

## **TERMINALE GALLEGGIANTE DI RIGASSIFICAZIONE FSRU - TOSCANA**



### **ALLEGATO D6**

***Identificazione e Quantificazione degli Effetti delle  
Emissioni in Atmosfera e confronto con SQA per la  
proposta impiantistica per la quale si richiede  
l'autorizzazione  
(Integrazioni)***

---

**INDICE**

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2. MODELLO UTILIZZATO .....</b>	<b>4</b>
<b>3. SCENARI EMISSIVI E DATI CONSIDERATI .....</b>	<b>6</b>
3.1. CARATTERIZZAZIONE DELLE SORGENTI EMISSIVE.....	6
3.2. DATI METEOROLOGICI .....	7
3.3. DOMINIO DI CALCOLO.....	17
<b>4. ANALISI DEI RISULTATI.....</b>	<b>18</b>
<b>5. CONCLUSIONI.....</b>	<b>21</b>

## **1. PREMESSA**

Nel presente allegato sono presentate le valutazioni delle ricadute al suolo degli inquinanti emessi in atmosfera sia dal Terminale galleggiante per la rigassificazione di gas naturale liquefatto "FSRU Toscana", situato a 12 miglia nautiche al largo del litorale tra Livorno e la foce dell'Arno (Marina di Pisa), che dalle metaniere di approvvigionamento per il periodo compreso tra l'attracco ed il disormeggio.

Tali ricadute, riconducibili all'emissione dei prodotti di combustione dai camini delle due caldaie utilizzate per la produzione di vapore necessario al funzionamento dell'impianto e dalle metaniere impiegate per l'approvvigionamento, sono confrontate con i limiti di legge in vigore (D.Lgs. 13 Agosto 2010, No. 155 *"Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa"*).

## 2. MODELLO UTILIZZATO

Le simulazioni della dispersione di inquinanti in atmosfera sono state condotte con il modello "WinDimula3", che rappresenta l'evoluzione in ambiente Windows del modello gaussiano DIMULA, sviluppato da ENEA.

Windimula è inserito nell'elenco dei modelli consigliati da ISPRA (ex APAT) per la valutazione e gestione della qualità dell'aria.

Il modello è stato rivisto nel 2000 in un progetto congiunto ENEA – Dipartimento Ambiente e MAIND – Modellistica Ambientale.

DIMULA è un modello gaussiano multisorgente che consente di effettuare simulazioni in versione short-term e in versione climatologica. I modelli gaussiani si basano su una soluzione analitica esatta dell'equazione di trasporto e diffusione in atmosfera ricavata sotto particolari ipotesi semplificative. La forma della soluzione è di tipo gaussiano, ed è controllata da una serie di parametri che riguardano sia l'altezza effettiva del rilascio per sorgenti calde, calcolata come somma dell'altezza del camino più il sovralzato termico dei fumi, sia la dispersione laterale e verticale del pennacchio calcolata utilizzando formulazioni che variano al variare della stabilità atmosferica, descritta utilizzando le sei classi di stabilità introdotte da Pasquill-Turner.

Il modello è in grado gestire diversi parametri, tra cui:

- tipologie di sorgenti emissive:
  - sorgenti puntiformi,
  - sorgenti areali;
- condizioni meteorologiche:
  - supporto di condizioni di vento con e senza inversione in quota,
  - supporto di condizioni di calma con e senza inversione,
  - utilizzo di Joint Frequency Function per gestire i calcoli climatologici,
  - calcolo della velocità del vento in quota mediante legge esponenziale;
- Coefficienti di dispersione laterale e verticale:
  - formule di Briggs urbane,
  - formule di Briggs rurali,
  - formule basate sulla rugosità superficiale,
  - formule di Cirillo Poli basate sulla deviazione standard del vento per le condizioni di calma di vento,
  - formula di Cirillo e Cagnetti per il calcolo della Sigma laterale per sorgenti areali;
- Effetti di DownWash di edifici:
  - correzione dell'altezza efficace,
  - modello di Huber Snyder per la variazione delle sigma;

- Calcolo dell'altezza efficace:
  - valutazione dell'effetto scia del camino,
  - formule di Briggs,
  - formula per la valutazione della BID (Buoyancy Induced Turbulence),
  - formule di Briggs per il calcolo del Gradual Plume Rise;
- Formulazioni aggiuntive:
  - supporto dell'orografia,
  - calcolo a quote superiori al suolo,
  - valutazione effetti di deposizione umida,
  - presenza di un termine di "decadimento" esponenziale,
  - valutazione della penetrazione dei fumi in inversioni in quota.

### 3. SCENARI EMISSIVI E DATI CONSIDERATI

#### 3.1. CARATTERIZZAZIONE DELLE SORGENTI EMISSIVE

Con riferimento al Terminale FSRU, l'emissione principale generata dal processo in oggetto risulta essere quella prodotta dalle caldaie alimentate a gas naturale utilizzate per la produzione di vapore, successivamente inviato alle turbine a vapore per la produzione dell'energia elettrica necessaria al funzionamento dell'intero ciclo produttivo.

Il Terminale presenta due punti di emissione convogliata in atmosfera, costituiti dalle due linee di scarico fumi separate, una per ogni caldaia, convergenti in un unico camino dotato di setto centrale.

Nella tabella seguente si riportano le principali caratteristiche emissive del Terminale FSRU.

Dato	Unità di misura	Valore
Coordinate (x,y)	m	10.000;26.000
Altezza camino	m	40,6
Diametro camino	m	1,6
Quota s.l.m. della base del camino punto di emissione	m	0
Temperatura dei fumi	K	476
Velocità di efflusso	m/s	15,24
Diffusività	cm <sup>2</sup> /s	0,1656
Scavenging ratio	h/smm	0
Coefficiente del termine di decadimento	1/s	0
Emissione totale NOx	g/s	2,62

Tabella 1 - Terminale FSRU, Caratteristiche Emissive

Per quanto concerne le navi metaniere si sono tenute in conto le emissioni convogliate ad un camino di caratteristiche simili a quello della nave FSRU (ex-metaniera).

In coerenza con la richiesta di modifica della Prescrizione No.2 del Provvedimento DVA-2010-0025280 del 20 Ottobre 2010, la simulazione è stata condotta considerando una taglia massima di metaniere pari a 155,000 m<sup>3</sup> ed un numero massimo di accosti annui pari a 59, rappresentando la condizione più cautelativa.

Nella tabella seguente si riportano le principali caratteristiche emissive assunte per le navi metaniere di taglia pari a 155,000 m<sup>3</sup>.

Dato	Unità di misura	Valore
Altezza camino	m	40,6
Diametro camino	m	0,8
Temperatura dei fumi	K	476
NOx emission factor	kg/t fuel gas	3

Tabella 2 - Nave Metaniera, Caratteristiche Emissive

Nella valutazione delle emissioni delle navi metaniere sono state considerate le seguenti fasi principali dell'operazione di allibo, in cui la nave metaniera è affiancata al Terminale FSRU. Sono state considerate le sole emissioni di NOx in quanto le navi metaniere, a meno di condizioni di emergenza o sicurezza, utilizzano gas naturale quale combustibile:

<b>Attracco senza scarico</b>		
Durata	h	9
Consumo gas naturale	t	4,5
Portata fumi	kg/h	22.000
Massa rilasciata di NOx	kg	13,5
<b>Scarico LNG</b>		
Durata	h	12
Consumo gas naturale	t	12,3
Portata fumi	kg/h	38.000
Massa rilasciata di NOx	kg	36,9
<b>Disormeggio</b>		
Durata	h	0,25
Consumo gas naturale	t	2,2
Portata fumi	kg/h	38.000
Massa rilasciata di NOx	kg	6,6

Tabella 3 – Fasi operative della Nave Metaniera

Per effettuare le simulazioni si evidenzia che:

- per la stima del massimo orario si sono tenute in conto le emissioni della FSRU, pari a 2,62 g/s, e le emissioni della metaniera nella fase più impattante. Con riferimento ad un arco temporale orario, la fase più impattante dal punto di vista delle emissioni corrisponde alla fase finale delle operazioni di Scarico (45 min) e alle operazioni di Disormeggio(15 min); le emissioni medie in tale fase sono pari a 2,47 g/s;
  - per la media annua sono state considerate le emissioni della FSRU, nell'ipotesi di funzionamento dell'impianto di 8.400 ore, e le emissioni totali annuali delle metaniere con riferimento all'arrivo di 59 navi (condizione più conservativa).

### **3.2. DATI METEOROLOGICI**

Per quanto concerne la stima dei valori massimi orari è stato effettuato uno screening sulle condizioni meteorologiche standard EPA che permettono la ricerca del massimo di ricaduta ed è stata quindi considerata la medesima condizione meteorologica individuata come peggiorativa in termini di valore massimo assoluto di ricaduta.

Le combinazioni meteorologiche tra classe di stabilità e vento definite da US EPA sono riportati nella seguente tabella.

Velocità del vento a 10 metri dal suolo [m/s]													
Classe di stabilità di Pasquill	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	8,0	10,0	15,0	20,0
A	*	*	*	*	*								
B	*	*	*	*	*	*	*	*	*				
C	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
D	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
E	*	*	*	*	*	*	*	*	*				
F	*	*	*	*	*	*	*						

Tabella 4 - Condizioni meteorologiche Standard EPA

Per quanto riguarda la stima dei valori di ricaduta media annua, al fine di fornire una valutazione maggiormente realistica della ricadute in termini di distribuzione della concentrazione degli inquinanti in funzione del regime anemologico dell'area, sono stati utilizzati i dati della stazione Enel SMAM dell'aeroporto Pisa San Giusto. Tale set di dati fornisce i valori di occorrenza delle condizioni meteorologiche di vento (direzione e velocità) e di stabilità atmosferica.

Si riassumono di seguito i dati statistici rilevati dalla Centralina di Pisa San Giusto in termini di velocità e direzione del vento per classe di stabilità.

Classe di Stabilità A (Frequenza Annuale: 2,9 %)								
Settori		Classi di velocità (Nodi)						
No.	Gradi	0-1	2-4	5-7	8-12	13-23	>24	TOTALE
1	0,0-22,5	0	4,57	1,81	0	0	0	6,38
2	22,5-45,0	0	7,12	1,38	0	0	0	8,5
3	45,0-67,5	0	5,95	1,38	0	0	0	7,33
4	67,5-90,0	0	10,42	1,81	0	0	0	12,23
5	90,0-112,5	0	15,09	4,68	0	0	0	19,77
6	112,5-135,0	0	15,73	4,46	0	0	0	20,19
7	135,0-157,5	0	12,65	1,38	0	0	0	14,03
8	157,5-180,0	0	4,57	1,17	0	0	0	5,74
9	180,0-202,5	0	3,61	1,49	0	0	0	5,1
10	202,5-225,0	0	8,93	4,46	0	0	0	13,39
11	225,0-247,5	0	13,92	15,2	0	0	0	29,12
12	247,5-270,0	0	23,49	27,32	0	0	0	50,81
13	270,0-292,5	0	32,42	42,94	0	0	0	75,36
14	292,5-315,0	0	19,03	16,16	0	0	0	35,19
15	315,0-337,5	0	10,31	2,66	0	0	0	12,97
16	337,5-360,0	0	5,63	1,81	0	0	0	7,44
<b>Direzione Variabile</b>		0	5,53	2,98	0	0	0	8,51
<b>Calme</b>		667,94	0	0	0	0	0	667,94
<b>TOTALE</b>		667,94	198,97	133,09	0	0	0	1.000,0

Tabella 5 - Distribuzione delle Frequenze Annuali, Classe di Stabilità A

Classe di Stabilità B (Frequenza Annuale: 8,3 %)								
Settori		Classi di velocità (Nodi)						
No.	Gradi	0-1	2-4	5-7	8-12	13-23	>24	TOTALE
1	0,0-22,5	0	4,88	1,81	0,07	0	0	6.76
2	22,5-45,0	0	6,11	1,66	0,29	0	0	8.06
3	45,0-67,5	0	9,8	4,01	0,72	0	0	14.53
4	67,5-90,0	0	26,72	15,51	1,88	0	0	44.11
5	90,0-112,5	0	62,73	37,67	1,81	0	0	102.21
6	112,5-135,0	0	46,1	25,67	1,95	0	0	73.72
7	135,0-157,5	0	19,52	8,86	0,58	0	0	28.96
8	157,5-180,0	0	6,44	1,41	0,51	0	0	8.36
9	180,0-202,5	0	4,77	2,46	0,83	0	0	8.06
10	202,5-225,0	0	7,01	11,14	6,33	0	0	24.48
11	225,0-247,5	0	8,17	31,89	16,63	0	0	56.69
12	247,5-270,0	0	15,62	53,36	22,56	0	0	91.54
13	270,0-292,5	0	24,01	79,5	23,64	0	0	127.15
14	292,5-315,0	0	16,27	43,06	8,75	0	0	68.08
15	315,0-337,5	0	8,35	8,42	1,66	0	0	18.43
16	337,5-360,0	0	5,39	2,57	0,43	0	0	8.39
<b>Direzione Variabile</b>		0	7,66	1,01	0,58	0	0	9,25
<b>Calme</b>		301,23	0	0	0	0	0	301,23
<b>TOTALE</b>		301,23	279,55	330,01	89,22	0	0	1.000,0

Tabella 6 - Distribuzione delle Frequenze Annuali, Classe di Stabilità B

Classe di Stabilità C (Frequenza Annuale: 6,1 %)								
Settori		Classi di velocità (Nodi)						
No.	Gradi	0-1	2-4	5-7	8-12	13-23	>24	TOTALE
1	0,0-22,5	0	0,88	2,84	1,27	0	0	4,99
2	22,5-45,0	0	1,18	3,43	3,43	0	0	8,04
3	45,0-67,5	0	2,75	5,15	15	2,4	0,2	25,5
4	67,5-90,0	0	7,94	25,54	36,38	3,97	0	73,83
5	90,0-112,5	0	26,87	70,99	73,54	1,23	0	172,63
6	112,5-135,0	0	18,93	45,01	34,52	1,03	0	99,49
7	135,0-157,5	0	7,35	12,75	6,42	0,1	0	26,62
8	157,5-180,0	0	1,57	1,77	1,91	0,29	0,1	5,64
9	180,0-202,5	0	1,62	2,16	6,62	0,74	0,59	11,73
10	202,5-225,0	0	2,01	10,79	30,94	5,15	0,1	48,99
11	225,0-247,5	0	6,86	22,6	70,21	12,01	0,78	112,46
12	247,5-270,0	0	7,06	36,13	90,31	8,29	0	141,79
13	270,0-292,5	0	9,56	49,96	87,76	3,53	0	150,81
14	292,5-315,0	0	5,74	32,31	44,32	0,29	0	82,66
15	315,0-337,5	0	2,79	8,09	12,36	0	0	23,24
16	337,5-360,0	0	1,62	3,68	3,73	0	0	9,03
<b>Direzione Variabile</b>		0	0,78	0,98	0,78	0	0	2,54
<b>Calme</b>		0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTALE</b>		0	105,51	334,18	519,5	39,03	1,77	1.000,0

Tabella 7 -Distribuzione delle Frequenze Annuali, Classe di Stabilità C

Classe di Stabilità D (Frequenza Annuale: 40,7 %)								
Settori		Classi di velocità (Nodi)						
No.	Gradi	0-1	2-4	5-7	8-12	13-23	>24	TOTALE
1	0,0-22,5	0	2,67	1,82	2,19	1,41	0,1	8,19
2	22,5-45,0	0	3,96	3,91	4,96	4,53	0,44	17,8
3	45,0-67,5	0	6,98	6,08	11,8	16,71	0,8	42,37
4	67,5-90,0	0	16,26	16,15	35,12	28,23	0,47	96,23
5	90,0-112,5	0	38,03	39,7	58,62	22,81	0,38	159,54
6	112,5-135,0	0	29,66	29,84	29,79	7,6	0,24	97,13
7	135,0-157,5	0	12,12	10,37	8,14	2,33	0,2	33,16
8	157,5-180,0	0	4,39	3,4	3,02	2,76	0,29	13,86
9	180,0-202,5	0	3,42	2,88	5,26	5,68	0,89	18,13
10	202,5-225,0	0	4,64	6,17	14,49	15,54	1,82	42,66
11	225,0-247,5	0	4,79	7,1	22,58	27,3	2,69	64,46
12	247,5-270,0	0	5,5	7,72	20,25	19,94	1,62	55,03
13	270,0-292,5	0	6,11	8,57	11,77	5,26	0,15	31,86
14	292,5-315,0	0	5,09	5,25	5,09	1,42	0,21	17,06
15	315,0-337,5	0	3,11	2,95	2,14	0,47	0,09	8,76
16	337,5-360,0	0	1,99	1,9	1,96	0,33	0,03	6,21
<b>Direzione Variabile</b>		0	2,75	0,97	0,32	0,06	0,03	4,13
<b>Calme</b>		283,43	0	0	0	0	0	283,43
<b>TOTALE</b>		283,43	151,47	154,78	237,5	162,38	10,45	1.000,0

Tabella 8 -Distribuzione delle Frequenze Annuali, Classe di Stabilità D

Classe di Stabilità E (Frequenza Annuale: 7,2 %)								
Settori		Classi di velocità (Nodi)						
No.	Gradi	0-1	2-4	5-7	8-12	13-23	>24	TOTALE
1	0,0-22,5	0	0,63	6,15	1,17	0	0	7,95
2	22,5-45,0	0	2,22	9,74	3,93	0	0	15,89
3	45,0-67,5	0	6,06	26,56	8,15	0	0	40,77
4	67,5-90,0	0	16,94	70,13	20,12	0	0	107,19
5	90,0-112,5	0	40,61	148,59	34,84	0	0	224,04
6	112,5-135,0	0	29,06	106,85	19,53	0	0	155,44
7	135,0-157,5	0	10,16	34,38	2,8	0	0	47,34
8	157,5-180,0	0	3,14	9,37	0,79	0	0	13,3
9	180,0-202,5	0	3,76	9,87	0,63	0	0	14,26
10	202,5-225,0	0	6,86	27,02	3,81	0	0	37,69
11	225,0-247,5	0	11,54	42,45	7,65	0	0	61,64
12	247,5-270,0	0	18,15	58,59	10,33	0	0	87,07
13	270,0-292,5	0	17,4	57,34	9,58	0	0	84,32
14	292,5-315,0	0	14,8	42,2	6,23	0	0	63,23
15	315,0-337,5	0	6,27	16,52	2,26	0	0	25,05
16	337,5-360,0	0	2,43	7,9	1,17	0	0	11,5
<b>Direzione Variabile</b>		0	1,67	1,67	0	0	0	3,34
<b>Calme</b>		0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTALE</b>		0	191,7	675,33	132,99	0	0	1.000,0

Tabella 9 – Distribuzione delle Frequenze Annuali, Classe di Stabilità E

Classe di Stabilità F+G (Frequenza Annuale: 33,4 %)								
Settori		Classi di velocità (Nodi)						
No.	Gradi	0-1	2-4	5-7	8-12	13-23	>24	TOTALE
1	0,0-22,5	0	2,43	0,37	0	0	0	2.8
2	22,5-45,0	0	4,07	1,08	0	0	0	5.15
3	45,0-67,5	0	9,04	1,36	0	0	0	10.4
4	67,5-90,0	0	25,56	5,39	0	0	0	30.95
5	90,0-112,5	0	55,39	11,98	0	0	0	67.37
6	112,5-135,0	0	36,78	7,04	0	0	0	43.82
7	135,0-157,5	0	12,41	1,86	0	0	0	14.27
8	157,5-180,0	0	4,34	0,66	0	0	0	5
9	180,0-202,5	0	3,93	0,24	0	0	0	4.17
10	202,5-225,0	0	5,59	0,78	0	0	0	6.37
11	225,0-247,5	0	12,16	2	0	0	0	14.16
12	247,5-270,0	0	16,19	3,66	0	0	0	19.85
13	270,0-292,5	0	18,62	4,31	0	0	0	22.93
14	292,5-315,0	0	17,57	3,85	0	0	0	21.42
15	315,0-337,5	0	8,09	1,99	0	0	0	10.08
16	337,5-360,0	0	2,74	0,75	0	0	0	3.49
<b>Direzione Variabile</b>		0	2,65	0,14	0	0	0	2,79
<b>Calme</b>		714.96	0	0	0	0	0	714,96
<b>TOTALE</b>		714.96	237,56	47,46	0	0	0	1.000,0

Tabella 10 – Distribuzione delle Frequenze Annuali, Classe di Stabilità F+G

Classe di Stabilità Nebbie (Frequenza Annuale: 1,4 %)								
Settori		Classi di velocità (Nodi)						
No.	Gradi	0-1	2-4	5-7	8-12	13-23	>24	TOTALE
1	0,0-22,5	0	0	0	0	0	0	0
2	22,5-45,0	0	0	0	0	0	0	0
3	45,0-67,5	0	2,71	0	0,9	0	0	3,61
4	67,5-90,0	0	22,56	7,67	3,16	0	0	33,39
5	90,0-112,5	0	73,33	41,29	11,51	0	0	126,13
6	112,5-135,0	0	48,51	16,92	5,19	0	0	70,62
7	135,0-157,5	0	19,4	4,51	0	0	0	23,91
8	157,5-180,0	0	2,26	0	0	0	0	2,26
9	180,0-202,5	0	1,81	0	0	0	0	1,81
10	202,5-225,0	0	2,71	0,9	0	0	0	3,61
11	225,0-247,5	0	0,23	0	0	0	0	0,23
12	247,5-270,0	0	3,38	0	0	0	0	3,38
13	270,0-292,5	0	1,58	0	0	0	0	1,58
14	292,5-315,0	0	2,93	0	0	0	0	2,93
15	315,0-337,5	0	0	0	0	0	0	0
16	337,5-360,0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Direzione Variabile</b>		0	0,9	0	0	0	0	0,9
<b>Calme</b>		725,63	0	0	0	0	0	725,63
<b>TOTALE</b>		725,63	182,31	71,29	20,76	0	0	1.000,0

Tabella 11 - Distribuzione delle Frequenze Annuali, Nebbie

Nella seguente figura è rappresentata infine la rosa dei venti per il totale delle osservazioni (Calme: 40,3 %).

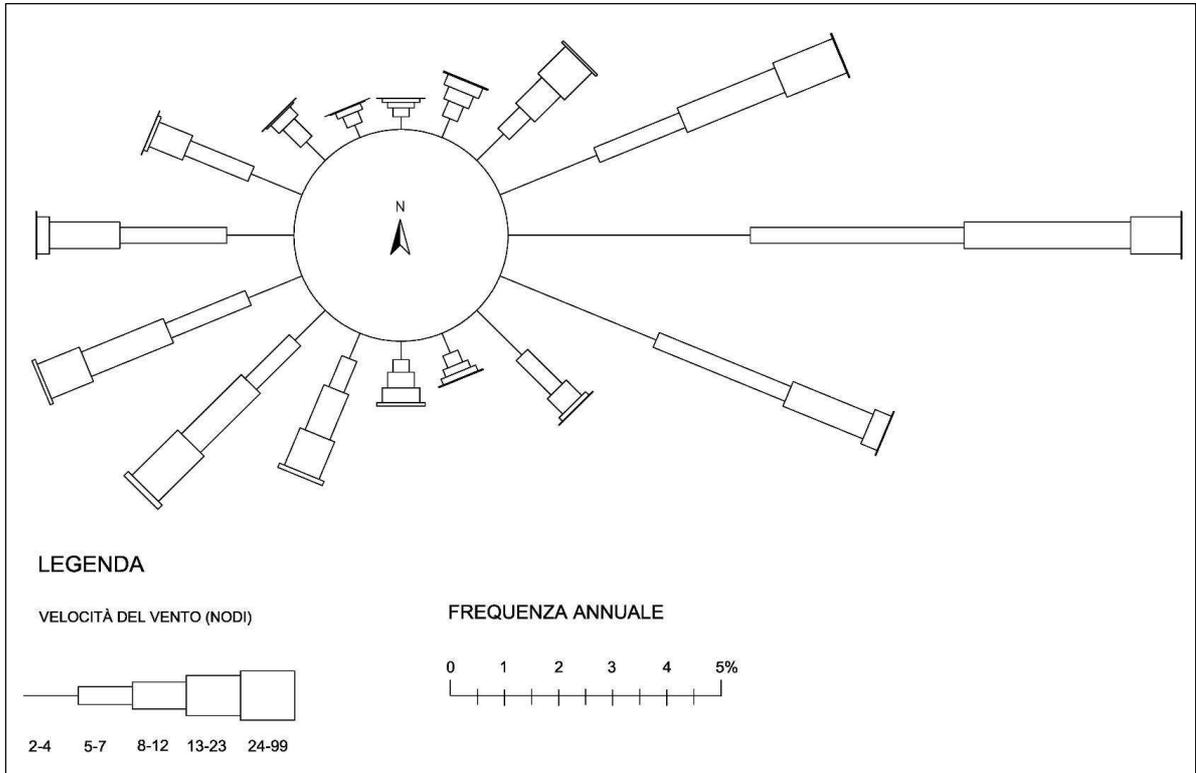


Figura 1 – Pisa San Giusto, Rosa dei Venti per Totale delle Osservazioni (Calme: 40.3 %)

### **3.3. DOMINIO DI CALCOLO**

E' stato considerato un dominio di calcolo di estensione pari a 50 km x 50 km e passo 500 metri, in modo da includere nelle valutazioni anche le località costiere più prossime all'impianto.

All'interno dell'area indagata sono stati individuati i principali ricettori presenti:

- Isola di Gorgona (R1);
- Centri abitati Livorno (R2 e R3);
- Centro abitato Pisa (R4);
- Centro abitato Torre del Lago Puccini (R5);
- Scuola (R6).

#### 4. ANALISI DEI RISULTATI

I risultati delle simulazioni condotte sono presentati nelle seguenti figure, in termini di mappe di isoconcentrazione di NOx al livello del suolo.

Per quanto concerne il massimo orario, i valori di ricaduta più elevati (circa 20 µg/m<sup>3</sup>) si riscontrano in prossimità del Terminale (valore inferiore di più di un ordine di grandezza rispetto ai limiti normativi). Sulla costa e presso tutti i ricettori individuati, le ricadute presentano valori di circa 0,1 µg/m<sup>3</sup>.

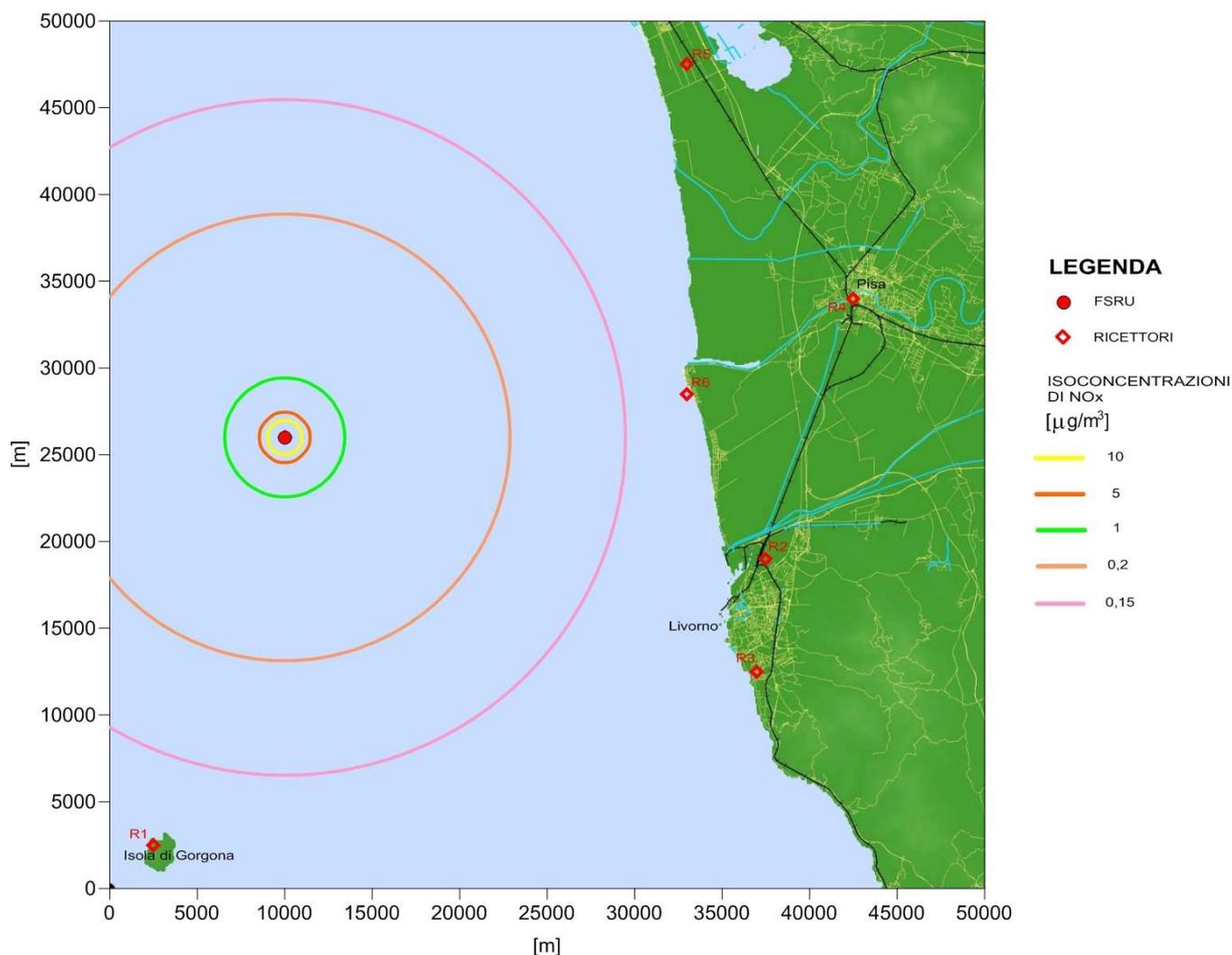


Figura 2 - Mappa delle Isoconcentrazioni di NOx, Massimo Orario

Per quanto riguarda la media annua, i valori di ricaduta più elevati (0,22 µg/m<sup>3</sup>) si riscontrano in prossimità del Terminale (valori inferiori di più di due ordini di grandezza rispetto ai limiti normativi). Sulla costa e presso tutti i ricettori individuati le ricadute presentano valori inferiori a 0,01 µg/m<sup>3</sup>.

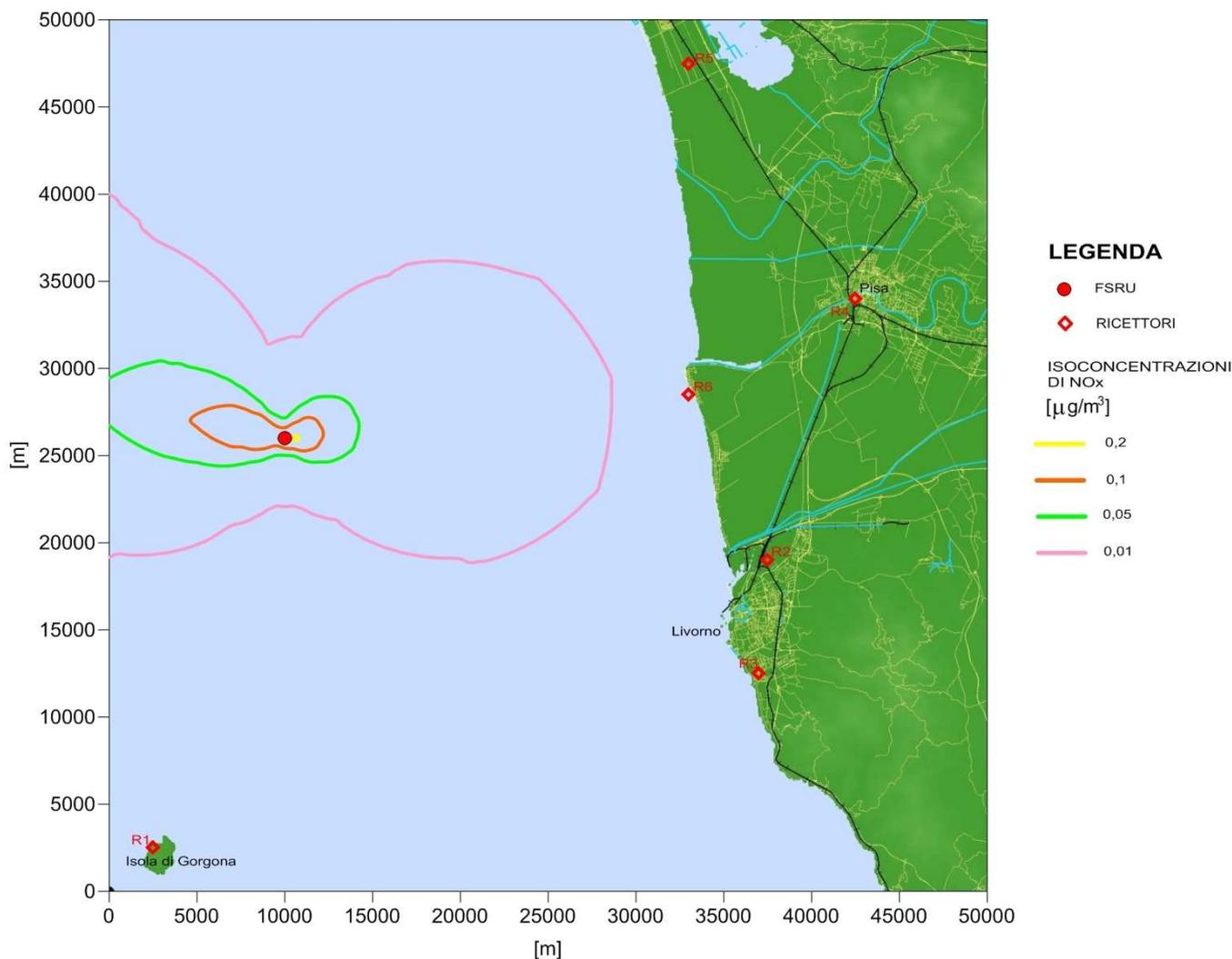


Figura 4 - Mappa delle Isoconcentrazioni di NOx, Media Annua Scenario 59 navi

In sintesi le simulazioni di ricaduta massima oraria e media annua riconducibile all’esercizio della FSRU e delle navi metaniere hanno portato alle seguenti stime delle concentrazioni presso i ricettori presenti all’interno del dominio di calcolo.

Ricettore	Concentrazione Massima Oraria [µg/m <sup>3</sup> ]	Valore limite (D.Lgs 155/2010)
R1	13 x 10 <sup>-2</sup>	200 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 18 volte per anno civile (NO <sub>2</sub> )
R2	12 x 10 <sup>-2</sup>	
R3	11 x 10 <sup>-2</sup>	
R4	10 x 10 <sup>-2</sup>	
R5	11 x 10 <sup>-2</sup>	
R6	13 x 10 <sup>-2</sup>	

Tabella 12 - Concentrazione di NOx ai Ricettori e Confronto con i Limiti Normativi, Massimo Orario

Ricettore	Concentrazione Media Annua [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Valore limite (D.Lgs 155/2010)
R1	$1,5 \times 10^{-3}$	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (NO <sub>2</sub> )
R2	$5,8 \times 10^{-3}$	
R3	$4,7 \times 10^{-3}$	
R4	$5,1 \times 10^{-3}$	
R5	$4,1 \times 10^{-3}$	
R6	$7,9 \times 10^{-3}$	

Tabella 13 - Concentrazione di NOx ai Ricettori e Confronto con i Limiti Normativi, Media Annua

Come evidenziato nelle tabelle, i valori di concentrazione di NOx ai recettori risultano essere ben inferiori ai valori limite indicati dal D.Lgs No. 155/2010.

## **5. CONCLUSIONI**

Le simulazioni condotte hanno consentito di valutare gli effetti ambientali associati all'emissione di sostanze inquinanti, in particolare degli ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), ad opera del Terminale galleggiante e delle metaniere di approvvigionamento.

Per valutare le ricadute di NO<sub>x</sub> si è fatto uso del software WinDimula3, che ha consentito di simulare gli effetti della ricaduta al suolo in termini di concentrazione oraria massima e media di NO<sub>x</sub>, in funzione degli scenari meteorologici, in un'area di studio quadrata di lato pari a 50 km.

Per la media annua sono state considerate le emissioni della FSRU e le emissioni totali annue delle metaniere considerando l'arrivo di 59 navi di capacità massima pari a 155.000 m<sup>3</sup>, ossia la condizione operativa più cautelativa.

Le simulazioni modellistiche hanno evidenziato come le ricadute sulla costa in prossimità dei recettori considerati siano inferiori di diversi ordini di grandezza ai limiti normativi di riferimento e determinino un contributo assolutamente trascurabile rispetto agli attuali livelli di qualità dell'aria nelle Province di Pisa e Livorno.