglia di calcolo in input al modello CALPUFF con densità adeguata, contenente i record relativi alle 8.784 ore dell'anno 2016 preso a riferimento.

### 3.3.4 Risultati delle simulazioni

Una volta definiti i dati di input al modello (dati meteo, reticolo di calcolo e sorgenti emissive) si è provveduto ad effettuare le simulazioni con il modello CALPUFF.

I risultati delle simulazioni sono riassunti mediante apposite mappe che riportano le curve di isoconcentrazione al suolo degli inquinanti esaminati sovrapposte ad una immagine satellitare dell'area di interesse.

Le curve di isoconcentrazione sono state ricavate per interpolazione grafica dei valori calcolati dal modello in corrispondenza dei nodi del reticolo di calcolo e sono state contrassegnate nelle mappe dal proprio valore di concentrazione.

Le mappe sono riportate in **Appendice I** alla presente relazione, mentre in tabella seguente si riporta una sintesi dei risultati ottenuti per ciascun inquinante considerato, con l'indicazione del valore rappresentato e il riferimento alla corrispondente tavola grafica di appendice.

<sup>4</sup> "Workbook of Screening Techniques for Assessing Impacts of Toxic Air Pollutants" (US EPA 1992)

Inquinante	Assetto emissivo	Valore rappresentato	Concentrazione massima calcolata ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Rif. mappa Appendice I
NO <sub>x</sub>	Normale esercizio	Concentrazione media annua	5,0	Mappa 1
	Normale esercizio	99,8° percentile delle concentrazioni medie orarie di un anno	73,5	Mappa 2
	Emergenza	99,8° percentile delle concentrazioni medie orarie di un anno	24,3	Mappa 3
CO	Normale esercizio	Media massima giornaliera sulle 8 ore	51,3	Mappa 4
	Emergenza	Media massima giornaliera sulle 8 ore	143	Mappa 5
Polveri	Normale esercizio	90° percentile delle concentrazioni medie giornaliere	3,5	Mappa 6
SO <sub>2</sub>	Normale esercizio	99,7° percentile delle concentrazioni medie orarie di un anno	0,2	Mappa 7
	Normale esercizio	99,2° percentile delle concentrazioni medie giornaliere	0,1	Mappa 8

**Tabella 16: Sintesi delle simulazioni effettuate per i principali inquinanti e relativi elaborati grafici**

Gli assetti presentati sono rappresentativi delle condizioni emissive di picco di ciascun punto di emissione.

Si precisa però come nel calcolo dei valori di riferimento medi annui siano state considerate esclusivamente le sorgenti fisse interne al sito (MCI).

In relazione all'assetto di emergenza si evidenzia come siano state simulate esclusivamente le concentrazioni di ricaduta di picco (orarie, 8 ore) in quanto rappresentative di tale tipologia di assetto.

### 3.4 Confronto con gli standard di qualità dell'aria

#### 3.4.1 Metodologia adottata

La presente analisi è finalizzata all'identificazione e quantificazione degli effetti delle emissioni in aria nell'ambiente circostante in riferimento ai due scenari emissivi considerati (normale esercizio ed emergenza).

Tale finalità può essere ricondotta alla verifica basata sul confronto tra il contributo aggiuntivo che il nuovo impianto determina al livello di inquinamento nell'area geografica interessata e il corrispondente standard di qualità dell'aria (SQA).

#### 3.4.2 Valori di riferimento per la qualità dell'aria

In tabella seguente sono riassunti per gli inquinanti atmosferici esaminati, i valori limite di qualità dell'aria (o Standard di Qualità dell'Aria – SQA), stabiliti dalla normativa vigente in materia (D.Lgs. 155/2010 e s.m.i.).

Inquinante	Descrizione	Periodo di mediazione	Parametro statistico	Valore limite ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Normativa di riferimento
NO <sub>2</sub>	Valore limite orario (All. XI D.Lgs. 155/10)	1 ora	99,8° percentile delle concentrazioni medie orarie di un anno	200	D.Lgs.155/10 e s.m.i.
	Valore limite annuale (All. XI D.Lgs. 155/10)	1 anno	concentrazione media annua	40	
NO <sub>x</sub>	Livello critico per la protezione della vegetazione (All. XI D.Lgs. 155/10)	1 anno	concentrazione media annua	30	
CO	Valore limite (All. XI D.Lgs. 155/10)	8 ore	Media massima giornaliera sulle 8 ore	10 <sup>4</sup>	
PM <sub>10</sub>	Valore limite giornaliero (All. XI D.Lgs. 155/10)	24 ore	90° percentile delle concentrazioni medie giornaliere	50	
SO <sub>2</sub>	Valore limite orario (All. XI D.Lgs. 155/10)	1 ora	99,7° percentile delle concentrazioni medie orarie di un anno	350	
	Valore limite giornaliero (All. XI D.Lgs. 155/10)	24 ore	99,2° percentile delle concentrazioni medie giornaliere	125	

**Tabella 17: Valori limite di qualità dell'aria applicabili**

Si sottolinea che per gli inquinanti SO<sub>x</sub> e Polveri si riportano esclusivamente gli standard di qualità di picco (medie orarie e giornaliere), in quanto prodotte esclusivamente dalle attività navali limitate nel tempo.

### 3.4.3 Confronto risultati simulazioni con SQA

La tabella seguente mostra il confronto tra le concentrazioni calcolate dal modello di simulazione applicato e gli Standard di Qualità dell'Aria (SQA) corrispondenti.

Gli standard di qualità dell'aria previsti per la protezione della vegetazione per la media annua di NO<sub>x</sub> sono stati cautelativamente considerati in quanto tali valori limite sono da riferirsi a stazioni suburbane, rurali e rurali di fondo.

Inquinante	Assetto emissivo	Valore rappresentato	Concentrazione massima calcolata (µg/m <sup>3</sup> )	Valore limite (µg/m <sup>3</sup> )	% rispetto al valore limite
NO <sub>x</sub>	Normale Esercizio	Concentrazione media annua	5,0	30 (come NO <sub>x</sub> ) 40 (come NO <sub>2</sub> )	17%
	Normale Esercizio	99,8° percentile delle concentrazioni medie orarie di un anno	73,5	200 (come NO <sub>2</sub> )	37%
	Emergenza	99,8° percentile delle concentrazioni medie orarie di un anno	24,3	200 (come NO <sub>2</sub> )	12%
CO	Normale Esercizio	Media massima giornaliera sulle 8 ore	51,3	10.000	0,5%
	Emergenza	Media massima giornaliera sulle 8 ore	143	10.000	1,4%
PM10	Normale Esercizio	90° percentile delle concentrazioni medie giornaliere	3,5	50	7,0%
SO <sub>2</sub>	Normale Esercizio	99,7° percentile delle concentrazioni medie orarie di un anno	0,2	350	0,1%
	Normale Esercizio	99,2° percentile delle concentrazioni medie giornaliere	0,1	125	0,1%

**Tabella 18: Confronto dei risultati con SQA**

Il confronto con i valori di concentrazione al suolo ottenuti con il modello di simulazione e gli Standard di Qualità dell'Aria evidenzia il pieno rispetto dei limiti per tutti gli inquinanti analizzati, sia in termini di valori medi annui che di concentrazioni di picco.

Le mappe riportate in appendice mostrano che nel normale esercizio il picco di massima ricaduta rimane in prossimità delle installazioni, o delle unità navali, senza interessare recettori esterni.

I picchi di ricaduta al suolo risultano ubicati infatti per la quasi totalità degli inquinanti esaminati entro o in prossimità del confine dell'area interessata dal progetto e le curve di concentrazione al suolo (v. Appendice I) mostrano un rapido decadimento dei valori di concentrazione già a breve distanza dal sito.



Per quanto riguarda le emissioni legate all'emergenza queste, data l'altezza della torcia, e la natura del composto combusto, risultano fortemente limitate e tali da non risultare peggiori delle condizioni di esercizio.

In definitiva, come si evince dai dati riportati nella precedente tabella, il criterio di valutazione risulta verificato per tutte le sostanze simulate e per entrambi gli assetti considerati nella simulazione.

In relazione agli standard applicabili si evidenzia come il contributo più vicino al rispettivo standard di qualità è rappresentato dalle concentrazioni di ossidi di azoto (circa 37% dello SQA); occorre tuttavia sottolineare che tale confronto risulta ampiamente conservativo, in quanto:

- Il confronto è stato effettuato nell'ipotesi di assimilare tutti gli NOx emessi ad NO<sub>2</sub>;
- Il valore di picco evidenziato nella mappa in appendice si trova in corrispondenza delle unità navali presenti nel porto, i valori di ricaduta che interessano le zone abitate, i quali dovrebbero essere considerati nel confronto con gli standard, sono inferiori al 10% dell'SQA di riferimento.





## 4 Conclusioni

L'intervento, oggetto del presente studio, ha l'obiettivo di realizzare un terminal per il GNL (Gas Naturale Liquefatto) nel Porto Canale di Cagliari.

Il presente studio è stato condotto allo scopo di valutare l'entità delle emissioni prodotte e le ricadute al suolo derivanti dalle emissioni dell'insediamento in progetto in termini di rispetto degli Standard di Qualità dell'Aria applicabili.

Nell'analisi sono stati considerati: le emissioni legate alle attività di cantiere, l'assetto di normale esercizio e l'assetto di emergenza costituito dall'attivazione della Torcia dell'installazione.

Le simulazioni, per le condizioni di esercizio, sono state effettuate utilizzando il modello matematico CALMET/CALPUFF 5.8 (EPA approved version) attraverso il software CALPUFF View Version 3 (Lakes Environmental). I dati meteorologici, sono riferiti all'anno 2016, sono stati ottenuti mediante il sistema WRF.

Sulla base dell'analisi effettuata si possono fare le seguenti considerazioni:

### **Realizzazione delle opere (Cantiere):**

Sono stati stimati i contributi emissivi associabili al traffico in ingresso ed in uscita dal cantiere, ai mezzi d'opera attivi nelle principali fasi di attività ed alla movimentazione terre. I volumi emessi in atmosfera, espressi in tonnellate di CO, Polveri e NOx sono risultati limitati e, se confrontati a parco auto circolante, risultano pari allo 0,5% degli effetti del traffico veicolare.

### **Condizione di normale esercizio:**

Il confronto tra il contributo emissivo e gli Standard di Qualità dell'Aria evidenzia, il pieno rispetto dei limiti applicabili per tutti gli inquinanti considerati, sia in termini di valori medi annui che di concentrazioni di picco.

I risultati ottenuti non danno luogo a valori critici rispetto agli SQA applicabili: il massimo contributo è risultato pari a circa il 37% dell'SQA di picco per gli NOx.

Tale confronto risulta peraltro ampiamente conservativo, in quanto effettuato considerando la concentrazione di picco, rilevabile in prossimità delle unità navali. Nelle aree abitate l'effettivo contributo è inferiore al 10% dell'SQA.





**Condizione di emergenza:**

Il confronto tra il contributo emissivo, alle concentrazioni di picco, e gli Standard di Qualità dell'Aria evidenzia il pieno rispetto dei limiti applicabili per tutti gli inquinanti considerati.

Per tale condizione non risulta applicabile il confronto con i valori di riferimento medi annuali.

I risultati ottenuti non danno luogo a valori critici rispetto agli SQA applicabili: il massimo contributo è risultato pari al 17% dell'SQA orario per gli NOx, pur avendo considerato la peggiore condizione emissiva ipotizzabile.

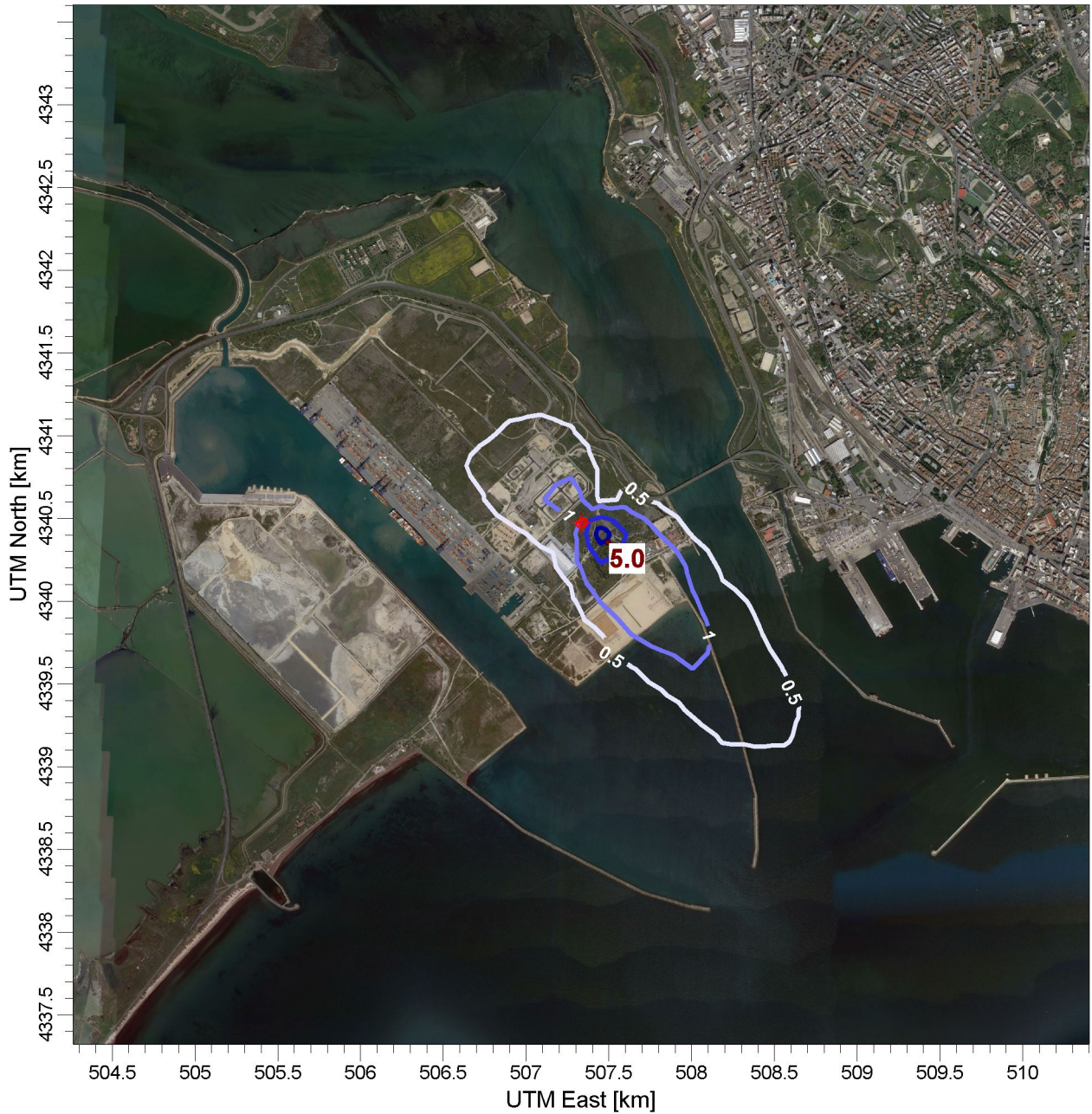
Sulla base delle considerazioni sopra riportate, si può concludere che, dal complesso di indagini disponibili e dalle simulazioni condotte per le emissioni in atmosfera dell'impianto in progetto e delle attività di cantiere, non risultano indicatori di qualità ambientale (SQA) che siano significativamente influenzati dalle emissioni derivanti dalle nuove installazioni.



## **Appendice I - Mappe delle simulazioni**

Nelle seguenti figure sono mostrate su mappa le curve di isoconcentrazione al suolo degli inquinanti esaminati ricavate per interpolazione grafica tra i valori calcolati ai nodi del reticolo di calcolo e contrassegnate dal proprio valore di concentrazione.

**LNG Cagliari**  
**Mappe delle simulazioni**



VALUE 8784 HOUR AVERAGE CONCENTRATION (NOX)

ug/m\*\*3



Mappa 1  
 Curve di isoconcentrazione al suolo di NO2 NORMALE ESERCIZIO

Periodo di mediazione: 1 anno  
 Valore rappresentato: Concentrazione media annua (ug/m3)

Valore di riferimento per SQA: 40 ug/m3 NO2 come concentrazione media annua

**ICARO**

**AE**

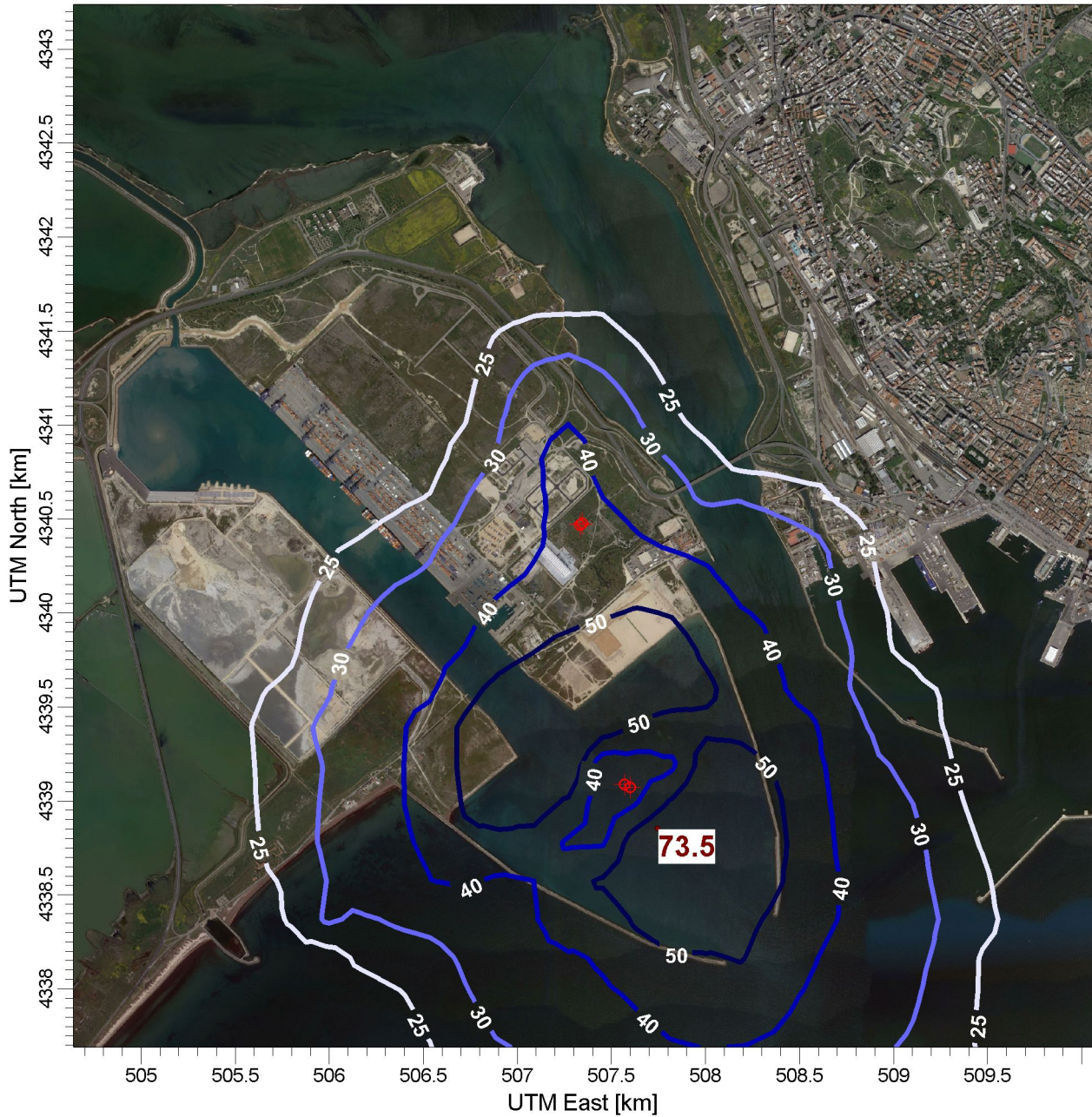
SCALE: 1:39,643



ICARO

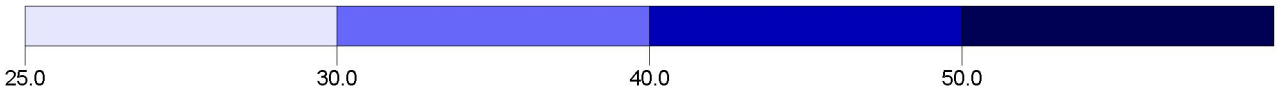


**LNG Cagliari**  
**Mappe delle simulazioni**



18 RANK 1 HOUR AVERAGE CONCENTRATION (NOX)

ug/m\*\*3



Mappa 2  
Curve di isoconcentrazione al suolo di NO2 NORMALE ESERCIZIO

Periodo di mediazione: 1 ora  
Valore rappresentato: 99,8° Perc. delle concentrazioni medie orarie (ug/m3)

Valore di riferimento per SQA:200 ug/m3 NO2 come 99,8° Perc. delle concentrazioni medie orarie

**ICARO**

**AE**

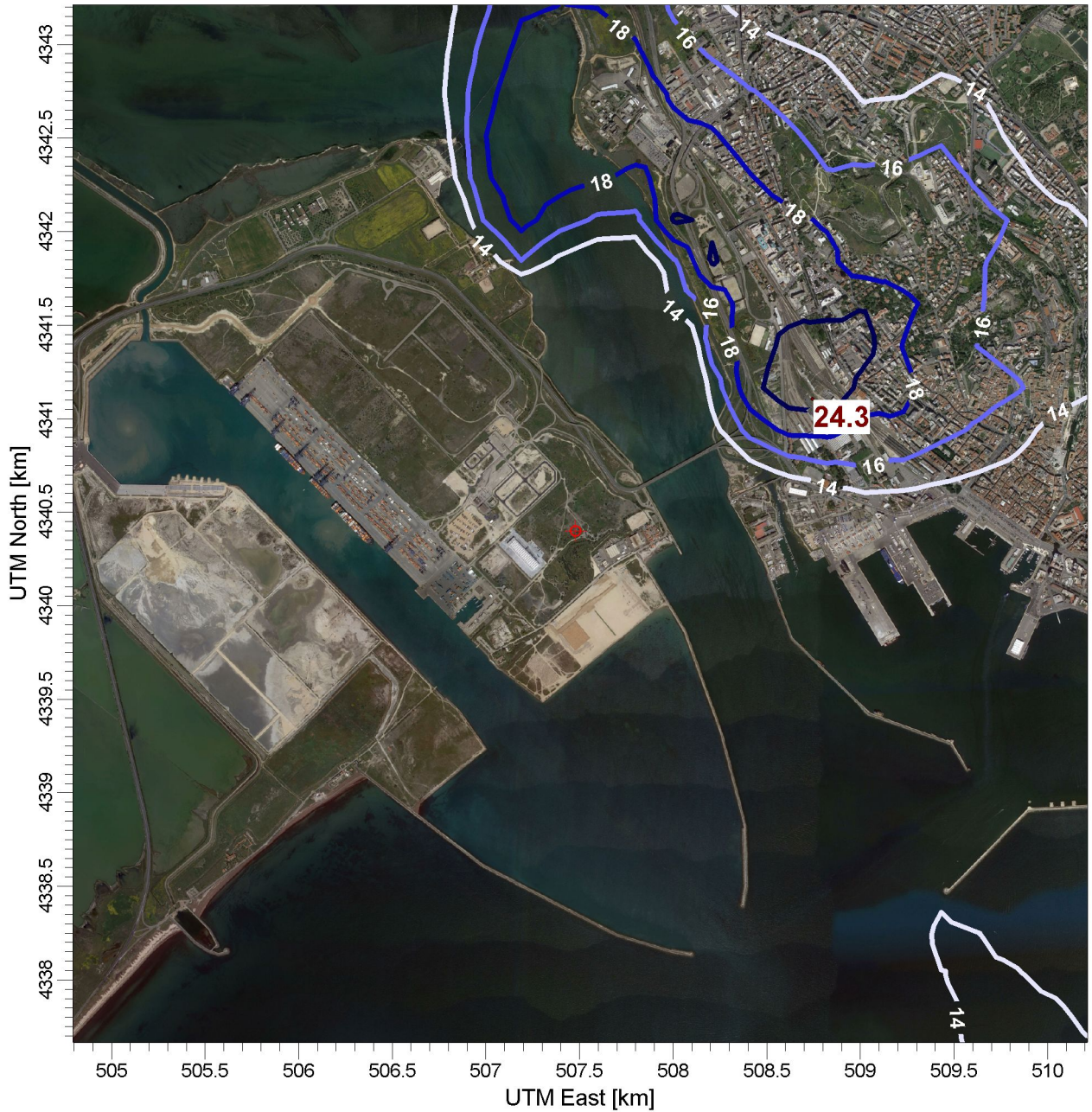
SCALE: 1:35,000



ICARO

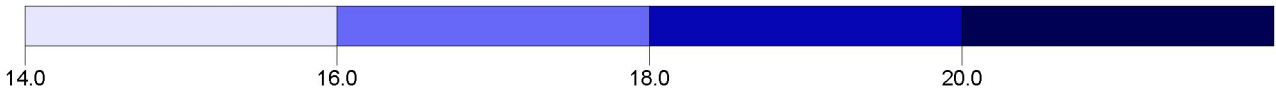


**LNG Cagliari**  
**Mappe delle simulazioni**



18 RANK 1 HOUR AVERAGE CONCENTRATION (NOX)

ug/m\*\*3



Mappa 3  
 Curve di isoconcentrazione al suolo di NO2 EMERGENZA  
 Periodo di mediazione: 1 ora

Valore rappresentato: 99,8° Perc. delle concentrazioni medie orarie (ug/m3)

Valore di riferimento per SQA:200 ug/m3 NO2 come 99,8° Perc. delle concentrazioni medie orarie

**ICARO**

**AE**

SCALE: 1:35,000



ICARO

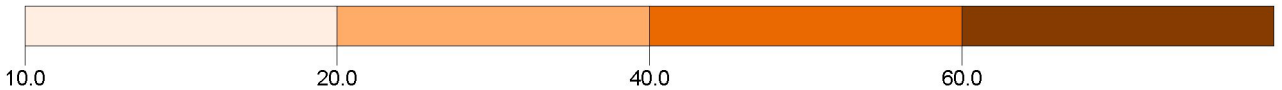


**LNG Cagliari**  
**Mappe delle simulazioni**



1 RANK 8 HOUR AVERAGE CONCENTRATION (CO)

ug/m\*\*3



Mappa 4  
Curve di isoconcentrazione al suolo di CO NORMALE ESERCIZIO

Periodo di mediazione: 8 ore  
Valore rappresentato: Massimo delle concentrazioni medie su otto ore (ug/m3)

Valore di riferimento per SQA: 10000 ug/m3 CO come massimo delle concentrazioni medie su otto ore

**ICARO**

**AE**

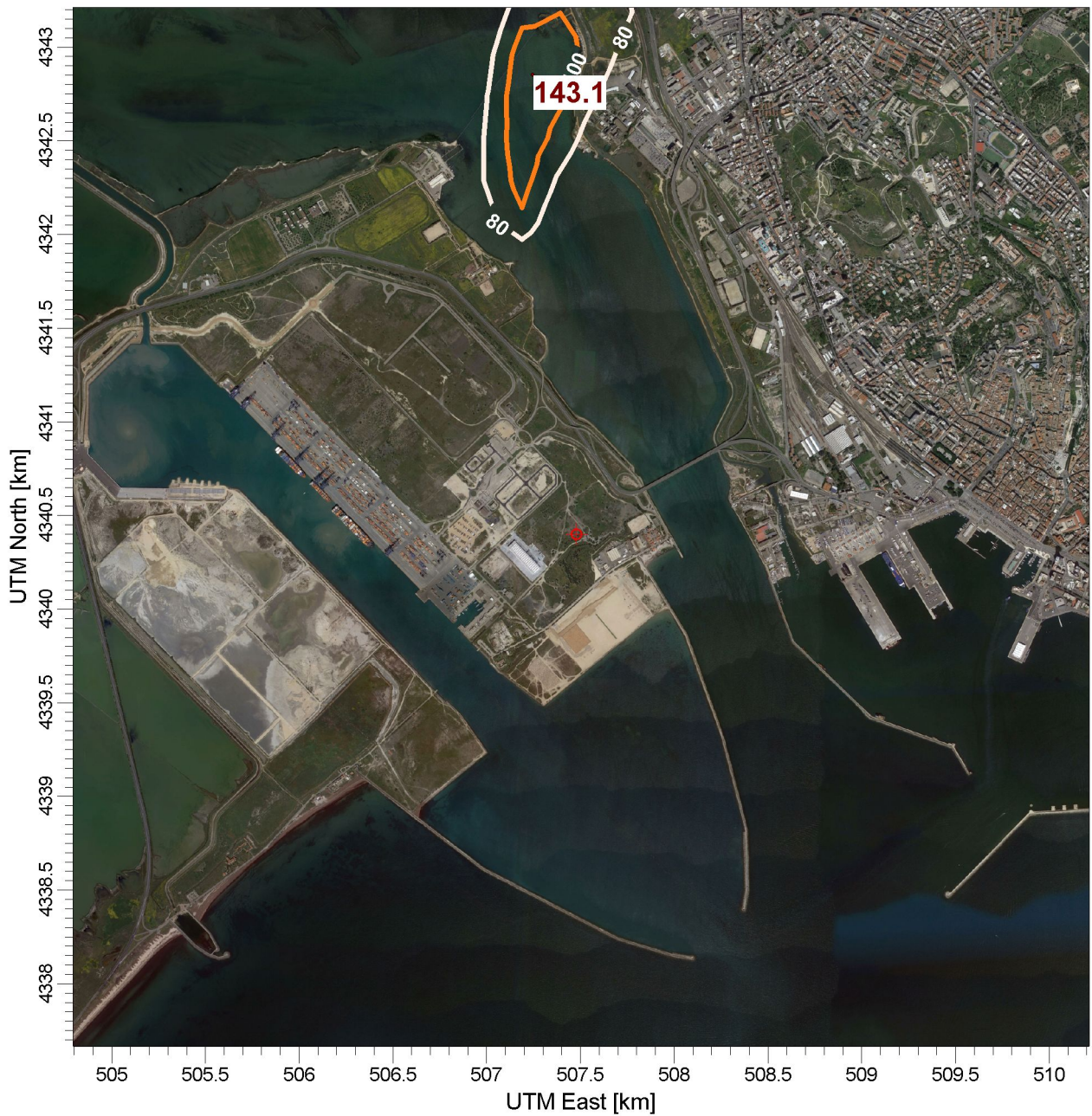
SCALE: 1:35,000



ICARO



**LNG Cagliari**  
**Mappe delle simulazioni**



1 RANK 8 HOUR AVERAGE CONCENTRATION (CO)

ug/m\*\*3



Mappa 5  
 Curve di isoconcentrazione al suolo di CO EMERGENZA

Periodo di mediazione: 8 ore  
 Valore rappresentato: Massimo delle concentrazioni medie su otto ore (ug/m3)

Valore di riferimento per SQA: 10000 ug/m3 CO come massimo delle concentrazioni medie su otto ore

**ICARO**

**AE**

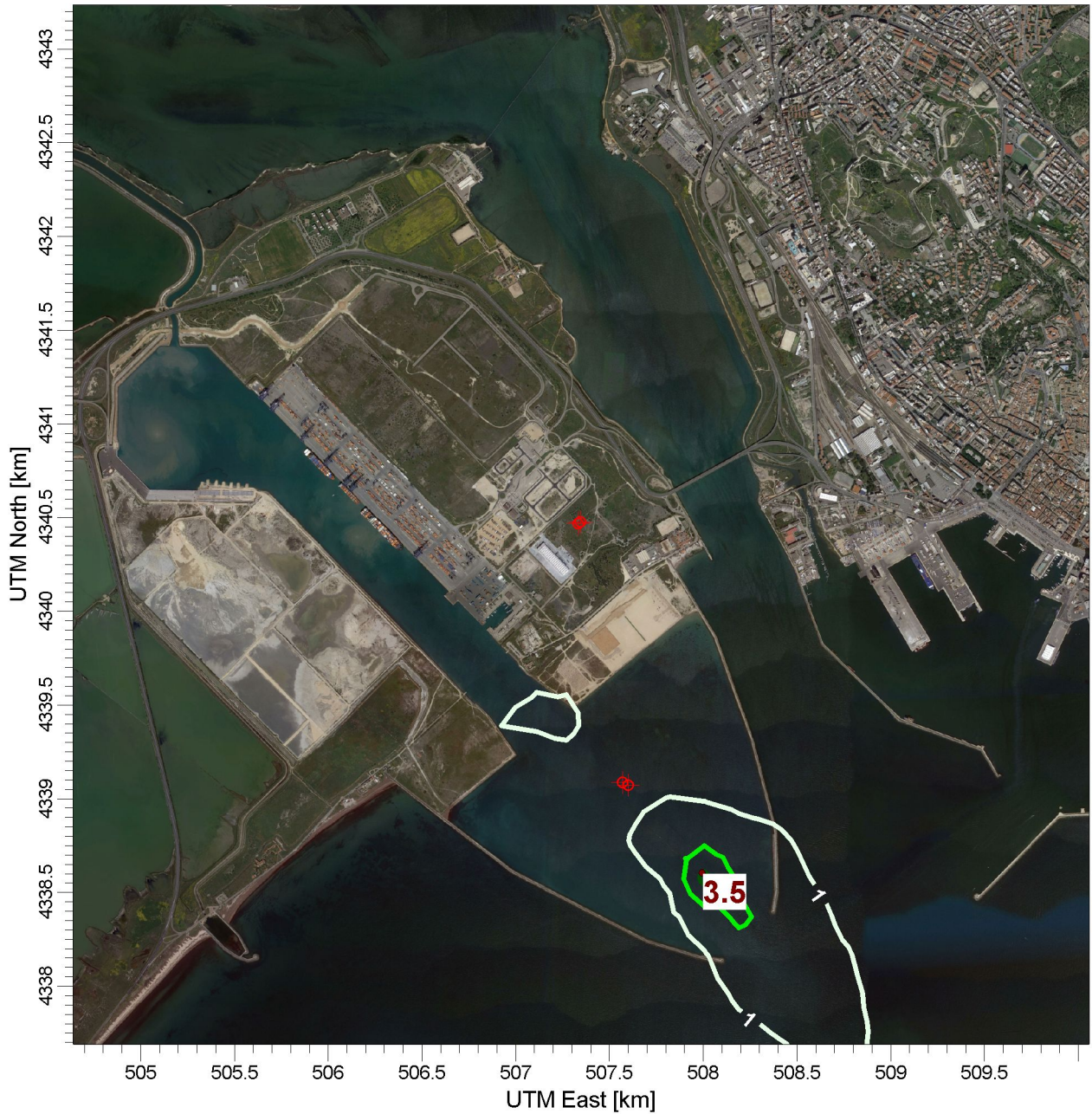
SCALE: 1:35,000



ICARO



**LNG Cagliari**  
**Mappe delle simulazioni**



35 RANK 24 HOUR AVERAGE CONCENTRATION (PM10)

ug/m\*\*3



Mappa 6  
Curve di isoconcentrazione al suolo di Polveri NORMALE ESERCIZIO

Periodo di mediazione: 24 ore  
Valore rappresentato: 90° percentile delle concentrazioni medie su 24 ore (ug/m3)

Valore di riferimento per SQA:50 ug/m3 PM10 come 90° percentile delle concentrazioni medie su 24 ore

**ICARO**

**AE**

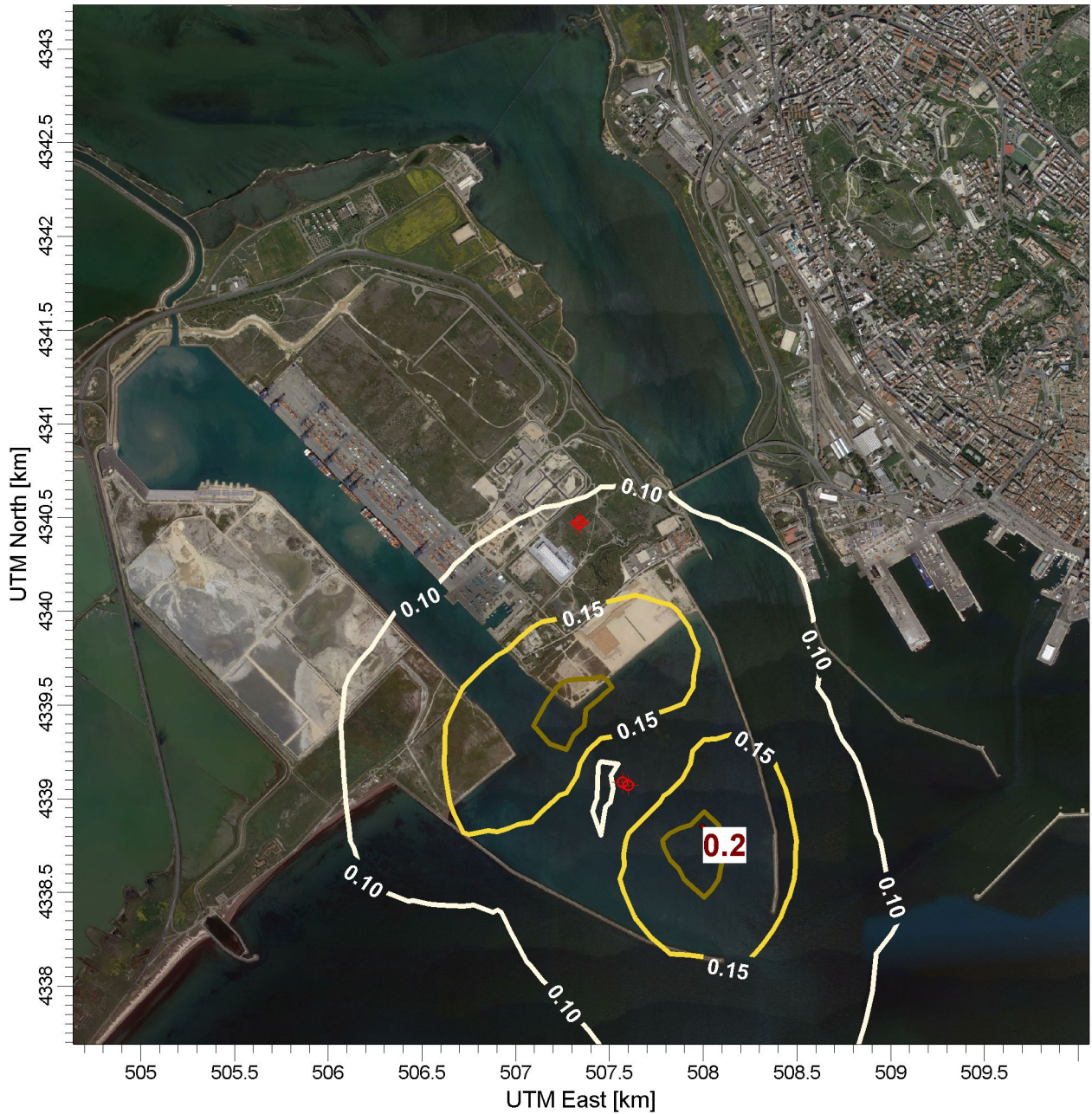
SCALE: 1:35,000



ICARO



**LNG Cagliari**  
**Mappe delle simulazioni**



24 RANK 1 HOUR AVERAGE CONCENTRATION (SO2)

ug/m<sup>3</sup>



Mappa 7  
Curve di isoconcentrazione al suolo di SO2 NORMALE ESERCIZIO

Periodo di mediazione: 1 ora  
Valore rappresentato: 99,7° percentile delle concentrazioni medie orarie (ug/m<sup>3</sup>)

Valore di riferimento per SQA:350 ug/m<sup>3</sup> SO2 come 99,7° percentile delle concentrazioni medie orarie

**ICARO**

**AE**

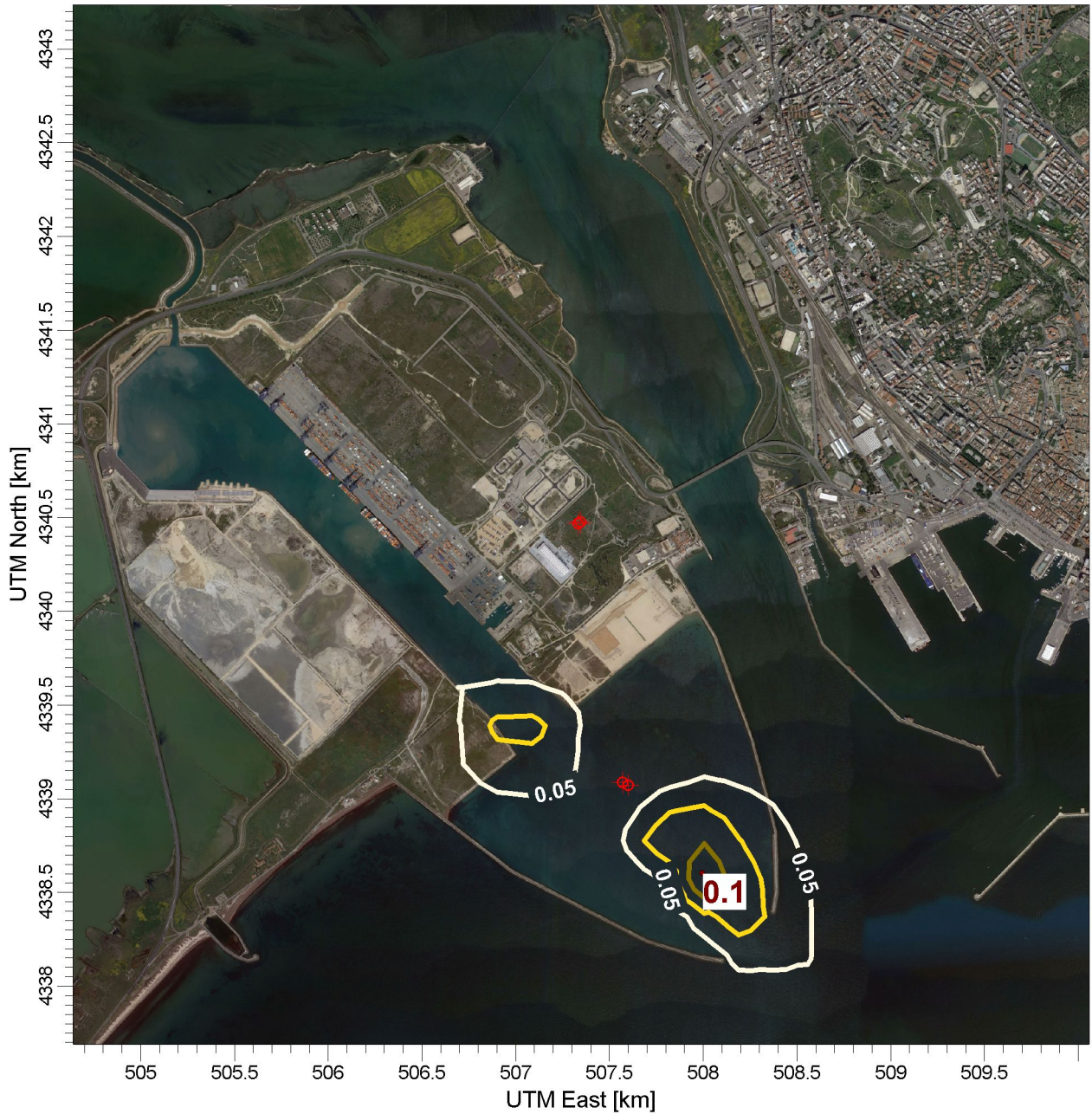
SCALE: 1:35,000



ICARO



**LNG Cagliari**  
**Mappe delle simulazioni**



3 RANK 24 HOUR AVERAGE CONCENTRATION (SO2)

ug/m<sup>3</sup>



Mappa 8  
Curve di isoconcentrazione al suolo di SO2 NORMALE ESERCIZIO

Periodo di mediazione: 24 ore  
Valore rappresentato: 99,4° percentile delle concentrazioni medie su 24 ore (ug/m<sup>3</sup>)

Valore di riferimento per SQA: 125 ug/m<sup>3</sup> SO2 come 99,4° percentile delle concentrazioni medie su 24 ore

**ICARO**

**AE**

SCALE: 1:35,000



ICARO