

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITA'	RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Pag. 1 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

EMERGENZA GAS

Incremento di capacità di rigassificazione (DL 17 Maggio 2022, n. 50)
FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti

OTTIMIZZAZIONI PROGETTUALI

Addendum allo Studio Modellistico delle Ricadute in Atmosfera in Fase di Esercizio

(Rif. REL-AMB-E-09002_r1 - Settembre 2022)




CUP E63F22000090007

0	EMISSIONE PER PERMESSI	R. Roberto	L. Volpi	M. Compagnino	Settembre 2023
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato Autorizzato	Data

	PROGETTISTA	RINA	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITÀ	RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Pag. 2 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

INDICE

LISTA DELLE TABELLE	4
LISTA DELLE FIGURE	5
1 INTRODUZIONE.....	7
2 DESCRIZIONE DEL PROGETTO	8
2.1 PROGETTO AUTORIZZATO	8
2.2 OTTIMIZZAZIONI PROGETTUALI	9
2.3 EMISSIONI IN ATMOSFERA.....	11
2.3.1 Emissioni in Condizioni di Normale Esercizio	12
2.3.2 Emissioni da Traffico Indotto	13
2.3.3 Emissioni da sistema di riscaldamento parziale dell'acqua di mare	15
3 RIFERIMENTI NORMATIVI.....	16
4 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ.....	18
4.1 QUADRO SINTETICO DELLE ATTIVITÀ SVOLTE	18
4.2 DESCRIZIONE DEL MODELLO CALPUFF	21
4.3 IPOTESI MODELLISTICHE	26
4.3.1 Scenario massimo	31
4.3.2 Scenario medio annuo	32
4.3.3 Identificazione dei ricettori discreti.....	35
5 DESCRIZIONE DEI RISULTATI OTTENUTI	38
5.1 OSSIDI DI AZOTO (NO _x)	38
5.1.1 Limite Orario e Giornaliero (Scenario Massimo)	38
5.1.2 Limite Annuale (Scenario Medio Annuo).....	42
5.2 POLVERI (PM ₁₀)	45
5.2.1 Limite Giornaliero (Scenario Massimo).....	45
5.2.2 Limite Annuale (Scenario Medio Annuo).....	49
5.3 POLVERI (PM _{2,5}).....	51
5.3.1 Limite Giornaliero (Scenario Massimo).....	51
5.3.2 Limite Annuale (Scenario Medio Annuo).....	53

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 3 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

5.4	BIOSSIDO DI ZOLFO (SO ₂).....	55
5.4.1	<i>Limite Orario e Giornaliero (Scenario Massimo)</i>	55
5.4.2	<i>Limite Annuale (Scenario Medio Annuo).....</i>	61
5.5	SIMULAZIONI PER NMVOC, METALLI PESANTI, IPA E PCDD/F	62
5.5.1	<i>Stima delle concentrazioni medie annue in atmosfera per NMVOC, Metalli, IPA e PCDD/F ..</i>	63
5.5.2	<i>Stima delle deposizioni al suolo per alcuni metalli rappresentativi, PCDD/F e Benzo(a)pirene</i>	67
6	CONCLUSIONI.....	73
	REFERENZE.....	76

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 4 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

LISTA DELLE TABELLE

Tabella 2.1: Caratteristiche e Dati Emissivi del Motore di bordo	12
Tabella 2.2: Caratteristiche e Dati Emissivi Navi metaniere cargo	13
Tabella 2.3: Caratteristiche e Dati Emissivi del rimorchiatore	14
Tabella 2.4: Caratteristiche e Dati Emissivi del sistema di riscaldamento parziale dell'acqua di mare	15
Tabella 3.1: Valori Limite e Livelli Critici per i Principali Inquinanti Atmosferici, Decreto Legislativo 13 Agosto 2010, No. 155	16
Tabella 3.2: Livelli AQG raccomandati dalle Linee Guida 2021 dell'OMS (la tabella riporta anche gli interm target)	17
Tabella 4.1: Valori limite emissivi considerati per i motori della FSRU. Allegato I alla Parte V del D.Lgs 152/06 - Punto 1.4 "Impianti multicomcombustibile - Motori fissi costituenti medi impianti di combustione esistenti alimentati a combustibili gassosi"	18
Tabella 4.2: Speciazione media IPA nei mezzi navali (Fonte: EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019, Last Update December 2021)	20
Tabella 4.3: Sorgenti emissive e relative caratteristiche (scenario massimo)	32
Tabella 4.4: Sorgenti emissive e relative caratteristiche (scenario medio)	33
Tabella 4.5: Descrizione ricettori discreti e centraline di qualità dell'aria	36
Tabella 5.1: Scenario Massimo – 99,8° percentile delle ricadute medie orarie e 99° percentile delle ricadute medie giornaliere di NO _x in corrispondenza dei ricettori discreti e delle centraline (Valore Limite per NO ₂ : 200 µg/m ³ come media oraria da non superare più di 18 volte all'anno – Valore "guida" OMS 2021: 25 µg/m ³ come 99° percentile delle medie giornaliere)	41
Tabella 5.2: Scenario Medio Annuo - Ricadute medie annue di NO _x in corrispondenza dei ricettori discreti e delle centraline (Valore Limite per NO ₂ : 40 µg/m ³)	43
Tabella 5.3: Scenario Massimo - 90,4° e 99° percentile delle ricadute medie giornaliere di Polveri in corrispondenza dei ricettori discreti e delle centraline (Valore Limite per PM ₁₀ : 50 µg/m ³ da non superare più di 35 volte all'anno – Valore "guida" OMS 2021: 45 µg/m ³ come 99° percentile)	47
Tabella 5.4: Scenario Medio Annuo - Ricadute medie annue di Polveri in corrispondenza dei ricettori discreti e delle centraline (Valore Limite per PM ₁₀ : 40 µg/m ³)	50
Tabella 5.5: Scenario Massimo - 99° percentile delle ricadute medie giornaliere di PM _{2,5} in corrispondenza dei ricettori discreti e delle centraline (Valore "guida" OMS 2021: 15 µg/m ³ come 99° percentile)	52
Tabella 5.6: Scenario Medio Annuo - Ricadute medie annue di PM _{2,5} in corrispondenza dei ricettori discreti e delle centraline (Valore Limite: 25 µg/m ³ – Valore "guida" OMS 2021: 5 µg/m ³)	54
Tabella 5.7: Scenario Massimo – 99,7° percentile delle ricadute medie orarie e 99,2° e 99° percentile delle ricadute medie giornaliere di SO ₂ in corrispondenza dei ricettori discreti e delle centraline	60
Tabella 5.8: Concentrazioni medie annue di NMVOC, Metalli, IPA e PCDD/F stimate dal modello nel punto di massima ricaduta al suolo	63
Tabella 5.9: Deposizioni medie su base annuale nel punto di massima ricaduta al suolo stimate dal modello per Pb, Cd, Ni, As, PCDD/F e Benzo(a)pirene	68

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 5 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

LISTA DELLE FIGURE

Figura 2-1:	Corografia con l'indicazione delle parti principali del Progetto autorizzato	9
Figura 2-2:	Layout e modello 3D del sistema di riscaldamento dell'acqua di mare previsto a poppa della FSRU	11
Figura 4-1:	Ubicazione delle sorgenti emissive considerate ai fini delle valutazioni modellistiche	21
Figura 4-2:	Schematizzazione del sistema modellistico CALMET/CALPUFF	22
Figura 4-3:	Differenze di dispersione fra modelli a puff (sinistra) e gaussiani tradizionali (destra)	23
Figura 4-4:	Segmentazione del pennacchio nei modelli a puff	24
Figura 4-5:	Schema di un modello a puff con indicazione dei coefficienti di dispersione relativi al puff k	25
Figura 4-6:	Visualizzazione domini meteorologici e di calcolo.	27
Figura 4-7:	Rosa dei venti a 10 m dal suolo in prossimità del Terminale di Ravenna, ricostruita a partire dai dati WRF del 2021	28
Figura 4-8:	Rosa dei venti a 60 m dal suolo in prossimità del Terminale di Ravenna, ricostruita a partire dai dati WRF del 2021	29
Figura 4-9:	Rosa dei venti a 120 m dal suolo in prossimità del Terminale di Ravenna, ricostruita a partire dai dati WRF del 2021	30
Figura 4-10:	Ubicazione ricettori discreti e centraline di qualità dell'aria	36
Figura 5-1:	Scenario Massimo - 99,8° percentile delle concentrazioni medie orarie di NO _x (Valore Limite per NO ₂ : 200 µg/m ³ da non superare più di 18 volte in un anno)	39
Figura 5-2:	Scenario Massimo - 99° percentile delle concentrazioni medie giornaliere di NO _x (Valore Guida OMS 2021: 25 µg/m ³)	40
Figura 5-3:	Scenario Medio Annuo - Concentrazioni medie annuali di NO _x (Valore Limite per NO ₂ : 40 µg/m ³ - Valore Guida OMS 2021: 10 µg/m ³)	43
Figura 5-4:	Scenario Medio Annuo - Concentrazioni medie annuali di NO _x (Livello Critico per la Protezione della Vegetazione: 30 µg/m ³)	45
Figura 5-5:	Scenario Massimo - 90,4 percentile delle concentrazioni medie giornaliere di Polveri (Valore Limite per PM10: 50 µg/m ³ da non superare più di 35 volte in un anno)	46
Figura 5-6:	Scenario Massimo - 99° percentile delle concentrazioni medie giornaliere di PM10 (AQG Level OMS 2021: 45 µg/m ³)	47
Figura 5-7:	Scenario Medio Annuo - Concentrazioni medie annuali di Polveri (Valore Limite per PM10: 40 µg/m ³ - AQG Level OMS 2021: 10 µg/m ³)	49
Figura 5-8:	Scenario Massimo - 99° percentile delle concentrazioni medie giornaliere di PM2,5 (AQG Level OMS 2021: 15 µg/m ³)	51
Figura 5-9:	Scenario Medio Annuo - Concentrazioni medie annuali di Polveri (Valore Limite per PM2,5: 25 µg/m ³ - AQG Level OMS 2021: 5 µg/m ³)	54
Figura 5-10:	Scenario Massimo - 99,7° percentile delle concentrazioni medie orarie di SO ₂ (Valore Limite: 350 µg/m ³ da non superare più di 24 volte in un anno)	57
Figura 5-11:	Scenario Massimo - 99,2° percentile delle concentrazioni medie giornaliere di SO ₂ (Valore Limite: 125 µg/m ³ da non superare più di 3 volte in un anno)	58
Figura 5-12:	Scenario Massimo - 99° percentile delle concentrazioni medie giornaliere di SO ₂ (OMS AQG Level: 40 µg/m ³)	59

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 6 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

Figura 5-13: Scenario Medio Annuo - Concentrazioni medie annuali di SO ₂ (Livello Critico per la Protezione della Vegetazione: 20 µg/m ³)	62
Figura 5-14: Scenario Medio Annuo - Concentrazioni medie annuali di NMVOC (Valore Limite: 5 µg/m ³ , riferito al Benzene)	65
Figura 5-15: Scenario Medio Annuo - Concentrazioni medie annuali di Pb (Valore Limite: 0,5 µg/m ³)	66
Figura 5-16: Scenario Medio Annuo - Concentrazioni medie annuali di Benzo(a)Pirene (Valore Limite: 1,0E-03 µg/m ³)	66
Figura 5-17: Scenario Medio Annuo - Concentrazioni medie annuali di PCDD/F (Valore di riferimento: 4,0E-05 µg/m ³)	67
Figura 5-18: Scenario Medio Annuo – Deposizione media su base annuale di Pb (Valore di Riferimento: 100 µg/m ² /gg)	69
Figura 5-19: Scenario Medio Annuo – Deposizione media su base annuale di Cd (Valore di Riferimento: 2 µg/m ² /gg)	69
Figura 5-20: Scenario Medio Annuo – Deposizione media su base annuale di Ni (Valore di Riferimento: 15 µg/m ² /gg)	70
Figura 5-21: Scenario Medio Annuo – Deposizione media su base annuale di As (Valore di Riferimento: 4 µg/m ² /gg)	70
Figura 5-22: Scenario Medio Annuo – Deposizione media su base annuale di PCDD/F (Valore di Riferimento: 3.4*10 ⁻⁶ µg/m ² /gg)	71
Figura 5-23: Scenario Medio Annuo – Deposizione media su base annuale di B(a)P (Valore di Riferimento: 1.9*10 ⁻³ µg/m ² /gg)	71

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 7 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

1 INTRODUZIONE

Il presente studio è stato redatto alla luce delle ottimizzazioni progettuali relative al Progetto “FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti” emerse durante lo svolgimento dell’ingegneria di dettaglio ed a valle dell’Autorizzazione Unica alla costruzione ed esercizio rilasciata dal Commissario straordinario di Governo della Regione Emilia-Romagna con Decreto n.3 del 7 novembre 2022 ai sensi dell’art. 5 del D.L. 17 maggio 2022 n. 50.

Tra le ottimizzazioni progettuali introdotte, è prevista l’installazione di un nuovo riscaldatore dell’acqua di mare coinvolta nel ciclo di rigassificazione ed il cui compito è quello di innalzare la temperatura dell’acqua durante i mesi invernali quando la stessa scende sotto valori non compatibili con l’operatività del Terminale.

Il presente documento costituisce un addendum dello Studio Modellistico delle Ricadute in Atmosfera (Rif. Doc REL-AMB-E-09002, Rev. 1- Settembre 2022) redatto al fine di valutare gli aspetti emissivi aggiuntivi relativi all’installazione del nuovo sistema di riscaldamento dell’acqua di mare prelevata dalla FSRU, non previsti nella configurazione di progetto attualmente autorizzata (Rif. Decreto commissariale n.3 del 7 novembre 2022).

Il riscaldatore consentirà l’innalzamento della temperatura dell’acqua di mare utilizzata nel ciclo di rigassificazione ad una temperatura superiore ai 14°C (Temperatura di Progetto) così da garantirne la piena operatività del Terminale nel periodo più critico dell’anno termico.

Si è colta inoltre l’occasione per introdurre anche degli affinamenti relativi alla durata e all’ubicazione temporale delle fasi di manovra delle metaniere rispetto alle assunzioni effettuate nel precedente studio, emersi a seguito delle simulazioni di manovra nautiche eseguite presso il Centro di Tecnica Navale Cetena di Genova nelle giornate del 5-6 Settembre 2023. Nello specifico, è stata considerata l’esecuzione delle manovre delle metaniere in avvicinamento/allontanamento rispetto alla FSRU in orario diurno anziché notturno, con un parziale incremento nella durata delle operazioni di manovra (circa 4 ore per le operazioni di avvicinamento più ormeggio, rispetto alle 2 ore precedentemente considerate).

Il presente documento è strutturato come segue:

- ✓ SEZIONE 2: descrive l’intervento progettuale con l’identificazione delle emissioni in atmosfera riconducibili all’esercizio del Progetto;
- ✓ SEZIONE 3: riporta i riferimenti normativi in materia di qualità dell’aria e di valori limite emissivi;
- ✓ SEZIONE 4: illustra le attività relative alla caratterizzazione della dispersione degli inquinanti in atmosfera emessi durante la fase di esercizio del Progetto;
- ✓ SEZIONE 5: descrive i risultati ottenuti a valle delle simulazioni modellistiche effettuate;
- ✓ SEZIONE 6: considerazioni conclusive.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 8 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

2 DESCRIZIONE DEL PROGETTO

2.1 Progetto autorizzato

Il Progetto FSRU Ravenna autorizzato con Decreto n.3 del 7 novembre 2022 del Commissario straordinario di Governo della Regione Emilia-Romagna include le seguenti opere:

Terminale FSRU Ravenna

- ✓ n.1 mezzo navale tipo FSRU (Floating Storage and Regasification Unit) avente una capacità nominale di stoccaggio pari a circa 170.000 m³, una capacità massima di rigassificazione di circa 880.000 Sm³/h e dimensioni pari a circa 292,5 m (lunghezza) x circa 43,4 m (larghezza).
- ✓ I seguenti impianti e attrezzature da realizzarsi sulla piattaforma offshore Petra, opportunamente adeguata, sono:
 - il sistema di scarico del gas vaporizzato dalla FSRU costituito tramite bracci di carico ad alta pressione (100 barg);
 - la sostituzione ed adeguamento del sistema di ormeggio della piattaforma;
 - la parte impiantistica relativa al trasferimento del gas naturale con il piping, le valvole di intercetto e la trappola di lancio/ricevimento pig;
 - gli impianti di alimentazione elettrica e controllo del Terminale;
 - gli impianti di sistema antincendio;
 - il punto di collegamento tra il sistema di scarico del gas dalla FSRU posto convenzionalmente in corrispondenza del giunto isolante a monte della prima valvola valvola di isolamento DN 650(26") della condotta gas prima che entri in mare.

Inoltre, sono in capo del Proponente Snam FSRU Italia anche le seguenti opere:

- La diga frangi flutti realizzata circa 350 m ad EST della piattaforma Petra esistente e lunga circa 970 m (la cosiddetta ALTERNATIVA A, Rif. Decreto n.3 del 7 novembre 2022).
- L'impianto di correzione dell'indice di Wobbe posto in un'area adiacente all'impianto di filtraggio, regolazione e misura fiscale (PDE FSRU di Ravenna e impianto di regolazione DP 100-75 bar) ubicato in località Punta Marina (Ravenna).

Al Terminale sono funzionalmente connesse le opere relative all'infrastruttura di trasporto, quali:

La condotta di collegamento tra il Terminale FSRU e la Rete Nazionale Gasdotti che include quanto segue:

- ✓ Tratto di metanodotto a mare (sealine) e relativo cavo telecomando denominato Metanodotto Allacciamento FSRU Ravenna (Tratto a mare) DN 650 (26") DP 100 bar, di lunghezza pari a circa 8,5 km;
- ✓ Tratto di metanodotto a terra di collegamento tra l'approdo costiero e l'impianto PDE FSRU di Ravenna denominato Met. Allacciamento FSRU Ravenna (Tratto a terra) DN 650 (26") DP 100 bar, di lunghezza pari a circa 1,9 km;

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 9 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

- ✓ Impianto PDE FSRU di Ravenna e impianto di regolazione DP 100-75 bar contenente le apparecchiature di filtraggio e misura del gas naturale, nonché la regolazione della pressione da 100 bar a 75 bar, la predisposizione per il preriscaldamento e le due stazioni di lancio/ricevimento pig per il controllo e pulizia della condotta (lato mare e lato terra).
- ✓ La condotta "Met. Collegamento PDE FSRU Ravenna al Nodo di Ravenna" DN 900 (36") DP 75 di lunghezza pari a circa 32 km che prevede:
 - 6 Punti di Intercettazione Linea (PIL) ubicati lungo il tracciato per intercettare e sezionare il gasdotto in base alla cadenza prescritta dal D.M. 17/04/2008;
 - Area Trappola terminale in adiacenza al Nodo di Ravenna (Impianto n. 693) con installazione della stazione di lancio/ricevimento pig per il controllo e pulizia della condotta (lato terra sul Met. Collegamento PDE FSRU Ravenna al Nodo di Ravenna DN 900 (36") DP 75 bar.



Figura 2-1: Corografia con l'indicazione delle parti principali del Progetto autorizzato

2.2 Ottimizzazioni progettuali

L'ottimizzazione progettuale che si ritiene significativa ai fini emissivi è quella relativa all'installazione di nuovo riscaldatore dell'acqua di mare sulla FSRU che avrà il compito di innalzare la temperatura dell'acqua di mare coinvolta nel processo di rigassificazione.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 10 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

Il sistema di riscaldamento dell'acqua di mare prevede l'installazione di una caldaia di potenza termica pari a 55MW, alimentato a gas naturale. Il calore generato da questo sistema verrà direttamente utilizzato nel processo di rigassificazione ad integrazione del sistema ad acqua di mare, come di seguito descritto.

Il sistema verrà installato sul giardinetto di poppa della FSRU ed è costituito dalle seguenti apparecchiature:

- Pompe di rilancio dell'acqua di mare del circuito acqua mare di rigassificazione
- Scambiatori di calore a piastre acqua mare – acqua dolce
- Riscaldatore a gas di acqua dolce

Il sistema sarà collegato ed integrato alle esistenti utilities della FSRU (aria, azoto, etc), al sistema elettrico, al sistema di controllo inclusi i sistemi di sicurezza e antincendio della FSRU.

Il sistema di riscaldamento consentirà, nei periodi in cui l'acqua di mare sarà ad una temperatura inferiore ai 14°C, l'innalzamento della temperatura a quella di progetto del sistema di rigassificazione così da garantirne le prestazioni previste.

L'installazione del sistema si è reso necessario a seguito della frequenza con la quale, nel periodo invernale, l'acqua di mare scende sotto la temperatura soglia presso la piattaforma di ormeggio.

Il sistema utilizzerà solo una parte dell'acqua di mare dal sistema di rigassificazione (mediamente circa 1800m³/h su una portata complessiva operativa di circa 12000 m³/h) che, attraverso una tubazione dedicata, sarà trasferita al sistema di riscaldamento a poppa, dove l'acqua di mare passerà attraverso degli scambiatori a piastre dove verrà effettuato lo scambio termico tra acqua di mare e l'acqua dolce riscaldata dal riscaldatore.

La parte di acqua di mare riscaldata sarà rimandata tramite un'altra tubazione a prua dove sarà reimpressa nel sistema acqua mare dell'impianto di rigassificazione aumentandone così la temperatura fino a 14 °C.

L'acqua così riscaldata passerà regolarmente negli scambiatori per la vaporizzazione dell'GNL e sarà scaricata in mare sempre con un differenziale massimo di 7°C, uscendo comunque ad una temperatura inferiore a quella di ingresso.

Il gas utilizzato per il riscaldatore verrà prelevato dal collettore di mandata del gas naturale rigassificato.

Il sistema verrà utilizzato nel periodo da ottobre ad aprile, quando tipicamente sono attese temperature dell'acqua mare inferiori ai 14°C per lunghi periodi.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 11 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

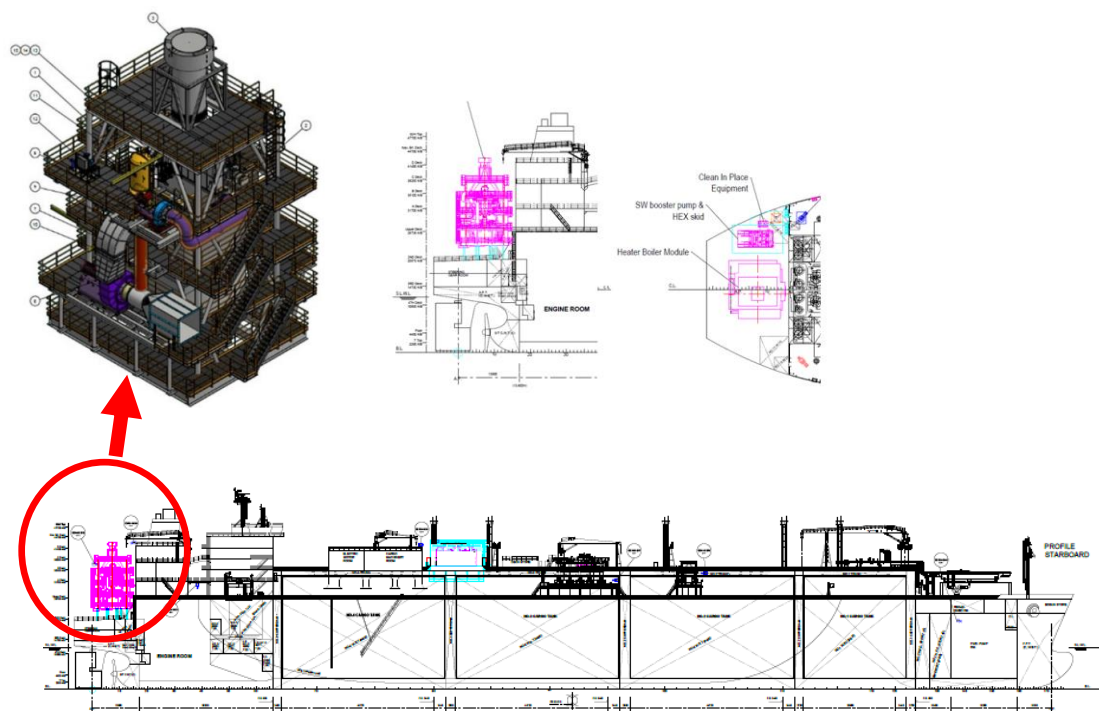


Figura 2-2: Layout e modello 3D del sistema di riscaldamento dell'acqua di mare previsto a poppa della FSRU

2.3 Emissioni in atmosfera

Le emissioni in atmosfera riconducibili all'esercizio del Terminale di Ravenna sono sostanzialmente associate a:

- ✓ emissioni continue (generatori di bordo) legate al normale esercizio del Terminale;
- ✓ emissioni indotte dal traffico marittimo per il rifornimento o il prelievo di GNL (metaniere);
- ✓ emissioni associate al funzionamento del sistema di riscaldamento parziale dell'acqua di mare prelevata dalla FSRU per il processo di vaporizzazione, previsto nel caso in cui la temperatura dell'acqua del mare scenda al di sotto dei 14°C;
- ✓ emissioni di emergenza o comunque legate a particolari fasi diverse dal normale esercizio del Terminale (camini generatori diesel di emergenza, sfiati, gruppo antincendio, etc.);

Inoltre, ai fini delle attività di manovra delle metaniere, sono previsti No.4 rimorchiatori (operativi per circa 6 ore al giorno nei soli giorni di presenza delle metaniere) a servizio delle operazioni di avvicinamento/allontanamento delle metaniere alla Piattaforma di accosto e per l'affiancamento di queste alla FSRU.

Di seguito si riportano le principali informazioni relative alle sorgenti emissive presenti in condizioni di normale esercizio (motori FSRU e relativo traffico navale indotto) e del sistema

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 12 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

di riscaldamento potenzialmente attivo nel caso la temperatura dell'acqua di mare scenda al di sotto dei 14°C come spora specificato, rimandando alla successiva Sezione 4 e relativi sottoparagrafi per maggiori approfondimenti in relazione alle caratteristiche emissive delle sorgenti e agli scenari modellistici analizzati.

2.3.1 Emissioni in Condizioni di Normale Esercizio

La FSRU è dotata quattro motori principali di cui:

- ✓ tre motori di potenza termica pari a circa 24 MW ciascuno, in grado di produrre 11.700kW elettrici ciascuno;
- ✓ un motore di potenza termica pari a circa 12 MW e in grado di produrre 5.850kW elettrici.

Durante l'esercizio della FSRU nelle condizioni di normale funzionamento è necessaria l'operatività di due motori, secondo il seguente assetto:

- ✓ due motori da 24 MW termici; o
- ✓ un motore da 24 MW termici e un motore da 12 MW termici.

L'avvio di un terzo motore si potrà verificare nel caso in cui sia necessario scambiare i motori in funzione (ad es. riduzione del carico, manutenzione, problematiche riscontrate ad uno dei motori): in tale condizione un motore risulterà in assetto di spegnimento, mentre l'altro in assetto di avviamento. Per il funzionamento normale, viene sempre utilizzata la modalità simmetrica, il che significa che il carico sarà condiviso tra i motori nella percentuale della cilindrata.

Per quanto riguarda la potenza termica massima raggiunta con il funzionamento dei motori per l'alimentazione elettrica della FSRU, questa sarà comunque inferiore a 50 MW. Ai fini delle analisi modellistiche discusse nel presente studio, si è fatto riferimento al caso di funzionamento a pieno regime dei due motori di taglia maggiore, che concorrono al raggiungimento di una potenza termica complessiva pari a circa 48 MW.

Nella tabella seguente si riportano pertanto le caratteristiche e i valori emissivi di riferimento dei No.2 motori a gas della FSRU da 24 MW termici ciascuno, assunti in funzionamento continuo per garantire l'alimentazione di tutti i sistemi.

Tabella 2.1: Caratteristiche e Dati Emissivi del Motore di bordo

PARAMETRO	U.M.	VALORE
Potenza Termica	MW _{th}	Circa 24
Volume Gas di Scarico	Nm ³ /h	80.370
Concentrazione NO _x	mg/Nm ³	300 ⁽¹⁾
Concentrazione CO	mg/Nm ³	240 ⁽¹⁾
Concentrazione di Particolato	mg/Nm ³	50 ⁽¹⁾
Concentrazione SO ₂	mg/Nm ³	- ^{(1) (2)}
Altezza camino	m	50,7
Diametro camino	mm	900

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 13 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

PARAMETRO	U.M.	VALORE
Temperatura Fumi	°C	350

- (1) Valori limite emissivi ex D.Lgs. 152/06 associati a motori fissi costituenti medi impianti di combustione esistenti alimentati a combustibili gassosi, riferiti ad un tenore di ossigeno nell'effluente gassoso del 15%.
- (2) Nel caso di alimentazione a gas naturale le emissioni di SO₂ sono ritenute nulle/trascurabili. In tal senso si evidenzia che, per la tipologia di sorgenti di cui alla precedente nota (1), la normativa riporta un valore limite emissivo pari a 15 mg/Nm³, specificando però che tale valore si considera sempre rispettato nel caso di utilizzo di gas naturale.

2.3.2 Emissioni da Traffico Indotto

Durante il normale funzionamento della FSRU ormeggiata in porto, le emissioni da traffico indotto sono essenzialmente riconducibili a:

- ✓ traffico navale per approvvigionamento/scarico del GNL (metaniere cargo);
- ✓ rimorchiatori a supporto delle navi in arrivo e in partenza;
- ✓ mezzi destinati al trasporto del personale impiegato e dei materiali/approvvisionamenti alla FSRU (fonte emissiva saltuaria e in tal senso ritenuta trascurabile ai fini delle successive valutazioni modellistiche).

Per quanto concerne il traffico navale, le emissioni delle navi metaniere sono state definite a partire dai dati emissivi di imbarcazioni tipo considerando una taglia equivalente a quella della FSRU.

Nella tabella seguente si riportano le caratteristiche e i dati emissivi di Navi metaniere cargo. Data la tipologia di alimentazione (gas naturale), per tale sorgente emissiva sono state considerate esclusivamente le emissioni di NO_x, mentre risultano nulle/trascurabili le emissioni di altre sostanze quali particolato, SO₂ e microinquinanti. Il dato sulle emissioni di CO non è stato considerato in quanto non disponibile per la tipologia di mezzo; tuttavia, è stato ritenuto che le emissioni di CO delle metaniere non siano tali da poter incidere sulle considerazioni riportate nel seguito in merito alla scarsa significatività delle ricadute attese per tale inquinante (si veda il successivo Par. 4.1).

Nell'assetto attualmente autorizzato del progetto FSRU Ravenna, è previsto l'arrivo di una metaniera circa ogni 5/7 giorni (per un massimo di circa 73 all'anno).

Tabella 2.2: Caratteristiche e Dati Emissivi Navi metaniere cargo

DATO	UNITÀ DI MISURA	VALORE
Altezza camino s.l.m.	m	50
Diametro camino	m	1,2
Sezione camino	m ²	1,13
Temperatura dei fumi	K	476
Fattore di emissione NO _x	kg/t fuel gas	3

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 14 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

Per quanto riguarda invece i No. 4 rimorchiatori (a servizio delle operazioni di avvicinamento/allontanamento delle metaniera alla Piattaforma Petra e per l'affiancamento di queste alla FSRU) nella tabella seguente si riportano le caratteristiche emissive tipiche del singolo rimorchiatore che si prevede di utilizzare ai fini delle attività. Per il rimorchiatore è stata considerata un'alimentazione a Marine Diesel Oil (MDO), in relazione alla quale di seguito si riportano le caratteristiche emissive dei principali inquinanti (NO_x, Particolato, SO₂ e CO), rimandando alla successiva Sezione 4 e relativi sottoparagrafi per gli approfondimenti relativi alla distinzione tra frazioni di PM₁₀ e PM_{2,5} e alle emissioni di microinquinanti (Metalli, IPA; NMVOC e PCDD/F) nonché ai dettagli sulla metodologia utilizzata per stimare le emissioni dei rimorchiatori.

Tabella 2.3: Caratteristiche e Dati Emissivi del rimorchiatore

DATO	UNITÀ DI MISURA	VALORE
Altezza camino s.l.m.	m	8
Diametro camino	m	0,4
Sezione camino	m ²	0,13
Temperatura dei fumi	K	673
Emissioni di NO _x (fase di avvicinamento della metaniera)	g/s	3,9
Emissioni di NO _x (fasi di attracco, disormeggio e allontanamento della metaniera)	g/s	2,1
Emissioni di Particolato (fase di avvicinamento della metaniera)	g/s	0,1
Emissioni di Particolato (fasi di attracco, disormeggio e allontanamento della metaniera)	g/s	0,06
Emissioni di SO ₂ (fase di avvicinamento della metaniera)	g/s	5,1
Emissioni di SO ₂ (fasi di attracco, disormeggio e allontanamento della metaniera)	g/s	2,9
Emissioni di CO (fase di avvicinamento della metaniera)	g/s	0,7
Emissioni di CO (fasi di attracco, disormeggio e allontanamento della metaniera)	g/s	0,7

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 15 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

2.3.3 Emissioni da sistema di riscaldamento parziale dell'acqua di mare

Come anticipato, nel caso in cui la temperatura dell'acqua del mare scenda al di sotto dei 14°C è previsto il funzionamento di un sistema di riscaldamento parziale dell'acqua di mare prelevata dalla FSRU per il processo di vaporizzazione, installato sulla FSRU stessa, alimentato a gas naturale e avente una potenza termica di circa 55 MW (capacità nominale di riscaldamento dell'acqua).

Nella tabella seguente si riportano le caratteristiche emissive associate al funzionamento del riscaldatore al 100% del carico in condizioni di normale esercizio. Si evidenzia che, con approccio conservativo ai soli fini della stima della dispersione degli inquinanti atmosferici e della valutazione delle relative ricadute al suolo, tale assetto operativo è stato assunto in continuo per un periodo della durata massima di 7 mesi da Ottobre ad Aprile.

Tabella 2.4: Caratteristiche e Dati Emissivi del sistema di riscaldamento parziale dell'acqua di mare

DATO	UNITÀ DI MISURA	VALORE
Potenza Termica	MW _{th}	55 ⁽¹⁾
Volume Gas di Scarico al 100% del carico	Nm ³ /h	82.182 ⁽¹⁾
Temperatura dei fumi al 100% del carico	°C	270 ⁽¹⁾
Altezza camino s.l.m.	m	42,9 ^{(1) (2)}
Diametro camino	m	1,8 ⁽¹⁾
Emissioni di NOx	mg/Nm ³	100 ⁽³⁾
Emissioni di CO	mg/Nm ³	100 ⁽³⁾
Emissioni di Particolato	mg/Nm ³	5 ⁽⁴⁾
Emissioni di SO ₂	mg/Nm ³	- ⁽⁵⁾

- (1) Da specifiche fornitore.
- (2) Quota sopra la linea di base della nave.
- (3) Valore emissivo garantito dal fornitore, riferito a fumi secchi e a un tenore di ossigeno del 3% nell'effluente gassoso.
- (4) È stato considerato il valore limite emissivo medio orario ex Allegato II alla parte V del D.Lgs 152/06 associato al funzionamento di un impianto termico alimentato a gas naturale, riferito a fumi secchi e a un tenore di ossigeno del 3% nell'effluente gassoso.
- (5) Emissioni di SO₂ ritenute trascurabili data la tipologia di combustibile utilizzato dal riscaldatore (i.e. lo stesso gas naturale rigassificato).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 16 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

3 RIFERIMENTI NORMATIVI

Gli standard di qualità dell'aria sono stabiliti dal Decreto Legislativo 13 Agosto 2010, No.155 e s.m.i. "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa", pubblicato sulla G.U. No. 216 del 15 Settembre 2010 (Suppl. Ordinario No. 217) e in vigore dal 30 Settembre 2010.

Nella successiva Tabella vengono riassunti i valori limite per i principali inquinanti ed i livelli critici per la protezione della vegetazione per il Biossido di Zolfo e per gli Ossidi di Azoto come indicato dal sopracitato Decreto.

Tabella 3.1: Valori Limite e Livelli Critici per i Principali Inquinanti Atmosferici, Decreto Legislativo 13 Agosto 2010, No. 155

Periodo di Mediazione	Valore Limite/Livello Critico
BIOSSIDO DI ZOLFO (SO₂)	
1 ora	350 µg/m ³ ⁽¹⁾ da non superare più di 24 volte per anno civile
24 ore	125 µg/m ³ ⁽¹⁾ da non superare più di 3 volte per anno civile
anno civile e inverno (1/10-31/03) (protezione della vegetazione)	20 µg/m ³
BIOSSIDO DI AZOTO (NO₂) (*)	
1 ora	200 µg/m ³ da non superare più di 18 volte per anno civile
anno civile	40 µg/m ³
OSSIDI DI AZOTO (NO_x)	
anno civile (protezione della vegetazione)	30 µg/m ³
POLVERI SOTTILI (PM₁₀) (**)	
24 ore	50 µg/m ³ da non superare più di 35 volte per anno civile
anno civile	40 µg/m ³
POLVERI SOTTILI (PM_{2.5})	
FASE I	
anno civile	25 µg/m ³ ^(3-bis)
FASE II	
anno civile	(4)
PIOMBO (Pb)	
anno civile	0.5 µg/m ³ ⁽³⁾
BENZENE (C₆H₆) (*)	
anno civile	5 µg/m ³
MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)	
Media massima giornaliera calcolata su 8 ore ⁽²⁾	10 mg/m ³ ⁽¹⁾

Note:

- (1) Già in vigore dal 1° Gennaio 2005
- (2) La massima concentrazione media giornaliera su 8 ore si determina con riferimento alle medie consecutive su 8 ore, calcolate sulla base di dati orari ed aggiornate ogni ora. Ogni media su 8 ore in tal modo calcolata è riferita al giorno nel quale la serie di 8 ore si conclude: la prima fascia di calcolo per un giorno è quella

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITA'	RAVENNA (RA)	NQ/R22199	REL-AMB-E-09087
	PROGETTO / IMPIANTO	FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 17 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

compresa tra le ore 17:00 del giorno precedente e le ore 01:00 del giorno stesso; l'ultima fascia di calcolo per un giorno è quella compresa tra le ore 16:00 e le ore 24:00 del giorno stesso.

- (3) La norma prevedeva il raggiungimento di tale valore limite deve essere raggiunto entro il 1° Gennaio 2010 in caso di aree poste nelle immediate vicinanze delle fonti industriali localizzate presso siti contaminati da decenni di attività industriali. Le aree in cui si applica questo valore limite non devono comunque estendersi per una distanza superiore a 1,000 m rispetto a tali fonti industriali
- (3-bis) La somma del valore limite e del relativo margine di tolleranza da applicare in ciascun anno dal 2008 al 2015 è stabilito dall'allegato I, parte (5) della Decisione 2011/850/Ue e successive modificazioni.
- (4) Valore limite da stabilire con successivo decreto ai sensi dell'articolo 22, comma 6, tenuto conto del valore indicativo di $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e delle verifiche effettuate dalla Commissione europea alla luce di ulteriori informazioni circa le conseguenze sulla salute e sull'ambiente, la fattibilità tecnica e l'esperienza circa il perseguimento del valore obiettivo negli Stati membri.
- (*) Per le zone e gli agglomerati per cui è concessa la deroga prevista dall'articolo 9, comma 10, i valori limite devono essere rispettati entro la data prevista dalla decisione di deroga, fermo restando, fino a tale data, l'obbligo di rispettare tali valori aumentati del margine di tolleranza massimo.
- (**) Per le zone e gli agglomerati per cui è concessa la deroga prevista dall'articolo 9, comma 10, la norma prevedeva che i valori limite dovessero essere rispettati entro l'11 giugno 2011.

Nella tabella seguente si richiamano invece i livelli raccomandati dalle Linee Guida 2021 dell'OMS, anch'essi presi in considerazione nella trattazione dei risultati delle analisi modellistiche per completezza d'analisi.

Tabella 3.2: Livelli AQG raccomandati dalle Linee Guida 2021 dell'OMS (la tabella riporta anche gli interm target)

Pollutant	Averaging time	Interim target				AQG level
		1	2	3	4	
PM_{2.5}, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Annual	35	25	15	10	5
	24-hour ^a	75	50	37.5	25	15
PM₁₀, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Annual	70	50	30	20	15
	24-hour ^a	150	100	75	50	45
O₃, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Peak season ^b	100	70	–	–	60
	8-hour ^a	160	120	–	–	100
NO₂, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Annual	40	30	20	–	10
	24-hour ^a	120	50	–	–	25
SO₂, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	24-hour ^a	125	50	–	–	40
CO, mg/m^3	24-hour ^a	7	–	–	–	4

^a 99th percentile (i.e. 3–4 exceedance days per year).

^b Average of daily maximum 8-hour mean O₃ concentration in the six consecutive months with the highest six-month running-average O₃ concentration.

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITÀ	RAVENNA (RA)	NQ/R22199	
	PROGETTO / IMPIANTO	FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	REL-AMB-E-09087	
			Pag. 18 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

4 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ

4.1 Quadro Sintetico delle Attività Svolte

Per la caratterizzazione della dispersione degli inquinanti con verifica del potenziale contributo sulla qualità dell'aria per l'opera in esame sono state considerate:

- ✓ le emissioni generate dai No.2 motori a combustione interna alimentati a gas (da circa 24 MW_{th} ciascuno) della FSRU, in grado di fornire il pieno carico al sistema elettrico (anche nella condizione di carico di picco);
- ✓ le emissioni della metaniera in avvicinamento alla piattaforma Petra e nelle successive fasi di accosto, scarico, disormeggio e allontanamento;
- ✓ le emissioni dei No. 4 rimorchiatori che saranno operativi durante le fasi di avvicinamento, accosto, disormeggio e allontanamento della metaniera;
- ✓ le emissioni associate al funzionamento del sistema di riscaldamento parziale dell'acqua di mare, previsto nel caso in cui la temperatura dell'acqua del mare scenda al di sotto dei 14°C. Con approccio conservativo ai soli fini modellistici, nel presente studio ne è stato assunto il funzionamento in continuo al 100% del carico, per un periodo della durata di 7 mesi da Ottobre ad Aprile.

Per i motori della FSRU, sono state simulate le emissioni di NO_x, CO e polveri (PM₁₀ e PM_{2,5} ipotizzando conservativamente le emissioni totali di polveri per entrambi i parametri), con riferimento ai valori limite emissivi richiamati nella seguente Tabella. Si evidenzia che per i motori della FSRU non sono state prese in considerazione emissioni di SO₂, in quanto queste si ritengono trascurabili data l'alimentazione a gas naturale. Analogamente, data la tipologia di alimentazione si ritengono nulle/trascurabili anche le emissioni di inquinanti quali Composti Organici Volatili Non Metanici (NMVOC), Diossine e Furani (PCDD/F), Metalli Pesanti e Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA).

Tabella 4.1: Valori limite emissivi considerati per i motori della FSRU. Allegato I alla Parte V del D.Lgs 152/06 - Punto 1.4 "Impianti multicomcombustibile - Motori fissi costituenti medi impianti di combustione esistenti alimentati a combustibili gassosi"

INQUINANTE	VALORE LIMITE [mg/Nm ³] ⁽¹⁾
NO _x	300 ⁽²⁾
CO	240
SO _x	N.A. ⁽³⁾
Polveri	50

NOTE:

- 1) Valori riferiti ad un tenore di ossigeno nell'effluente gassoso del 15%;
- 2) Per motori a doppia alimentazione alimentati a combustibili gassosi in modalità a gas;
- 3) La normativa indica un limite di 15 mg/Nm³, che però si considera rispettato in caso di utilizzo di gas naturale.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 19 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

Per la metaniera, alimentata a gas naturale, sono state prese in considerazione le emissioni di NOx. Anche in questo caso, valgono considerazioni analoghe a quelle dei motori della FSRU sulla trascurabilità delle emissioni di SO₂, NMVOC, PCDD/F, Metalli Pesanti e IPA. Il dato sulle emissioni di CO non è stato considerato in quanto non disponibile per la tipologia di mezzo; si ritiene comunque che il relativo contributo in relazione alle ricadute in atmosfera non sia tale da incidere sulle considerazioni successivamente riportate sulla scarsa significatività delle ricadute attese per tale inquinante.

Per i rimorchiatori, per i quali si è considerata un'alimentazione a Marine Diesel Oil (MDO), oltre al dato emissivo di NOx, sono state considerate le emissioni di polveri (PM₁₀ e PM_{2,5}), SO₂, CO, NMVOC, Metalli Pesanti (Cd, As, Pb, Ni, Hg, Cr, Cu, Se, Zn), IPA (Phenantrene, Anthracene, Fluoranthene, Pyrene, Benzo(a)anthracene, Chrysene, Perylene, Benzo(b)-fluoranthene, Benzo(k)-fluoranthene, Benzo(a)pyrene, Dibenzo(a,l)pyrene, Benzo(g,h,i)perylene, Dibenzo(a,h)anthracene, Indeno(1,2,3-c,d)pyrene) e PCDD/F (valutati in termini di TEQ 2,3,7,8-TCDD). In particolare, si evidenzia che:

- ✓ per le emissioni di NOx, particolato (PM₁₀ e PM_{2,5}), SO₂ e CO si è fatto riferimento ai dati emissivi desumibili dal documento della U.S. EPA *"Analysis of Commercial Marine Vessels Emissions and Fuel Consumption Data"* (Febbraio 2000), il quale riporta informazioni per la stima delle emissioni suddivise per fase di manovra che risultano più allineate alla tipologia di mezzi in esame e che si ritengono maggiormente rappresentative ai fini della ricostruzione degli input emissivi per il modello. In particolare, si è fatto riferimento alla fase operativa *"manoeuvring"* per le operazioni di attracco, disormeggio e allontanamento, alla fase *"slow cruise"* per le operazioni di avvicinamento;
- ✓ per le emissioni di PCDD/F, Metalli Pesanti e IPA, in mancanza di una fonte più specifica per la tipologia di mezzi, si è fatto riferimento ai valori forniti dal documento *"EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 – International maritime navigation, international inland navigation, national navigation (shipping), national fishing, military (shipping), and recreational boats - Update Dec. 2021"*, prendendo a riferimento i valori emissivi relativi ai mezzi navali alimentati a MDO. In generale sono stati considerati i fattori emissivi Tier 1 che non distinguono tra le diverse fasi di manovra. Solamente per il parametro NMVOC è stato possibile considerare il fattore emissivo Tier 3 relativo alle fasi di manovra e stazionamento (mezzo *"High Speed Diesel"* alimentato a MDO);
- ✓ per le emissioni di PM_{2,5} si è inoltre ipotizzato che le stesse siano pari a circa l'85% delle emissioni di PM₁₀, come suggerito con riferimento ai fattori emissivi *"Tier 2"* del sopra citato documento EMEP/EEA;
- ✓ per le emissioni di IPA, in mancanza di fattori emissivi più specifici, la stima è stata ottenuta considerando:
 - un fattore emissivo espresso in B(a)P equivalenti pari a 0,0404 mg/L desumibile dalla sezione *"PAH Emissions from Ships"* del documento *"An Overview: Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Emissions from the Stationary and Mobile Sources and in the Ambient Air"* (Cheruyiot et al., 2015),
 - la speciazione media rintracciabile nelle sopra citate Linee Guida EMEP/EEA 2019 e richiamata nella tabella seguente (dato che le componenti > 0 sommano

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 20 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

complessivamente al 97%, il restante 3% è stato ripartito tra le specie indicate in tabella con media nulla),

- per il passaggio dalle emissioni in B(a)P equivalenti a quelle dei singoli IPA emessi dai rimorchiatori, i potenziali di tossicità equivalente rintracciabili in letteratura per le suddette sostanze (si vedano: "ATDSR, 2022" e "Desert Research Institute, 2017"). Si evidenzia che ai fini delle successive analisi modellistiche sono state prese in considerazione le specie IPA per le quali la "Banca dati ISS-INAIL - Rev. Marzo 2018" fornisce i relativi valori di riferimento per la valutazione del rischio tossicologico (RfC) e/o cancerogeno (UR) rintracciabile nel documento relativo alla Valutazione di Impatto Sanitario (Documento REL-AMB-E-09088, Rev. 0).

Tabella 4.2: Speciazione media IPA nei mezzi navali (Fonte: EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019, Last Update December 2021)

Species	Average (%)	Range (%)
Phenanthrene	37	32-54
Anthracene	1	0-2
Fluoranthene	11	9-15
Pyrene	14	12-20
3,6-dimethylphenanthrene	4	3-5
Triphenylene	12	9
Benzo(b)-fluorene	6	2-19
Benzo(a)anthracene	2	0-2
Chrysene	5	3-9
Benzo(e)-pyrene	2	0
Benzo(j)fluoranthene	0	0
Perylene	0	0-3
Benzo(b)-fluoranthene	1	0-2
Benzo(k)-fluoranthene	0	0
Benzo(a)pyrene	0	0
Dibenzo(a,j)anthracene	0	0-1
Dibenzo(a,l)pyrene	0	0
Benzo(g,h,i)perylene	1	0-2
Dibenzo(a,h)anthracene	1	0-6
Ideno(1,2,3-c,d)pyrene	0	0-1
3-methyl-cholanthrene	0	0
Anthanthrene	0	0

Source: Lloyd's Register, 1995

Per il sistema di riscaldamento dell'acqua di mare sono state considerate le emissioni di NO_x, CO e particolato, ritenendo invece trascurabili le emissioni di SO₂ data la tipologia di combustibile utilizzato per il suo funzionamento (i.e. lo stesso gas naturale rigassificato). Analogamente, sono state ritenute trascurabili anche le emissioni di NMVOC, PCDD/F, Metalli Pesanti e IPA. Come anticipato, con approccio conservativo ai soli fini modellistici, nel presente studio è stato assunto il funzionamento del sistema di riscaldamento in continuo al

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 21 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

100% del carico, per un periodo della durata di 7 mesi da Ottobre ad Aprile. Per le relative caratteristiche emissive si rimanda alla precedente Tabella 2.4 del Par. 2.3.3.

Nei paragrafi successivi vengono discussi i risultati ottenuti, che per completezza sono stati valutati sia con riferimento ai valori limite di qualità dell'aria vigenti stabiliti dalla normativa nazionale (D.Lgs. 155/2010) sia con i livelli AQG raccomandati dalle Linee Guida 2021 dell'OMS (si veda la precedente Sezione 3).

Nella seguente Figura 4-1 si evidenzia l'ubicazione delle sorgenti emissive considerata ai fini delle successive valutazioni modellistiche.



Figura 4-1: Ubicazione delle sorgenti emissive considerate ai fini delle valutazioni modellistiche

4.2 Descrizione del Modello Calpuff

Il presente studio è stato condotto mediante l'utilizzo del modello CALPUFF, modello gaussiano a puff multistrato non stazionario, sviluppato da Exponent Inc, in grado di simulare il trasporto, la trasformazione e la deposizione atmosferica di inquinanti in condizioni meteo variabili non omogenee e non stazionarie.

CALPUFF è stato indicato dalla U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA) nelle proprie linee guida sulla modellistica per la qualità dell'aria (40 CFR Part 51 Appendix W – Aprile 2003) come uno dei modelli preferiti in condizioni di simulazione long-range oppure per condizioni locali caratterizzate da condizioni meteorologiche complesse, ad esempio orografia complessa e calme di vento, nonché quelle legate ad ambienti marino-costieri come

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 22 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

quello d'interesse, caratterizzati da una diversa influenza delle caratteristiche del terreno (orografia e uso suolo) nel passaggio da ambiente marino a terrestre. CALPUFF è pertanto un modello appropriato per le analisi nel contesto in esame.

Inoltre, il modello appartiene alla tipologia di modelli consigliati dalle linee guida lombarde (Paragrafo 10, Allegato I) e descritti al paragrafo 3.1.2 della linea guida RTI CTN_ACE 4/2001 "Linee guida per la selezione e l'applicazione dei modelli di dispersione atmosferica per la valutazione della qualità dell'aria", Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, Centro Tematico Nazionale — Aria Clima Emissioni, 2001. Ne risulta quindi che il modello CALPUFF è uno tra i modelli più utilizzati e universalmente riconosciuti come supporto per gli studi di impatto ambientale.

Il sistema di modellazione CALPUFF è, infatti, un modello di dispersione e trasporto che analizza i puff di sostanze emesse da parte di sorgenti, simulando la dispersione ed i processi di trasformazione lungo il percorso in atmosfera delle sostanze stesse. Esso include tre componenti principali:

- ✓ pre-processore CALMET, un modello meteorologico, dotato di modulo diagnostico di vento, iniziabile attraverso dati da stazioni (superficiali e in quota) e in grado di ricostruire i campi 3D di vento e temperature e 2D dei parametri della turbolenza;
- ✓ CALPUFF, ossia il modello di dispersione gaussiana a puff;
- ✓ post-processore CALPOST, preposto all'estrazione dai file binary prodotti in uscita da CALPUFF.

Un diagramma di processo e delle informazioni necessarie per effettuare simulazioni di dispersione con CALMET/CALPUFF è rappresentato nella figura seguente.

CALPUFF MODELING SYSTEM

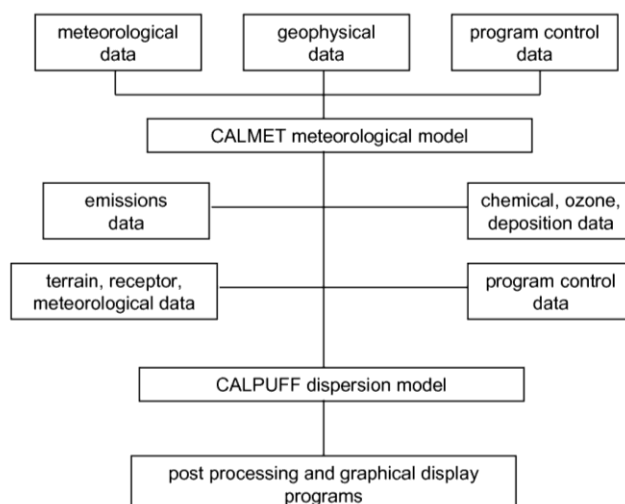


Figura 4-2: Schematizzazione del sistema modellistico CALMET/CALPUFF

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 23 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

CALPUFF può utilizzare i campi meteo tridimensionali prodotti da specifici pre-processor (CALMET).

I modelli a segmenti o puff partono dalle medesime equazioni dei modelli gaussiani, ma da differenti condizioni iniziali, ipotizzando la dispersione di “nuvolette” di inquinante a concentrazione nota e di forma assegnata (gaussiana o “slug”), e permettono di riprodurre in modo semplice la dispersione in atmosfera di inquinanti emessi in condizioni non omogenee e non stazionarie, superando quindi alcune limitazioni dei classici modelli gaussiani fra cui ISC3. L'emissione viene discretizzata in una serie di singoli puff. Ognuna di queste unità viene trasportata all'interno del dominio di calcolo per un certo intervallo di tempo ad opera del campo di vento in corrispondenza del baricentro del puff in un determinato istante. In questo modo, al variare della direzione del vento, il modello a puff segue con maggiore precisione la traiettoria effettiva dell'emissione rispetto all'approccio tradizionale dove è l'intero plume a cambiare direzione insieme al vento. La differenza tra i due metodi è raffigurata nell'immagine seguente.

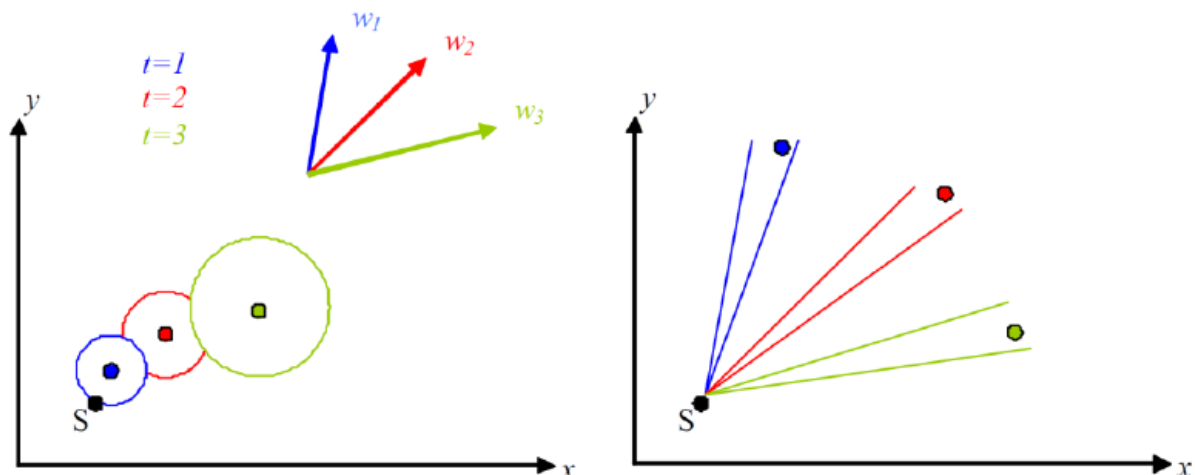


Figura 4-3: Differenze di dispersione fra modelli a puff (sinistra) e gaussiani tradizionali (destra)

Ogni segmento produce un campo di concentrazioni al suolo calcolato secondo la formula gaussiana e solo il segmento più prossimo al punto recettore contribuisce a stimare la concentrazione nel recettore stesso. La Figura 4-4 illustra la procedura descritta. La concentrazione totale ad un certo istante viene calcolata sommando i contributi di ogni singolo puff.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 24 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

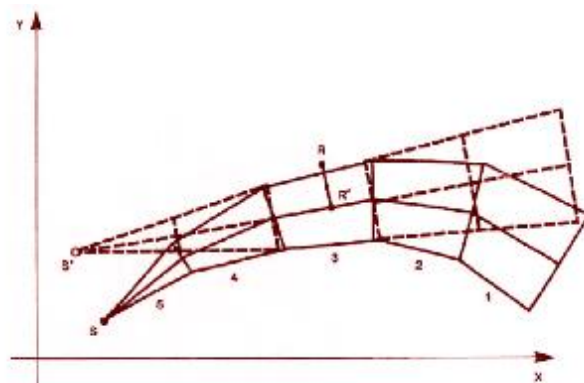


Figura 4-4: Segmentazione del pennacchio nei modelli a puff

A differenza di quanto avviene nel modello gaussiano standard, non si fa l'ipotesi che la diffusione lungo la direzione di moto del pennacchio, x , sia trascurabile rispetto allo spostamento. Questo fa sì che, da un lato, nell'equazione, che descrive questo modello, la velocità del vento non compaia più esplicitamente e, dall'altro lato, che il modello possa essere usato anche per le situazioni di vento debole o di calma. La concentrazione al suolo nel punto recettore è la somma dei contributi (D_c) di tutti i puff. L'equazione del modello a puff è la seguente (Zannetti, 1990):

$$\Delta c = \frac{\Delta M}{(2\pi)^{3/2} \sigma_h^2 \sigma_z^2} \exp\left[-\frac{1}{2} \frac{(x_p - x_r)^2}{\sigma_h^2}\right] \exp\left[-\frac{1}{2} \frac{(y_p - y_r)^2}{\sigma_h^2}\right] \exp\left[-\frac{1}{2} \frac{(z_p - z_r)^2}{\sigma_z^2}\right] \quad (7)$$

dove:

$$\Delta M = Q \Delta t$$

$$x_p, y_p, z_p$$

$$x_r, y_r, z_r$$

$$\sigma_h, \sigma_z$$

massa emessa nell'intervallo di tempo t [Kg]

coordinate del baricentro dell' i -esimo puff [m]

coordinate del punto recettore [m]

coefficienti di dispersione orizzontale e verticale [m], determinabili come visto nella precedente sezione

I puff emessi si muovono nel tempo sul territorio: il centro del puff viene trasportato dal campo di vento tridimensionale mentre la diffusione causata dalla turbolenza atmosferica provoca l'allargamento del puff ed è descritta dai coefficienti di dispersione istantanei. I coefficienti di dispersione nelle tre direzioni sono funzione, come nel caso del modello gaussiano, della distanza (o tempo di percorrenza) e delle caratteristiche dispersive dell'atmosfera.

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITA'	RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Pag. 25 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

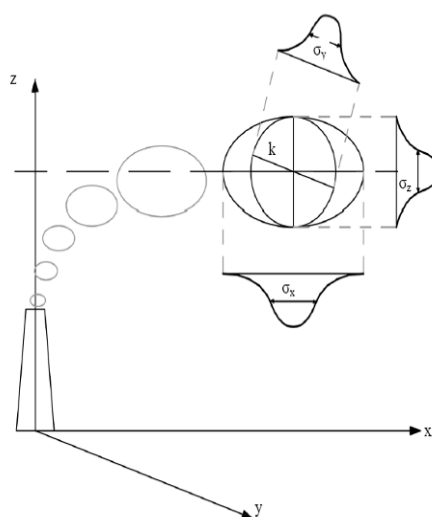


Figura 4-5: Schema di un modello a puff con indicazione dei coefficienti di dispersione relativi al puff k

Gli algoritmi di CALPUFF consentono di considerare opzionalmente diversi fattori, quali:

- ✓ l'effetto scia generato dagli edifici prossimi alla sorgente (building downwash) o allo stesso camino di emissione;
- ✓ la fase transizionale del pennacchio;
- ✓ la penetrazione parziale del plume raise in inversioni in quota;
- ✓ gli effetti di lungo raggio quali deposizione secca e umida;
- ✓ le trasformazioni chimiche;
- ✓ lo share verticale del vento;
- ✓ il trasporto sulle superfici d'acqua;
- ✓ la presenza di orografia complessa o di zone costiere.

In riferimento all'ultimo punto, l'effetto del terreno viene schematizzato dividendo il flusso in due componenti, una di ascensione, con alterazione del tasso di diffusione, e un'altra di contorno, deflessione o divisione attorno agli ostacoli. Come per CALMET, le simulazioni con il modello CALPUFF sono raccomandate in una scala che può variare da una decina di metri (vicino al campo) ad un centinaio di chilometri (trasporto su lunga distanza) dalle sorgenti. Il modello permette la divisione orizzontale e verticale del puff.

CALPUFF utilizza inoltre diverse possibili formulazioni per il calcolo dei coefficienti di dispersione. Nello studio in esame è stata utilizzata l'opzione "Micrometeorology" che permette il calcolo dei coefficienti di dispersione a partire dai meteorologici disponibili (Lunghezza di Monin-Ubukhov, velocità d'attrito, ecc.).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 26 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

Per simulare al meglio le condizioni reali di emissione, il modello permette di configurare le sorgenti attraverso sorgenti puntiformi, lineari, areali e volumetriche.

La trattazione matematica del modello è piuttosto complessa e si rinvia al manuale tecnico di CALPUFF per ulteriori approfondimenti (Scire et al., 2011).

CALPOST è invece il postprocessore preposto all'estrazione dai file binari prodotti in uscita da CALPUFF delle concentrazioni e/o dei flussi di deposizione e del numero di superamenti di una prefissata soglia sulla base di differenti intervalli di mediazione temporali. Quindi, la funzione di questo post processore è quella di analizzare l'output di CALPUFF in modo da estrarre i risultati desiderati e schematizzarli in un formato idoneo ad una buona visualizzazione. Infatti, attraverso CALPOST, si ottengono matrici che riportano i valori di ricaduta calcolati per ogni nodo della griglia definita, relativi alle emissioni di singole sorgenti e per l'insieme di esse. I risultati ottenuti possono essere elaborati attraverso un qualsiasi software di visualizzazione grafica.

Lo studio modellistico relativo alla dispersione degli inquinanti in atmosfera rilasciati durante le attività legate alla fase di esercizio del Terminale FSRU di Ravenna è stato condotto sulla base di stime di emissioni di NO_x, CO, polveri e delle altre sostanze analizzate secondo standard internazionali consolidati.

Inoltre, gli studi modellistici sono stati condotti secondo le ipotesi più conservative sia in termini di fattori di emissione sia in durata delle attività.

Si precisa che, ai fini del confronto con i limiti di legge per la protezione della salute umana, è stato necessario definire il rapporto NO₂/NO_x, che può variare in funzione di molti fattori, quali le concentrazioni dei rispettivi inquinanti e la presenza di ozono. Nel presente studio è stato fissato un rapporto NO₂/NO_x pari a 1, valore fortemente cautelativo.

Analogamente, per quanto riguarda le emissioni dai motori della FSRU e del sistema di riscaldamento dell'acqua di mare, con approccio cautelativo le emissioni di polveri sono state interamente assimilate alla frazione di particolato fine PM₁₀ ai fini del confronto delle ricadute con i valori limite per la protezione della salute umana. Per entrambe le tipologie di sorgenti, inoltre, le emissioni di PM_{2,5} sono state conservativamente assunte pari a quelle del PM₁₀. Come indicato nel precedente Par. 4.1, per le emissioni di PM_{2,5} associate ai rimorchiatori si è invece ipotizzato che le stesse siano pari a circa l'85% delle emissioni di PM₁₀, come suggerito con riferimento ai fattori emissivi "Tier 2" del sopra citato documento EMEP/EEA.

4.3 Ipotesi Modellistiche

Le simulazioni sono state condotte sulla base dei seguenti dati di input del modello:

- ✓ caratteristiche geometriche, fisiche ed emissive delle sorgenti;
- ✓ caratteristiche meteorologiche e meteorodiffusive dell'area;
- ✓ localizzazione dei recettori (posizione).

L'area oggetto dello studio modellistico è centrata in corrispondenza della piattaforma Petra in cui sarà ubicata la FSRU e approderanno le metaniere, considerando un dominio meteorologico di dimensione 50x50 km con risoluzione 1 km calcolato mediante il processore

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 27 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

CALMET partendo dai dati meteorologici dell'intero anno 2021 ottenuti dai campi meteorologici tridimensionali prodotti dal modello prognostico WRF con risoluzione di 12 km.

Per il calcolo previsionale delle ricadute al suolo, è stato utilizzato CALPUFF con una griglia di calcolo con passo 250 m sulla terraferma e di 1000 m in mare, selezionando un'area di 30 km x 20 km tale da ricomprendere i ricettori potenzialmente più esposti, che date le caratteristiche delle sorgenti emmissive considerate sono ubicati in corrispondenza dell'area costiera del Comune di Ravenna.

Ai fini della simulazione modellistica, è stata considerata inoltre l'orografia dell'area, nonché le caratteristiche in termini di uso del suolo (aree urbane, agricole, vegetate, marine, ecc.).

Nella figura seguente sono rappresentati il dominio considerato per la ricostruzione della meteorologia mediante CALMET e quello della successiva analisi di dispersione degli inquinanti con CALPUFF.

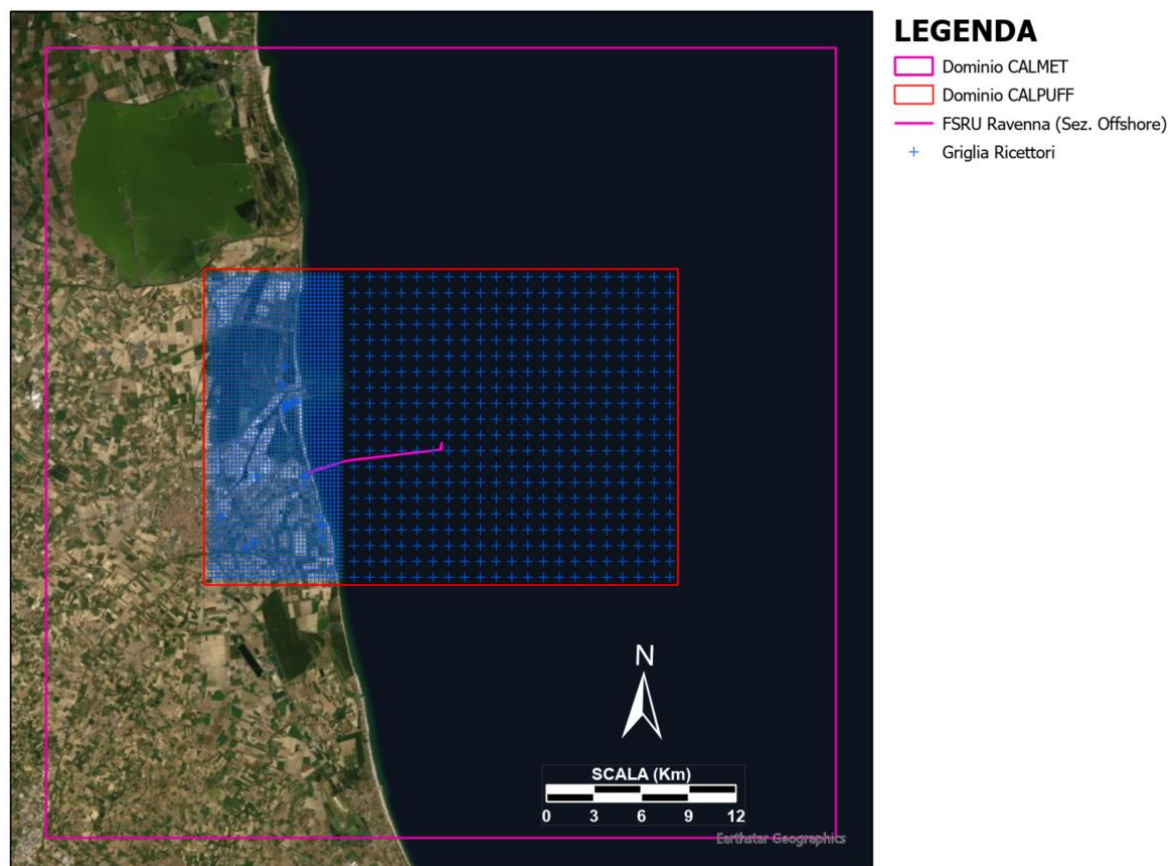


Figura 4-6: Visualizzazione domini meteorologici e di calcolo.

Nella figura seguente si riporta la rosa dei venti a 10 m dal suolo ottenuta in corrispondenza della cella centrale del dominio di CALMET (avente coordinate baricentriche X = 292.532 km

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 28 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

e $Y = 4926.367$ km), rappresentativa delle condizioni anemologiche in corrispondenza dell'area di ubicazione del Terminale.

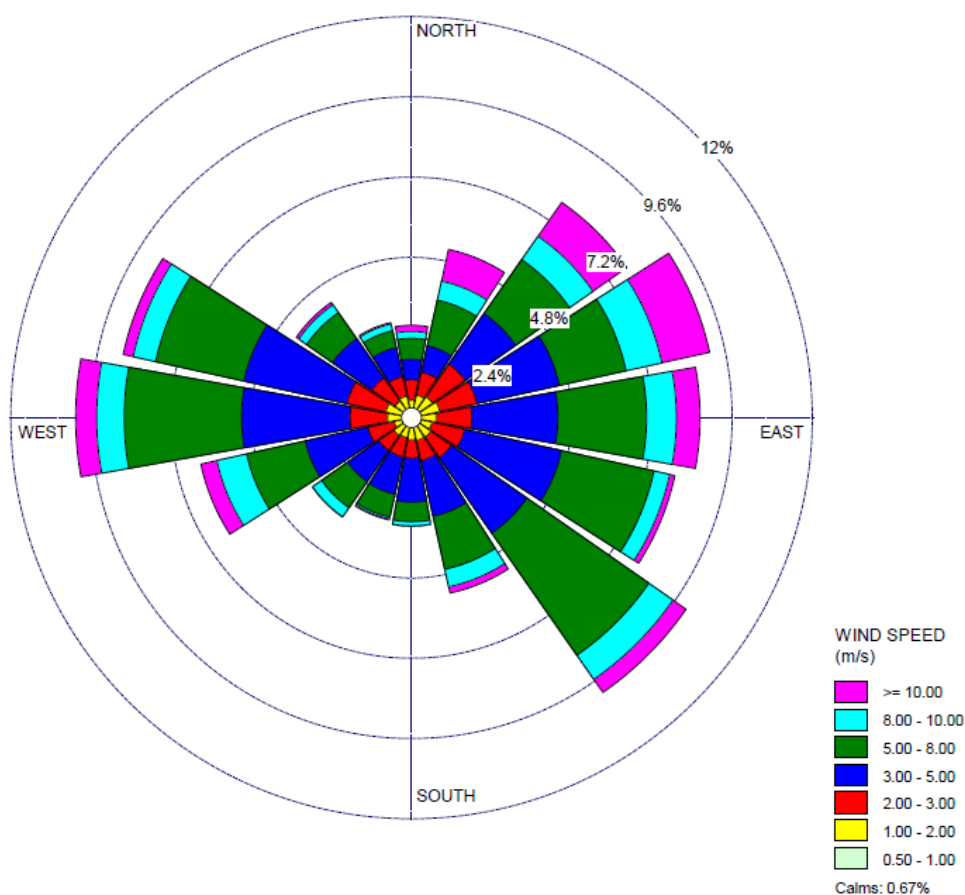


Figura 4-7: Rosa dei venti a 10 m dal suolo in prossimità del Terminale di Ravenna, ricostruita a partire dai dati WRF del 2021

Si riportano per completezza anche le rose dei venti a 60 m e 120 m dal suolo sempre in corrispondenza dello stesso punto sopra indicato.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 29 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

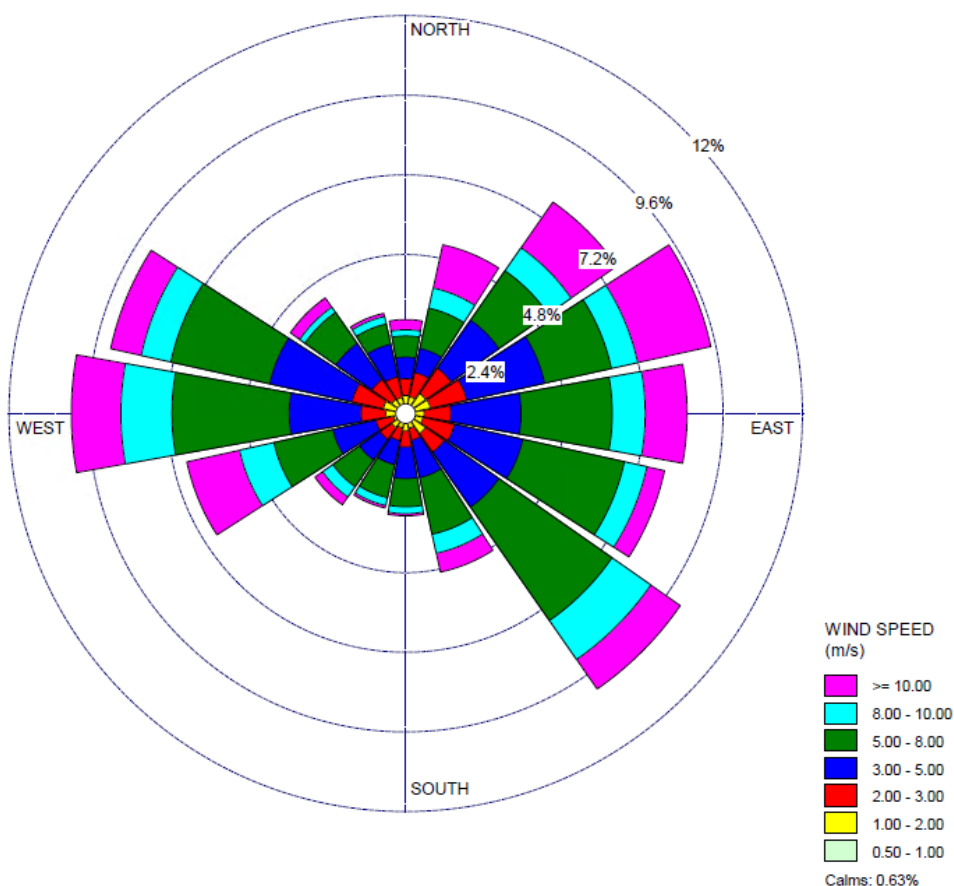


Figura 4-8: Rosa dei venti a 60 m dal suolo in prossimità del Terminale di Ravenna, ricostruita a partire dai dati WRF del 2021

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 30 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

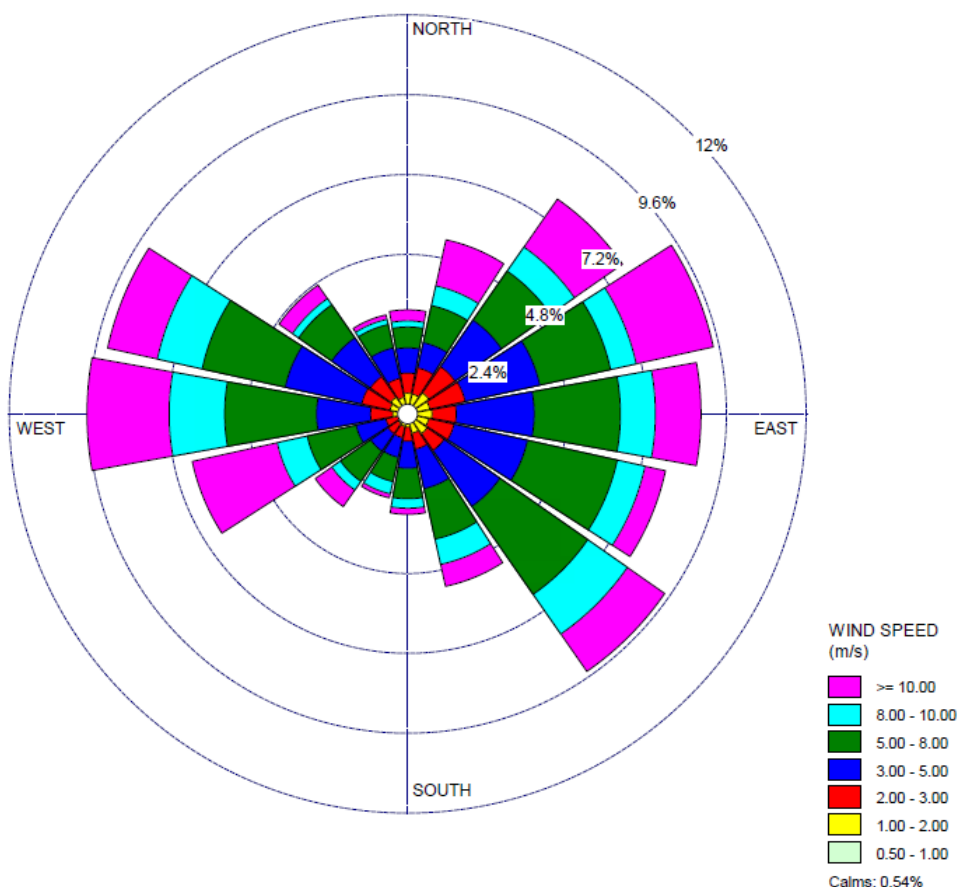


Figura 4-9: Rosa dei venti a 120 m dal suolo in prossimità del Terminale di Ravenna, ricostruita a partire dai dati WRF del 2021

I risultati delle simulazioni ottenuti in corrispondenza dei punti della griglia di calcolo sono stati successivamente interpolati in modo da ottenere una mappa (superficie continua) rappresentativa delle concentrazioni in corrispondenza dei ricettori al suolo nell'intero dominio di simulazione.

Le simulazioni sono state effettuate considerando due distinti scenari, con l'obiettivo di confrontare i valori di ricaduta con i limiti vigenti di qualità dell'aria. In particolar modo sono stati considerati gli scenari massimo e medio descritti nei paragrafi seguenti.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 31 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

4.3.1 Scenario massimo

Lo **scenario emissivo massimo** è stato simulato considerando la configurazione di esercizio giornaliera più impattante, al fine di poter effettuare un confronto con i valori limite di media oraria e giornaliera stabiliti dalla normativa. Tale scenario è stato definito:

- ✓ valutando la sovrapposizione delle emissioni generate dai No. 2 motori della FSRU (funzionamento in continuo e costante) alle attività di avvicinamento, accosto, scarico, disormeggio e allontanamento di una metaniera avente capacità di stoccaggio paragonabile a quella della FSRU. Come anticipato nei paragrafi precedenti, sono stati inoltre considerati No. 4 rimorchiatori, che saranno operativi durante le fasi di avvicinamento, accosto, disormeggio e allontanamento della metaniera;
- ✓ considerando una sequenza giornaliera delle attività della metaniera che prevede: fasi di avvicinamento e allontanamento della metaniera, con relative fasi di ormeggio (accosto) e disormeggio della metaniera in orario diurno, a differenza delle analisi modellistiche condotte con riferimento alla configurazione di progetto precedentemente autorizzata (Rif. Doc REL-AMB-E-09002, Rev. 1- Settembre 2022) che erano state eseguite ipotizzando l'esecuzione di tali manovre in orario notturno. Nello specifico, sono state considerate un totale di 4 ore (anziché le 2 ipotizzate nella configurazione precedente) per le operazioni di avvicinamento più ormeggio e di 2 ore per le operazioni di disormeggio più allontanamento;
- ✓ durata della fase di attracco della metaniera senza scarico pari a circa 6 ore giornaliere (3 ore dopo l'accosto e 3 ore prima del disormeggio);
- ✓ durata della fase di scarico della metaniera pari a circa 12 ore;
- ✓ ai soli fini delle valutazioni modellistiche, ipotizzando cautelativamente il verificarsi delle sopra citate condizioni di esercizio per 365 giorni l'anno, al fine di simulare lo svolgimento delle operazioni delle metaniere in concomitanza con le condizioni meteorologiche più gravose dal punto di vista della dispersione degli inquinanti emessi.

Nella successiva tabella si riportano i valori caratteristici delle sorgenti utilizzate nella simulazione del presente scenario, assimilate a delle sorgenti puntuali (camini) ai fini dell'analisi. I flussi emissivi dei motori della FSRU sono stati ottenuti con riferimento ai limiti emissivi riportati nella precedente Tabella 4.1, considerando delle caratteristiche di portata dei fumi in uscita conservativamente associate all'esercizio in continuo dell'unità. Le caratteristiche emissive della metaniera si riferiscono invece a valori considerati in altri studi per metaniere aventi una capacità di trasporto GNL paragonabile a quella della capacità di stoccaggio della FSRU. Per le emissioni dei rimorchiatori, valgono le considerazioni riportate nel precedente Paragrafo 4.1.

I dati emissivi riportati nella tabella seguente si riferiscono ai principali inquinanti (NO_x, CO, SO₂ e particolato PM₁₀/PM_{2,5}), per i quali trovano applicazione specifici valori limite / di riferimento su base oraria e/o giornaliera.

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITA'	RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Pag. 32 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

Tabella 4.3: Sorgenti emissive e relative caratteristiche (scenario massimo)

Sorgente	Altezza emissione [m]	Diametro emissione [m]	Temperatura emissione [K]	Velocità effluente [m/s]	Fase emissiva	Inquinante	Flusso emissivo [g/s]
FSRU (singolo motore alimentato a gas naturale)	50,7	0,9	623	52,5	Marcia	NO _x	6,70
						CO	5,36
						Polveri (PM10 = PM2,5)	1,12
						SO ₂	-
Metaniera alimentata a gas naturale	50	1,2	476	14,5	Avvicinamento	NO _x	1,47
					Accosto / Attracco Senza Scarico		0,41
					Scarico Metaniera		0,85
					Disormeggio / Allontanamento		1,83
					-	CO	n.d.
					-	Polveri	-
					-	SO ₂	-
Rimorchiatore (singolo) alimentato a MDO	8	0,4	673	12,0	Avvicinamento	NO _x	3,90
						PM10	0,10
						PM2,5	0,09
						CO	0,74
						SO ₂	5,03
Rimorchiatore (singolo) alimentato a MDO	8	0,4	673	12,0	Accosto / Disormeggio / Allontanamento	NO _x	2,10
						PM10	0,06
						PM2,5	0,05
						CO	0,73
						SO ₂	2,87
Sistema di riscaldamento dell'acqua di mare	42,9	1,8	543	17,8	Marcia (periodo da Ottobre ad Agosto)	NO _x	1,90
						CO	1,90
						Polveri (PM10 = PM2,5)	0,09
						SO ₂	-

4.3.2 Scenario medio annuo

Lo **scenario emissivo medio annuo** simulato è stato ottenuto a partire dal precedente scenario massimo, considerando che a livello annuale è previsto l'approdo di una metaniera circa ogni 5/7 giorni (considerati conservativamente 73 all'anno). Ai fini del calcolo delle

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITA'	RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Pag. 33 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

ricadute medie annue, per la metaniera e i No. 4 rimorchiatori aggiuntivi a supporto delle attività di manovra si è pertanto proceduto col considerare un flusso emissivo ponderato, in modo tale da tener conto dell'effettiva intermittenza di tale sorgente emissiva su base annua.

Anche nello scenario medio è stata mantenuta la piena operatività dei No. 2 motori della FSRU per 8760 ore annue in quanto rappresentativa delle modalità di funzionamento continue della FSRU.

E' stato inoltre mantenuto conservativamente il funzionamento in continuo al 100% del carico del sistema di riscaldamento dell'acqua di mare nei 7 mesi da Ottobre ad Aprile.

Nella tabella seguente si riportano le caratteristiche emissive delle sorgenti considerate per le simulazioni del presente scenario. In questo caso, si riportano anche i valori emissivi dei microinquinanti (Metalli Pesanti, NMVOC, PCDD/F e IPA) considerati per i rimorchiatori, rappresentativi ai fini delle valutazioni in termini di ricadute medie annue, stimati in accordo alla metodologia descritta nel precedente Par. 4.1. Si sottolinea che, per metaniera e rimorchiatori, il flusso emissivo riportato in tabella è un valore ponderato in funzione del numero di allibi annui, in modo tale da tener conto dell'effettiva intermittenza di tali sorgenti emissive su base annua.

Tabella 4.4: Sorgenti emissive e relative caratteristiche (scenario medio)

Sorgente	Altezza emissione [m]	Diametro emissione [m]	Temperatura emissione [°K]	Velocità effluente [m/s]	Fase emissiva	Inquinante	Flusso emissivo [g/s]
FSRU (singolo motore alimentato a gas naturale)	50.7	0,9	623	52,5	Marcia	NO _x	6,70
						CO	5,36
						Polveri (PM10 = PM2,5)	1,12
						SO ₂	-
Metaniera alimentata a gas naturale	50	1,2	476	14,5	Avvicinamento	NO _x	0,29
					Accosto / Attracco Senza Scarico		0,08
					Scarico Metaniera		0,17
					Disormeggio / Allontanamento		0,37
					-	CO	n.d.
					-	Polveri	-
					-	SO ₂	-
Rimorchiatori (singolo) alimentato a MDO	8	0,4	673	12,0	Avvicinamento	NO _x	0,78
						PM10	0,02
						PM2,5	0,017
						CO	0,15

	PROGETTISTA	RINA	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITA'	RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Pag. 34 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

Sorgente	Altezza emissione [m]	Diametro emissione [m]	Temperatura emissione [°K]	Velocità effluente [m/s]	Fase emissiva	Inquinante	Flusso emissivo [g/s]
Rimorchiatore (singolo) alimentato a MDO	8	0,4	673	12,0	Accosto / Disormeggio / Allontanamento	SO2	1,01
						NOx	0,42
						PM10	0,012
						PM2,5	0,010
						CO	0,15
Rimorchiatore (singolo) alimentato a MDO	8	0,4	673	12,0	Tutte le fasi di manovra	SO2	0,57
						Pb	7,03E-06
						Cd	5,40E-07
						Hg	1,62E-06
						As	2,16E-06
						Cr	2,70E-06
						Cu	4,76E-05
						Ni	5,40E-05
						Se	5,40E-06
						Zn	6,49E-05
						PCDD/F (come TEQ 2,3,7,8-TCDD)	7,03E-12
						NMVOC	0,13
						Phenantrene	7,19E-04
						Anthracene	1,94E-06
						Fluorantene	2,43E-04
						Pyrene	3,09E-04
						Benzo(a) Anthracene	4,98E-07
						Chrysene	1,25E-05
						Perylene	9,17E-06
						Benzo(b) Fluorantene	2,75E-07
						Benzo(k) Fluorantene	9,17E-08
						Benzo(a) Pyrene	9,17E-09
						Dibenzo(a,l) Pyrene	1,10E-09
						Benzo(g,h,i) Perylene	3,01E-06
						Dibenzo(a,h) Anthracene	3,04E-08
						Indeno(1,2,3-c,d)Pyrene	1,00E-07

	PROGETTISTA	RINA	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITA'	RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Pag. 35 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

Sorgente	Altezza emissione [m]	Diametro emissione [m]	Temperatura emissione [°K]	Velocità effluente [m/s]	Fase emissiva	Inquinante	Flusso emissivo [g/s]
Sistema di riscaldamento dell'acqua di mare	42,9	1,8	543	17,8	Marcia (periodo da Ottobre ad Agosto)	NOx	1,90
						CO	1,90
						Polveri (PM10 = PM2,5)	0,09
						SO2	-

4.3.3 Identificazione dei ricettori discreti

Come anticipato, al fine di consentire un'analisi di dettaglio dei livelli di ricaduta stimati dal modello, nonché per le successive valutazioni di impatto sanitario (per le quali si rimanda al dedicato documento REL-AMB-E-09088, Rev. 0), oltre ai ricettori su griglia sono stati individuati dei ricettori discreti.

Nello specifico, è stata effettuata una selezione delle principali strutture scolastiche, sanitarie (non individuate nel dominio di simulazione), asili nidi e strutture per anziani presenti nell'area in esame. È stata considerata inoltre l'ubicazione delle No. 3 centraline di monitoraggio della qualità dell'aria site nel dominio di calcolo (Caorle, Porto San Vitale e Germani).

Sono state inoltre considerate le seguenti aree naturali presenti nell'area di indagine, per la cui caratterizzazione si rimanda allo Studio di Incidenza Ambientale (Doc. n. REL-AMB-E-09012, Rev. 2):

- ✓ ZSC/ZPS IT4070006 "Pialassa dei Piomboni, Pineta di Punta Marina";
- ✓ EUAP 0181 "Parco Regionale Delta del Po";
- ✓ EUAP 0069 "Riserva statale Pineta di Ravenna".

Nella figura seguente si riporta l'ubicazione dei ricettori discreti e delle centraline sopra indicate, per una cui descrizione si rimanda alla successiva tabella.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 36 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2



Figura 4-10: Ubicazione ricettori discreti e centraline di qualità dell'aria

Tabella 4.5: Descrizione ricettori discreti e centraline di qualità dell'aria

ID	NOME	TIPO
1	Casa di Fraternità Betania	Casa Residenza per Anziani non Autosufficienti
2	I miei nonni	Casa Famiglia per Anziani
3	Villa Bina	Comunità Alloggio per Anziani
4	Stella Bianca Punta Marina	Casa Famiglia per Anziani
5	Casa Famiglia Nonna Rosa	Casa Famiglia per Anziani
6	Cavina Sergio	Scuola Primaria
7	Marina di Ravenna	Nido d'Infanzia
8	Dante Alighieri	Scuola Secondaria di Primo Grado
9	Centro di Ricerca Ambiente Energia e Mare – CIRI FRAME	Università
10	Iqbal Masih	Scuola Primaria

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 37 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

ID	NOME	TIPO
11	Mameli Goffredo	Scuola Primaria
12	Il Pettiroso	Scuola d'Infanzia
13	Il Veliero	Scuola d'Infanzia
14	I Delfini	Scuola d'Infanzia
15	Garibaldi Giuseppe	Scuola Primaria
16	Moretti Marino	Scuola Primaria
17	Il Canguro (PRIVATA)	Nido d'Infanzia
18	Mattei Enrico	Scuola Secondaria di Primo Grado
19	Ottolenghi Ada	Scuola d'Infanzia
20	Imparo Giocando	Scuola d'Infanzia
21	Il Veliero	Nido d'Infanzia
22	Il Faro	Scuola d'Infanzia
CENT_1	CAORLE	CENRTRALINA DI FONDO URBANO RESIDENZIALE
CENT_2	PORTO SAN VITALE (LOCALE INDUSTRIALE)	CENTRALINA LOCALE INDUSTRIALE
CENT_3	GERMANI	CENTRALINA RETE INDUSTRIALE PRIVATA GESTITA DA RSI

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 38 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

5 DESCRIZIONE DEI RISULTATI OTTENUTI

Di seguito si riporta una descrizione dei risultati ottenuti a livello generale per i principali inquinanti (NO_x, SO₂ e particolato PM₁₀ e PM_{2,5}), mentre si rimanda al successivo Par. 5.5 per la trattazione relativa a NMVOC, Metalli, IPA e PCDD/PCDF.

Come anticipato, nel caso del CO si ritiene di non riportare specifici approfondimenti, data la scarsa significatività dei risultati ottenuti dalle simulazioni rispetto al valore limite applicabile.

Per completezza, si evidenzia comunque che le massime ricadute al suolo di CO stimate con riferimento allo scenario massimo sono risultate:

- ✓ Pari a circa lo 0,08% del valore limite ex D.Lgs. 155/2010 per quanto riguarda le massime ricadute calcolate come media su 8 ore (circa 0,008 mg/m³ rispetto a un valore limite di 10 mg/m³);
- ✓ Pari a circa lo 0,06% del valore di 4 mg/m³ suggerito dalle Linee Guida OMS 2021 con riferimento al 99° percentile delle medie giornaliere, con un valore stimato nel punto di massima ricaduta al suolo pari a circa 0,0025 mg/m³.

Pur non avendo considerato il contributo della metaniera per il parametro CO (si veda il precedente Par. 4.1), appare del tutto evidente come tale sorgente non sia in grado di modificare in maniera apprezzabile le suddette valutazioni.

5.1 Ossidi di Azoto (NO_x)

5.1.1 Limite Orario e Giornaliero (Scenario Massimo)

Per quanto concerne gli NO_x, il limite di legge orario fissato dal D. Lgs 155/2010 è pari a 200 µg/m³ (per NO₂) e non può essere superato per più di 18 volte in un anno, il che corrisponde al 99,8 percentile dei valori su media oraria.

Come mostra la mappa di ricaduta nella successiva Figura 5-1, le massime ricadute stimate nello scenario massimo descritto nel precedente Paragrafo 4.3.1 si registrano in mare, in prossimità dell'area in cui saranno effettuate le operazioni di manovra della metaniera con i rimorchiatori a supporto. Avvicinandosi alla terraferma, le ricadute si attenuano notevolmente, con valori che, in corrispondenza di una limitata porzione di costa a ovest della piattaforma Petra superano di poco i 30 µg/m³ (massime ricadute al suolo pari a circa 36 µg/m³ in corrispondenza della costa a ovest dell'area di futura ubicazione della FSRU, valore circa 6 volte inferiore al suddetto valore limite).

Il risultato ottenuto è in ogni caso da considerarsi estremamente cautelativo ed è sicuramente influenzato dalle ipotesi modellistiche con le quali è stato calcolato; il dato non si riferisce infatti a uno scenario reale di funzionamento, bensì è stato ottenuto considerando il verificarsi della condizione emissiva più impattante (sovrapposizione delle emissioni generate dai motori della FSRU alle attività della metaniera, dei 4 rimorchiatori e del sistema di riscaldamento dell'acqua di mare) per 365 giorni l'anno, al fine di simulare lo svolgimento delle operazioni delle metaniere in concomitanza con le condizioni meteorologiche più gravose dal punto di vista della dispersione degli inquinanti emessi.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 39 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

Nella realtà dei fatti è previsto indicativamente l'approdo di una metaniera circa ogni 5/7 giorni (considerando un massimo di circa 73 all'anno), con relativo supporto dei rimorchiatori. In tal senso, è pertanto ragionevolmente poco probabile che le operazioni dei rimorchiatori (previste solo per 6 ore al giorno in concomitanza con la presenza delle metaniere) avvengano esattamente in corrispondenza delle 18 ore peggiori dal punto di vista della dispersione degli inquinanti (i.e. le condizioni meteorologiche associate al concetto di 99,8° percentile) e che, a tali condizioni, si sommi anche il contributo del sistema di riscaldamento dell'acqua di mare. Si ricorda infatti che quest'ultimo sarà in funzione solamente nei periodi in cui la temperatura dell'acqua di mare dovesse scendere al di sotto dei 14°C.

Si ricorda inoltre che un'altra ipotesi cautelativa, adottata esclusivamente ai fini delle valutazioni modellistiche, è l'adozione di un rapporto pari a 1 tra i quantitativi di NO_x emessi e le relative ricadute al suolo di NO₂.

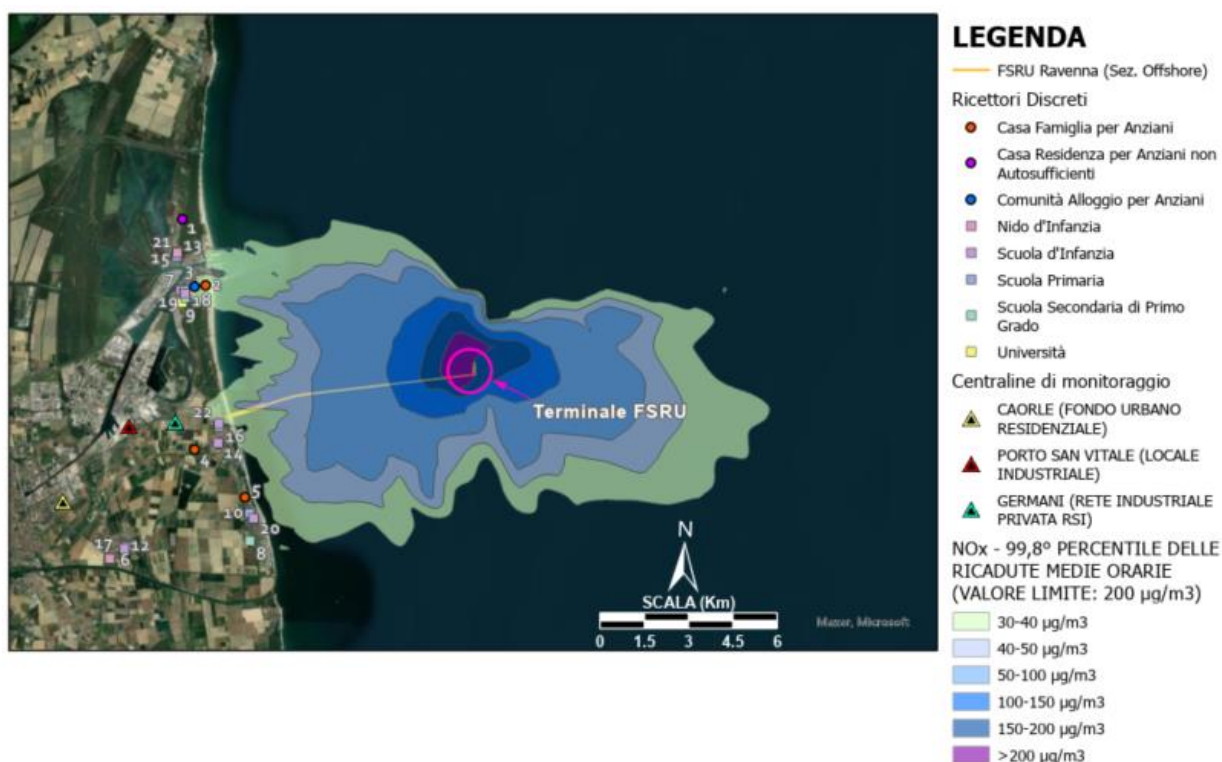


Figura 5-1:Scenario Massimo - 99,8° percentile delle concentrazioni medie orarie di NO_x (Valore Limite per NO₂: 200 µg/m³ da non superare più di 18 volte in un anno)

Sempre con riferimento allo scenario massimo, sono state stimate anche le massime ricadute al suolo attese con riferimento al 99° percentile delle medie giornaliere, per il confronto con il valore di riferimento pari a 25 µg/m³ suggerito dalle Linee Guida dell'OMS del 2021.

Come mostra la mappa di ricaduta di cui alla successiva figura, le concentrazioni al suolo stimate dal modello sono sempre inferiori a 7 µg/m³ (6,7 µg/m³ nel punto di massima ricaduta

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 40 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

al suolo in prossimità della costa), risultando pertanto sempre inferiori di almeno 4 volte c.a. al suddetto valore indicato dall'OMS.

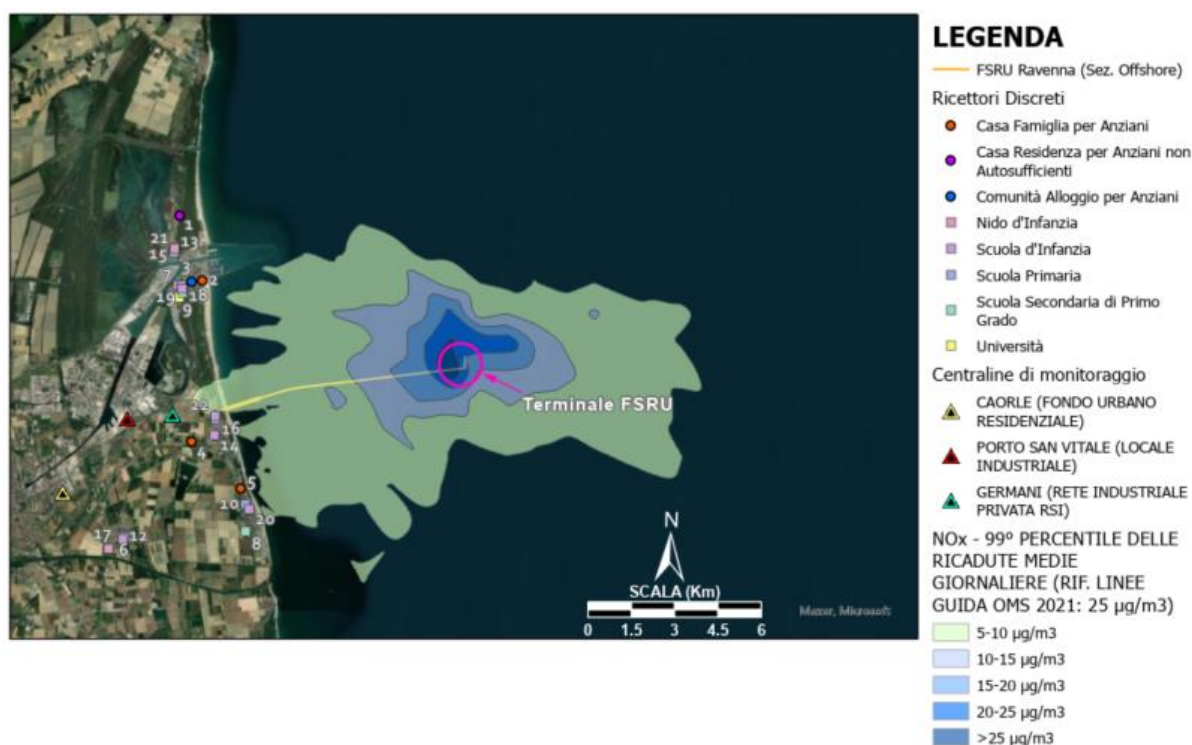


Figura 5-2: Scenario Massimo - 99° percentile delle concentrazioni medie giornaliere di NO_x (Valore Guida OMS 2021: 25 µg/m³)

I valori ottenuti in corrispondenza dei ricettori discreti e delle centraline di qualità dell'aria sono riassunti nella tabella seguente. Come anticipato, si osserva che i valori orari stimati presso ricettori discreti e centraline, ottenuti con le suddette ipotesi ampiamente conservative, risultano sempre ampiamente inferiori al limite di legge. Analogamente, le ricadute giornaliere risultano inferiori al valore guida indicato dall'OMS.

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITA'	RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Pag. 41 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

Tabella 5.1: Scenario Massimo – 99,8° percentile delle ricadute medie orarie e 99° percentile delle ricadute medie giornaliere di NO_x in corrispondenza dei ricettori discreti e delle centraline (Valore Limite per NO₂: 200 µg/m³ come media oraria da non superare più di 18 volte all'anno – Valore "guida" OMS 2021: 25 µg/m³ come 99° percentile delle medie giornaliere)

ID	NOME	TIPO	NOX – 99,8° PERC. DELLE RICADUTE MEDIE ORARIE (µg/m ³)	NOX - 99° PERC. DELLE RICADUTE MEDIE GIORN. (µg/m ³)
1	Casa di Fraternità Betania	Casa Residenza per Anziani non Autosufficienti	21,6	3,1
2	I miei nonni	Casa Famiglia per Anziani	31,2	4,5
3	Villa Bina	Comunità Alloggio per Anziani	29,3	4,2
4	Stella Bianca Punta Marina	Casa Famiglia per Anziani	14,1	2,8
5	Casa Famiglia Nonna Rosa	Casa Famiglia per Anziani	16,8	3,4
6	Cavina Sergio	Scuola Primaria	5,4	1,5
7	Marina di Ravenna	Nido d'Infanzia	27,6	3,4
8	Dante Alighieri	Scuola Secondaria di Primo Grado	18,0	3,3
9	Centro di Ricerca Ambiente Energia e Mare - CIRI FRAME	Università	23,9	3,4
10	Iqbal Masih	Scuola Primaria	19,7	4,0
11	Mameli Goffredo	Scuola Primaria	29,2	3,6
12	Il Pettiroso	Scuola d'Infanzia	5,4	1,4
13	Il Veliero	Scuola d'Infanzia	24,0	3,9
14	I Delfini	Scuola d'Infanzia	27,1	4,5
15	Garibaldi Giuseppe	Scuola Primaria	24,7	3,7
16	Moretti Marino	Scuola Primaria	27,4	3,9
17	Il Canguro (PRIVATA)	Nido d'Infanzia	5,1	1,3
18	Mattei Enrico	Scuola Secondaria di Primo Grado	29,3	3,9
19	Ottolenghi Ada	Scuola d'Infanzia	28,4	4,2

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 42 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

ID	NOME	TIPO	NOX – 99,8° PERC. DELLE RICADUTE MEDIE ORARIE (µg/m ³)	NOX - 99° PERC. DELLE RICADUTE MEDIE GIORN. (µg/m ³)
20	Imparo Giocando	Scuola d'Infanzia	21,6	3,8
21	Il Veliero	Nido d'Infanzia	24,0	3,9
22	Il Faro	Scuola d'Infanzia	28,1	4,3
CENT_1	CAORLE	CENRTRALINA DI FONDO URBANO RESIDENZIALE	5,2	1,0
CENT_2	PORTO SAN VITALE (LOCALE INDUSTRIALE)	CENTRALINA LOCALE INDUSTRIALE	8,6	1,9
CENT_3	GERMANI	CENTRALINA RETE INDUSTRIALE PRIVATA GESTITA DA RSI	12,7	3,0

5.1.2 Limite Annuale (Scenario Medio Annuo)

Per quanto concerne gli NO_x, il limite di legge annuale fissato dal D. Lgs 155/2010 è 40 µg/m³, sempre riferito a NO₂.

Come si può osservare in Figura 5-3 è evidente che i valori stimati nello scenario medio annuo descritto nel precedente Paragrafo 4.3.2 sono sempre abbondantemente entro i limiti applicabili. In particolare, le ricadute sulla terraferma in prossimità della costa non superano mai gli 0,21 µg/m³ (0,5% del valore limite). Tali ricadute sono sostanzialmente riconducibili alle condizioni dispersive in quota, che tendono a influire maggiormente sulle sorgenti emissive all'aumentare dell'altezza.

Si evidenzia come i suddetti valori siano ampiamente inferiori anche al più restrittivo valore di 10 µg/m³ suggerito dalle Linee Guida OMS del 2021.

In generale, si può osservare che nonostante l'approccio decisamente conservativo per lo scenario massimo, le ricadute medie annue di NO_x associate al progetto nella configurazione in esame saranno decisamente molto inferiori e contenute.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 43 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

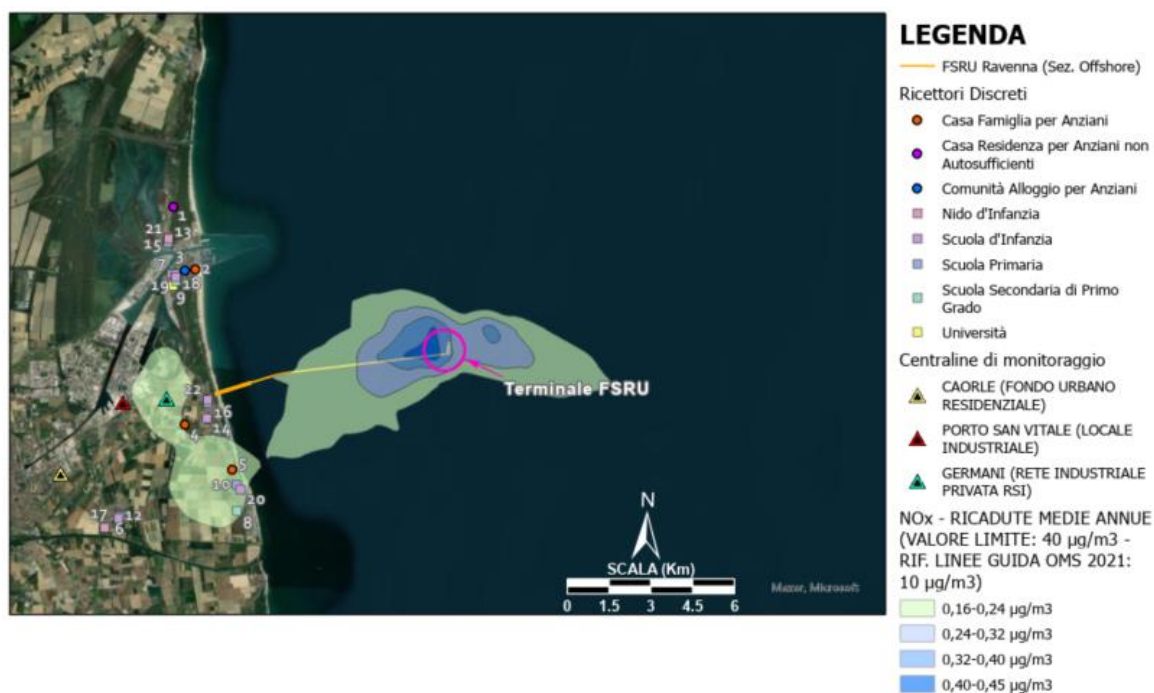


Figura 5-3: Scenario Medio Annuo - Concentrazioni medie annuali di NO_x (Valore Limite per NO₂: 40 µg/m³- Valore Guida OMS 2021: 10 µg/m³)

I valori ottenuti in corrispondenza dei ricettori discreti e delle centraline di qualità dell'aria sono riassunti nella tabella seguente. Si osserva che i valori orari stimati presso ricettori discreti e centraline, ottenuti con le suddette ipotesi ampiamente conservative, risultano sempre ampiamente inferiori al limite di legge. Analogamente, le ricadute giornaliere risultano inferiori al valore guida indicato dall'OMS.

Tabella 5.2: Scenario Medio Annuo - Ricadute medie annue di NO_x in corrispondenza dei ricettori discreti e delle centraline (Valore Limite per NO₂: 40 µg/m³)

ID	NOME	TIPO	NO _x - RICADUTE MEDIE ANNUE (µg/m ³)
1	Casa di Fraternità Betania	Casa Residenza per Anziani non Autosufficienti	7,6E-02
2	I miei nonni	Casa Famiglia per Anziani	7,9E-02

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 44 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

ID	NOME	TIPO	NO _x - RICADUTE MEDIE ANNUE (µg/m³)
3	Villa Bina	Comunità Alloggio per Anziani	7,9E-02
4	Stella Bianca Punta Marina	Casa Famiglia per Anziani	1,6E-01
5	Casa Famiglia Nonna Rosa	Casa Famiglia per Anziani	2,0E-01
6	Cavina Sergio	Scuola Primaria	1,2E-01
7	Marina di Ravenna	Nido d'Infanzia	8,3E-02
8	Dante Alighieri	Scuola Secondaria di Primo Grado	1,7E-01
9	Centro di Ricerca Ambiente Energia e Mare - CIRI FRAME	Università	8,3E-02
10	Iqbal Masih	Scuola Primaria	1,9E-01
11	Mameli Goffredo	Scuola Primaria	8,2E-02
12	Il Pettiroso	Scuola d'Infanzia	1,2E-01
13	Il Veliero	Scuola d'Infanzia	7,4E-02
14	I Delfini	Scuola d'Infanzia	1,3E-01
15	Garibaldi Giuseppe	Scuola Primaria	7,3E-02
16	Moretti Marino	Scuola Primaria	1,1E-01
17	Il Canguro (PRIVATA)	Nido d'Infanzia	1,1E-01
18	Mattei Enrico	Scuola Secondaria di Primo Grado	8,2E-02
19	Ottolenghi Ada	Scuola d'Infanzia	8,3E-02
20	Imparo Giocando	Scuola d'Infanzia	1,8E-01
21	Il Veliero	Nido d'Infanzia	7,4E-02
22	Il Faro	Scuola d'Infanzia	1,2E-01
CENT_1	CAORLE	CENRTRALINA DI FONDO URBANO RESIDENZIALE	8,5E-02
CENT_2	PORTO SAN VITALE (LOCALE INDUSTRIALE)	CENTRALINA LOCALE INDUSTRIALE	1,5E-01
CENT_3	GERMANI	CENTRALINA RETE INDUSTRIALE PRIVATA GESTITA DA RSI	1,9E-01

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITA'	RAVENNA (RA)	NQ/R22199	
	PROGETTO / IMPIANTO	FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 45 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

Nella successiva Figura si richiama nuovamente la mappa delle ricadute medie annue di NO_x, mostrando questa volta l'ubicazione delle aree Rete Natura 2000 (ZSC-ZPS), dei Parchi e delle Riserve Naturali presenti nell'area analizzata (si veda il precedente Par. 4.3.3), per la cui caratterizzazione si rimanda allo Studio di Incidenza (REL-AMB-E-09012, Rev. 2).

Le ricadute medie annue di NO_x stimate dal modello sono sempre abbondantemente inferiori al livello critico per la protezione della vegetazione di 30 µg/m³ applicabile ai sensi del D.Lgs. 155/2010, con ricadute che anche in corrispondenza della ZSC-ZPS IT4070006 "Pialassa dei Piomboni, Pineta di Punta Marina" (parzialmente coincidente con un'area del Parco Regionale Delta del Po) risultano di poco superiori a 0,16 µg/m³.



Figura 5-4: Scenario Medio Annuo - Concentrazioni medie annuali di NO_x (Livello Critico per la Protezione della Vegetazione: 30 µg/m³)

5.2 Polveri (PM10)

5.2.1 Limite Giornaliero (Scenario Massimo)

Per quanto concerne le polveri PM₁₀, il limite di legge giornaliero fissato dal D. Lgs 155/2010 è pari a 50 µg/m³ e non può essere superato per più di 35 volte in un anno, il che corrisponde al 90.4 percentile del valore su media giornaliera.

I livelli di ricaduta stimati nella simulazione relativa allo scenario massimo risultano sempre più di due ordini di grandezza inferiori al suddetto limite. Anche in questo caso, la componente di ricaduta sulla terraferma in prossimità della costa (che è comunque sempre

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 46 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

pari o inferiore a $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) appare riconducibile alle condizioni dispersive in quota, che tendono a influire maggiormente sulle sorgenti emissive all'aumentare dell'altezza.



Figura 5-5: Scenario Massimo - 90,4 percentile delle concentrazioni medie giornaliere di Polveri (Valore Limite per PM10: $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 35 volte in un anno)

Sempre con riferimento allo scenario massimo, sono state stimate anche le massime ricadute al suolo attese con riferimento al 99° percentile delle medie giornaliere, per il confronto con il valore di riferimento pari a $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ suggerito dalle Linee Guida dell'OMS del 2021.

Come mostra la mappa di ricaduta di cui alla successiva figura, le concentrazioni al suolo stimate dal modello sono sempre pari o inferiori a $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, risultando pertanto nettamente inferiori al suddetto valore indicato dall'OMS.

	PROGETTISTA	RINA	COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITÀ	RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO	FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 47 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2



Figura 5-6: Scenario Massimo – 99° percentile delle concentrazioni medie giornaliere di PM10 (AQG Level OMS 2021: 45 µg/m³)

Tabella 5.3: Scenario Massimo - 90.4° e 99° percentile delle ricadute medie giornaliere di Polveri in corrispondenza dei ricettori discreti e delle centraline (Valore Limite per PM10: 50 µg/m³ da non superare più di 35 volte all'anno – Valore "guida" OMS 2021: 45 µg/m³ come 99° percentile)

ID	NOME	TIPO	PM 10 - 90.4° PERC. DELLE RICADUTE MEDIE GIORNALIERE (µg/m³)	PM 10 - 99° PERC. DELLE RICADUTE MEDIE GIORNALIERE (µg/m³)
1	Casa di Fraternità Betania	Casa Residenza per Anziani non Autosufficienti	3,4E-02	1,23E-01
2	I miei nonni	Casa Famiglia per Anziani	3,0E-02	1,39E-01
3	Villa Bina	Comunità Alloggio per Anziani	3,5E-02	1,28E-01
4	Stella Bianca Punta Marina	Casa Famiglia per Anziani	7,9E-02	2,28E-01
5	Casa Famiglia Nonna Rosa	Casa Famiglia per Anziani	8,7E-02	3,19E-01
6	Cavina Sergio	Scuola Primaria	5,8E-02	1,83E-01

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 48 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

ID	NOME	TIPO	PM 10 - 90.4° PERC. DELLE RICADUTE MEDIE GIORNALIERE (µg/m³)	PM 10 - 99° PERC. DELLE RICADUTE MEDIE GIORNALIERE (µg/m³)
7	Marina di Ravenna	Nido d'Infanzia	4,3E-02	1,21E-01
8	Dante Alighieri	Scuola Secondaria di Primo Grado	6,4E-02	2,94E-01
9	Centro di Ricerca Ambiente Energia e Mare - CIRI FRAME	Università	3,0E-02	1,62E-01
10	Iqbal Masih	Scuola Primaria	8,2E-02	2,90E-01
11	Mameli Goffredo	Scuola Primaria	4,0E-02	1,30E-01
12	Il Pettiroso	Scuola d'Infanzia	5,7E-02	1,77E-01
13	Il Veliero	Scuola d'Infanzia	3,3E-02	1,20E-01
14	I Delfini	Scuola d'Infanzia	4,7E-02	1,85E-01
15	Garibaldi Giuseppe	Scuola Primaria	3,2E-02	1,20E-01
16	Moretti Marino	Scuola Primaria	4,6E-02	2,02E-01
17	Il Canguro (PRIVATA)	Nido d'Infanzia	5,2E-02	1,59E-01
18	Mattei Enrico	Scuola Secondaria di Primo Grado	3,2E-02	1,44E-01
19	Ottolenghi Ada	Scuola d'Infanzia	3,8E-02	1,31E-01
20	Imparo Giocando	Scuola d'Infanzia	7,2E-02	2,78E-01
21	Il Veliero	Nido d'Infanzia	3,3E-02	1,20E-01
22	Il Faro	Scuola d'Infanzia	4,4E-02	1,94E-01
CENT_1	CAORLE	CENRTRALINA DI FONDO URBANO RESIDENZIALE	4,0E-02	1,20E-01
CENT_2	PORTO SAN VITALE (LOCALE INDUSTRIALE)	CENTRALINA LOCALE INDUSTRIALE	7,0E-02	2,38E-01
CENT_3	GERMANI	CENTRALINA RETE INDUSTRIALE PRIVATA GESTITA DA RSI	8,6E-02	3,41E-01

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 49 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

5.2.2 Limite Annuale (Scenario Medio Annuo)

Per quanto concerne le polveri PM₁₀ il limite di legge annuale fissato dal D. Lgs 155/2010 è 40 µg/m³.

I dati ottenuti dalla simulazione (scenario medio annuo) risultano prossimi a tre ordini di grandezza inferiori rispetto al limite sopra indicato, pertanto da ritenersi praticamente trascurabili rispetto ai livelli di qualità dell'aria preesistenti.

Anche in questo caso si osserva una componente di ricaduta sulla terraferma in prossimità della costa (che è comunque sempre inferiore a 0,03 µg/m³), riconducibile alle condizioni dispersive in quota, che tendono a influire maggiormente sulle sorgenti emissive all'aumentare dell'altezza. Le concentrazioni attese risultano inoltre nettamente inferiori anche al valore di 15 µg/m³ suggerito dalle Linee Guida OMS del 2021.



Figura 5-7: Scenario Medio Annuo - Concentrazioni medie annuali di Polveri (Valore Limite per PM10: 40 µg/m³- AQG Level OMS 2021: 10 µg/m³)

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 50 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

Tabella 5.4: Scenario Medio Annuo - Ricadute medie annue di Polveri in corrispondenza dei ricettori discreti e delle centraline (Valore Limite per PM10: 40 µg/m³)

ID	NOME	TIPO	PM10 – RICADUTE MEDIE ANNUE (µg/m³)
1	Casa di Fraternità Betania	Casa Residenza per Anziani non Autosufficienti	6,6E-03
2	I miei nonni	Casa Famiglia per Anziani	4,8E-03
3	Villa Bina	Comunità Alloggio per Anziani	5,0E-03
4	Stella Bianca Punta Marina	Casa Famiglia per Anziani	2,0E-02
5	Casa Famiglia Nonna Rosa	Casa Famiglia per Anziani	2,6E-02
6	Cavina Sergio	Scuola Primaria	1,7E-02
7	Marina di Ravenna	Nido d'Infanzia	6,5E-03
8	Dante Alighieri	Scuola Secondaria di Primo Grado	2,2E-02
9	Centro di Ricerca Ambiente Energia e Mare - CIRI FRAME	Università	6,8E-03
10	Iqbal Masih	Scuola Primaria	2,4E-02
11	Mameli Goffredo	Scuola Primaria	5,9E-03
12	Il Pettiroso	Scuola d'Infanzia	1,7E-02
13	Il Veliero	Scuola d'Infanzia	6,0E-03
14	I Delfini	Scuola d'Infanzia	1,2E-02
15	Garibaldi Giuseppe	Scuola Primaria	5,8E-03
16	Moretti Marino	Scuola Primaria	9,6E-03
17	Il Canguro (PRIVATA)	Nido d'Infanzia	1,5E-02
18	Mattei Enrico	Scuola Secondaria di Primo Grado	6,0E-03
19	Ottolenghi Ada	Scuola d'Infanzia	6,0E-03
20	Imparo Giocando	Scuola d'Infanzia	2,2E-02
21	Il Veliero	Nido d'Infanzia	6,0E-03
22	Il Faro	Scuola d'Infanzia	9,5E-03
CENT_1	CAORLE	CENRTRALINA DI FONDO URBANO RESIDENZIALE	1,2E-02
CENT_2	PORTO SAN VITALE (LOCALE INDUSTRIALE)	CENTRALINA LOCALE INDUSTRIALE	2,1E-02
CENT_3	GERMANI	CENTRALINA RETE INDUSTRIALE PRIVATA GESTITA DA RSI	2,6E-02

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITÀ	RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO	FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 51 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

5.3 Polveri (PM_{2,5})

5.3.1 Limite Giornaliero (Scenario Massimo)

Con riferimento allo scenario massimo, sono state stimate le massime ricadute al suolo attese con riferimento al 99° percentile delle medie giornaliere di PM_{2,5}, per il confronto con il valore di riferimento pari a 15 µg/m³ suggerito dalle Linee Guida dell'OMS del 2021.

Come mostra la mappa di ricaduta di cui alla successiva figura, le concentrazioni al suolo stimate dal modello sono sempre pari o inferiori a 0,4 µg/m³, risultando pertanto nettamente inferiori al suddetto valore indicato dall'OMS.



Figura 5-8: Scenario Massimo – 99° percentile delle concentrazioni medie giornaliere di PM_{2,5} (AQG Level OMS 2021: 15 µg/m³)

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 52 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

Tabella 5.5: Scenario Massimo - 99° percentile delle ricadute medie giornaliere di PM_{2,5} in corrispondenza dei ricettori discreti e delle centraline (Valore “guida” OMS 2021: 15 µg/m³ come 99° percentile)

ID	NOME	TIPO	PM _{2,5} - 99° PERC. DELLE RICADUTE MEDIE GIORNALIERE (µg/m ³)
1	Casa di Fraternità Betania	Casa Residenza per Anziani non Autosufficienti	1,2E-01
2	I miei nonni	Casa Famiglia per Anziani	1,4E-01
3	Villa Bina	Comunità Alloggio per Anziani	1,2E-01
4	Stella Bianca Punta Marina	Casa Famiglia per Anziani	2,2E-01
5	Casa Famiglia Nonna Rosa	Casa Famiglia per Anziani	3,2E-01
6	Cavina Sergio	Scuola Primaria	1,8E-01
7	Marina di Ravenna	Nido d'Infanzia	1,2E-01
8	Dante Alighieri	Scuola Secondaria di Primo Grado	2,9E-01
9	Centro di Ricerca Ambiente Energia e Mare - CIRI FRAME	Università	1,5E-01
10	Iqbal Masih	Scuola Primaria	2,9E-01
11	Mameli Goffredo	Scuola Primaria	1,2E-01
12	Il Pettiroso	Scuola d'Infanzia	1,8E-01
13	Il Veliero	Scuola d'Infanzia	1,1E-01
14	I Delfini	Scuola d'Infanzia	1,7E-01
15	Garibaldi Giuseppe	Scuola Primaria	1,1E-01
16	Moretti Marino	Scuola Primaria	1,9E-01
17	Il Canguro (PRIVATA)	Nido d'Infanzia	1,6E-01
18	Mattei Enrico	Scuola Secondaria di Primo Grado	1,3E-01
19	Ottolenghi Ada	Scuola d'Infanzia	1,3E-01
20	Imparo Giocando	Scuola d'Infanzia	2,8E-01
21	Il Veliero	Nido d'Infanzia	1,1E-01

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITA'	RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Pag. 53 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

ID	NOME	TIPO	PM _{2,5} - 99° PERC. DELLE RICADUTE MEDIE GIORNALIERE (µg/m ³)
22	Il Faro	Scuola d'Infanzia	1,8E-01
CENT_1	CAORLE	CENRTRALINA DI FONDO URBANO RESIDENZIALE	1,2E-01
CENT_2	PORTO SAN VITALE (LOCALE INDUSTRIALE)	CENTRALINA LOCALE INDUSTRIALE	2,4E-01
CENT_3	GERMANI	CENTRALINA RETE INDUSTRIALE PRIVATA GESTITA DA RSI	3,4E-01

5.3.2 Limite Annuale (Scenario Medio Annuo)

Il limite di legge annuale fissato dal D. Lgs 155/2010 per il PM_{2,5} è invece di 25 µg/m³.

I dati previsionali ottenuti dalla simulazione (scenario medio annuo) risultano prossimi a tre ordini di grandezza inferiori rispetto al limite sopra indicato.

Anche in questo caso si osserva una componente di ricaduta sulla terraferma in prossimità della costa (che è comunque sempre inferiore a 0,03 µg/m³), riconducibile alle condizioni dispersive in quota, che tendono a influire maggiormente sulle sorgenti emmissive all'aumentare dell'altezza. Si osserva che le concentrazioni attese risultano inoltre nettamente inferiori anche al valore più restrittivo di 5 µg/m³ suggerito dalle Linee Guida OMS del 2021.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 54 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2



Figura 5-9: Scenario Medio Annuo - Concentrazioni medie annuali di Polveri (Valore Limite per PM_{2,5}: 25 µg/m³- AQG Level OMS 2021: 5 µg/m³)

Tabella 5.6: Scenario Medio Annuo - Ricadute medie annue di PM_{2,5} in corrispondenza dei ricettori discreti e delle centraline (Valore Limite: 25 µg/m³ – Valore “guida” OMS 2021: 5 µg/m³)

ID	NOME	TIPO	PM _{2,5} – RICADUTE MEDIE ANNUE (µg/m ³)
1	Casa di Fraternità Betania	Casa Residenza per Anziani non Autosufficienti	6,4E-03
2	I miei nonni	Casa Famiglia per Anziani	4,5E-03
3	Villa Bina	Comunità Alloggio per Anziani	4,8E-03
4	Stella Bianca Punta Marina	Casa Famiglia per Anziani	2,0E-02
5	Casa Famiglia Nonna Rosa	Casa Famiglia per Anziani	2,5E-02
6	Cavina Sergio	Scuola Primaria	1,7E-02
7	Marina di Ravenna	Nido d'Infanzia	6,3E-03

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 55 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

ID	NOME	TIPO	PM _{2,5} – RICADUTE MEDIE ANNUE (µg/m³)
8	Dante Alighieri	Scuola Secondaria di Primo Grado	2,1E-02
9	Centro di Ricerca Ambiente Energia e Mare - CIRI FRAME	Università	6,6E-03
10	Iqbal Masih	Scuola Primaria	2,4E-02
11	Mameli Goffredo	Scuola Primaria	5,7E-03
12	Il Pettiroso	Scuola d'Infanzia	1,7E-02
13	Il Veliero	Scuola d'Infanzia	5,8E-03
14	I Delfini	Scuola d'Infanzia	1,2E-02
15	Garibaldi Giuseppe	Scuola Primaria	5,6E-03
16	Moretti Marino	Scuola Primaria	9,4E-03
17	Il Canguro (PRIVATA)	Nido d'Infanzia	1,5E-02
18	Mattei Enrico	Scuola Secondaria di Primo Grado	5,8E-03
19	Ottolenghi Ada	Scuola d'Infanzia	5,8E-03
20	Imparo Giocando	Scuola d'Infanzia	2,1E-02
21	Il Veliero	Nido d'Infanzia	5,8E-03
22	Il Faro	Scuola d'Infanzia	9,3E-03
CENT_1	CAORLE	CENRTRALINA DI FONDO URBANO RESIDENZIALE	1,2E-02
CENT_2	PORTO SAN VITALE (LOCALE INDUSTRIALE)	CENTRALINA LOCALE INDUSTRIALE	2,1E-02
CENT_3	GERMANI	CENTRALINA RETE INDUSTRIALE PRIVATA GESTITA DA RSI	2,6E-02

5.4 Biossido di zolfo (SO₂)

5.4.1 Limite Orario e Giornaliero (Scenario Massimo)

Per quanto concerne l' SO₂, il limite di legge orario fissato dal D. Lgs 155/2010 è pari a 350 µg/m³ e non può essere superato per più di 24 volte in un anno, il che corrisponde al 99,7° percentile dei valori su media oraria.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 56 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

Come mostra la mappa di ricaduta nella successiva figura, le massime ricadute stimate nello scenario massimo descritto nel precedente Paragrafo 4.3.1 si registrano in mare, in prossimità dell'area in cui saranno effettuate le operazioni di manovra della metaniera con i rimorchiatori a supporto. Avvicinandosi alla terraferma, le ricadute si attenuano notevolmente, con valori che, in corrispondenza di una porzione di costa a ovest della piattaforma Petra superano di poco i 30 µg/m³ (circa 34 µg/m³ nel punto di massima ricaduta al suolo, valore più di 10 volte inferiore al suddetto valore limite).

Il risultato ottenuto è in ogni caso da considerarsi estremamente cautelativo ed è sicuramente influenzato dalle ipotesi modellistiche con le quali è stato calcolato; come già indicato per gli NO_x il dato non si riferisce infatti a uno scenario reale di funzionamento, bensì è stato ottenuto considerando il verificarsi della condizione emissiva più impattante (sovrapposizione delle emissioni generate dai motori della FSRU alle attività della metaniera e dei 4 rimorchiatori) per 365 giorni l'anno, al fine di simulare lo svolgimento delle operazioni delle metaniere in concomitanza con le condizioni meteorologiche più gravose dal punto di vista della dispersione degli inquinanti emessi.

Si ribadisce che, nella realtà dei fatti, è previsto indicativamente l'approdo di una metaniera circa ogni 5/7 giorni (considerando un massimo di circa 73 all'anno), con relativo supporto dei rimorchiatori. In tal senso, è pertanto ragionevolmente poco probabile che le operazioni dei rimorchiatori (previste solo per 6 ore al giorno in concomitanza con la presenza delle metaniere in porto) avvengano esattamente in concomitanza col verificarsi delle 24 ore peggiori dal punto di vista della dispersione degli inquinanti (i.e. le condizioni meteorologiche associate al concetto di 99,7° percentile).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 57 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

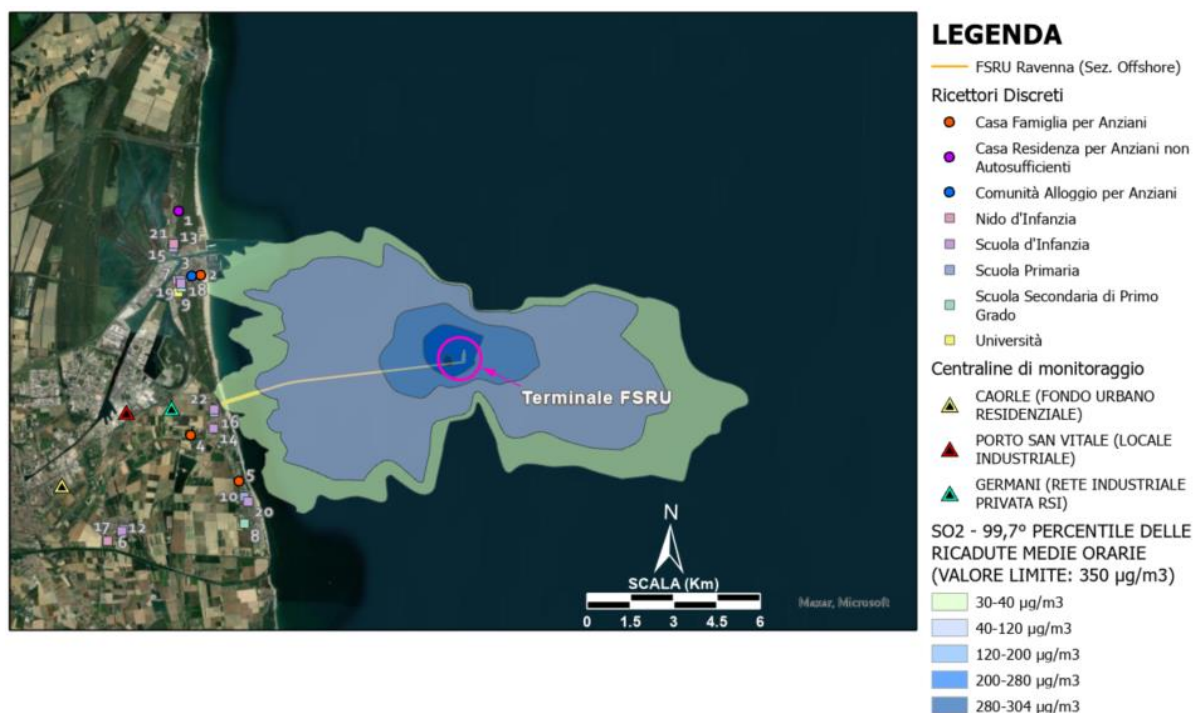


Figura 5-10: Scenario Massimo - 99,7° percentile delle concentrazioni medie orarie di SO₂ (Valore Limite: 350 µg/m³ da non superare più di 24 volte in un anno)

Sempre con riferimento allo scenario massimo, sono state stimate anche le massime ricadute al suolo attese con riferimento al 99,2° percentile delle medie giornaliere, per il confronto con il valore limite ex D.Lgs. 155/2010 (pari 125 µg/m³ da non superare più di 3 volte l'anno) ed al 99° percentile delle medie giornaliere per il confronto con il valore di 40 µg/m³ suggerito dalle Linee Guida dell'OMS del 2021.

Come mostrano le mappe di ricaduta riportate nelle figure seguenti, le massime ricadute giornaliere al suolo stimate dal modello sono risultate pari a circa 8 µg/m³ nel punto di massima ricaduta al suolo in prossimità della costa per quanto riguarda il 99,2° percentile e a 7 µg/m³ per quanto riguarda il 99° percentile, risultando pertanto nettamente inferiori sia al suddetto valore limite ex D.Lgs. 155/2010 sia al suddetto valore suggerito dall'OMS.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 58 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

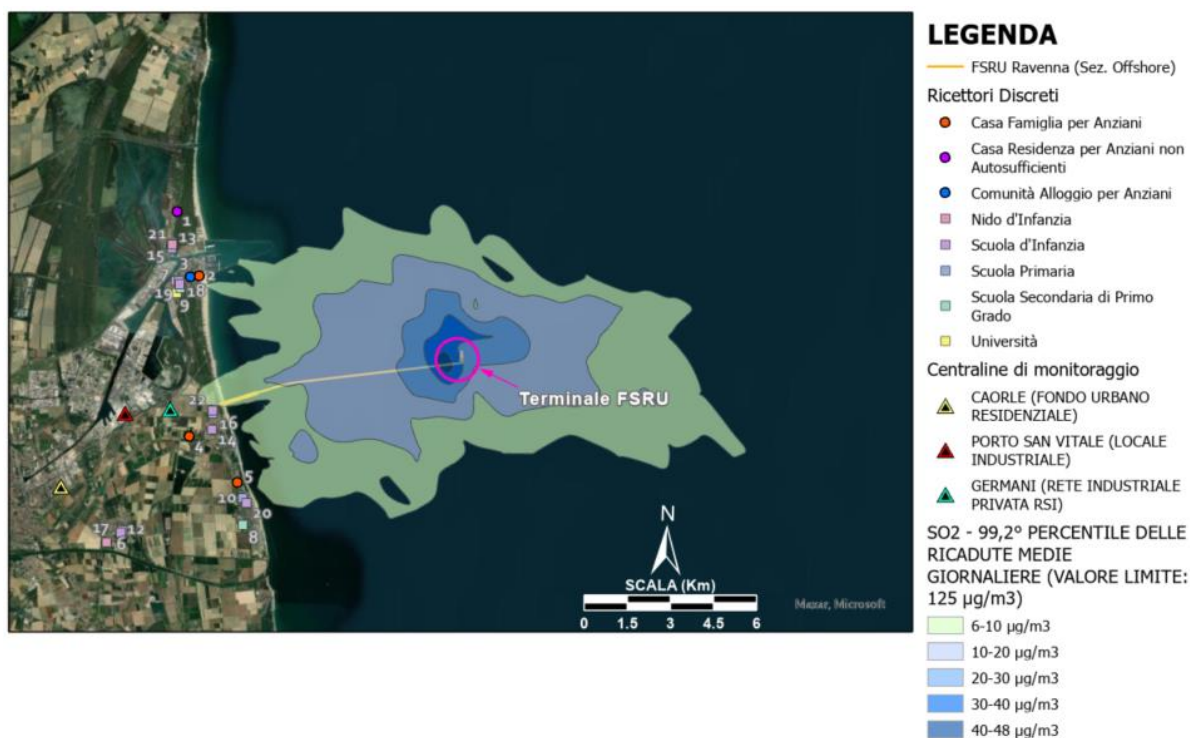


Figura 5-11: Scenario Massimo - 99,2° percentile delle concentrazioni medie giornaliere di SO₂ (Valore Limite: 125 µg/m³ da non superare più di 3 volte in un anno)

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 59 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

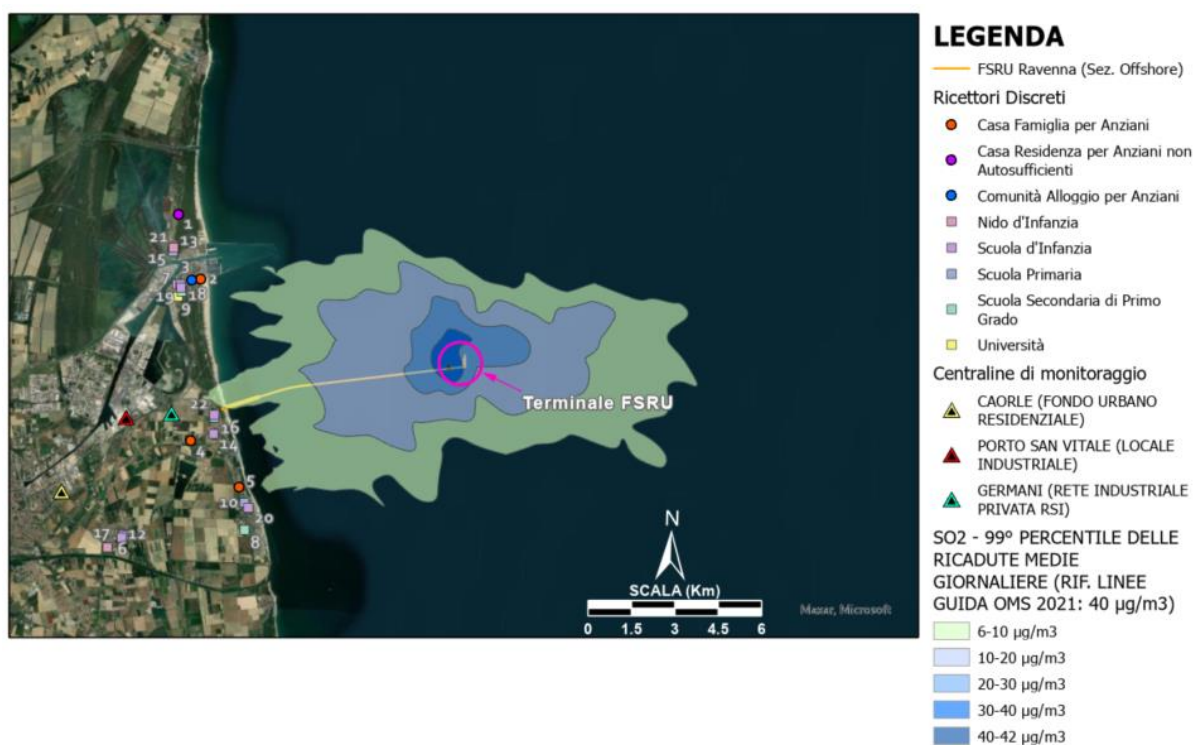


Figura 5-12: Scenario Massimo - 99° percentile delle concentrazioni medie giornaliere di SO₂ (OMS AQG Level: 40 µg/m³)

Si richiamano per completezza i valori delle ricadute ottenuti in corrispondenza dei ricettori discreti e delle centraline, che risultano ulteriormente inferiori e contenuti rispetto ai valori limite e di riferimento considerati.

	PROGETTISTA	RINA	COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITÀ	RAVENNA (RA)	NQ/R22199	REL-AMB-E-09087
	PROGETTO / IMPIANTO	FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 60 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

Tabella 5.7: Scenario Massimo – 99,7° percentile delle ricadute medie orarie e 99,2° e 99° percentile delle ricadute medie giornaliere di SO₂ in corrispondenza dei ricettori discreti e delle centraline

ID	NOME	TIPO	SO ₂ – 99.7° PERC. DELLE RICADUTE MEDIE ORARIE (µg/m ³)	SO ₂ – 99.2° PERC. DELLE RICADUTE MEDIE GIORNALIERE (µg/m ³)	SO ₂ – 99° PERC. DELLE RICADUTE MEDIE GIORNALIERE (µg/m ³)
1	Casa di Fraternità Betania	Casa Residenza per Anziani non Autosufficienti	19,3	4,4	3,3
2	I miei nonni	Casa Famiglia per Anziani	26,7	5,5	5,2
3	Villa Bina	Comunità Alloggio per Anziani	24,7	5,1	4,7
4	Stella Bianca Punta Marina	Casa Famiglia per Anziani	11,7	2,2	1,8
5	Casa Famiglia Nonna Rosa	Casa Famiglia per Anziani	11,5	2,0	1,8
6	Cavina Sergio	Scuola Primaria	2,0	0,3	0,3
7	Marina di Ravenna	Nido d'Infanzia	23,1	4,6	3,7
8	Dante Alighieri	Scuola Secondaria di Primo Grado	11,5	2,3	2,2
9	Centro di Ricerca Ambiente Energia e Mare - CIRI FRAME	Università	21,3	3,5	3,4
10	Iqbal Masih	Scuola Primaria	14,4	3,2	2,8
11	Mameli Goffredo	Scuola Primaria	24,9	4,9	3,8
12	Il Pettiroso	Scuola d'Infanzia	2,0	0,3	0,3
13	Il Veliero	Scuola d'Infanzia	21,1	4,0	3,8
14	I Delfini	Scuola d'Infanzia	24,7	4,7	3,6
15	Garibaldi Giuseppe	Scuola Primaria	21,5	4,1	3,7
16	Moretti Marino	Scuola Primaria	27,0	5,0	4,3
17	Il Canguro (PRIVATA)	Nido d'Infanzia	1,8	0,3	0,3
18	Mattei Enrico	Scuola Secondaria di Primo Grado	26,0	4,4	4,0

	PROGETTISTA	RINA	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITA'	RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Pag. 61 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

ID	NOME	TIPO	SO ₂ – 99.7° PERC. DELLE RICADUTE MEDIE ORARIE (µg/m ³)	SO ₂ – 99.2° PERC. DELLE RICADUTE MEDIE GIORNALIERE (µg/m ³)	SO ₂ – 99° PERC. DELLE RICADUTE MEDIE GIORNALIERE (µg/m ³)
19	Ottolenghi Ada	Scuola d'Infanzia	26,2	4,8	4,4
20	Imparo Giocando	Scuola d'Infanzia	17,9	3,6	3,1
21	Il Veliero	Nido d'Infanzia	21,1	4,0	3,8
22	Il Faro	Scuola d'Infanzia	27,5	4,9	4,7
CENT_1	CAORLE	CENRTRALINA DI FONDO URBANO RESIDENZIALE	1,6	0,3	0,3
CENT_2	PORTO SAN VITALE (LOCALE INDUSTRIALE)	CENTRALINA LOCALE INDUSTRIALE	3,9	0,7	0,7
CENT_3	GERMANI	CENTRALINA RETE INDUSTRIALE PRIVATA GESTITA DA RSI	7,2	1,5	1,3

5.4.2 Limite Annuale (Scenario Medio Annuo)

Con riferimento allo scenario emissivo medio, sono state valutate le ricadute medie annuali di SO₂ per il confronto con il valore obiettivo per la protezione della vegetazione indicato dal D.Lgs. 155/2010, pari a 20 µg/m³ come media annua. Anche in questo caso (si veda la figura seguente) la concentrazione media annua nel punto di massima ricaduta al suolo (pari a circa 0,08 µg/m³) risulta abbondantemente inferiore al suddetto valore obiettivo (circa 250 volte inferiore del valore obiettivo).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 62 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

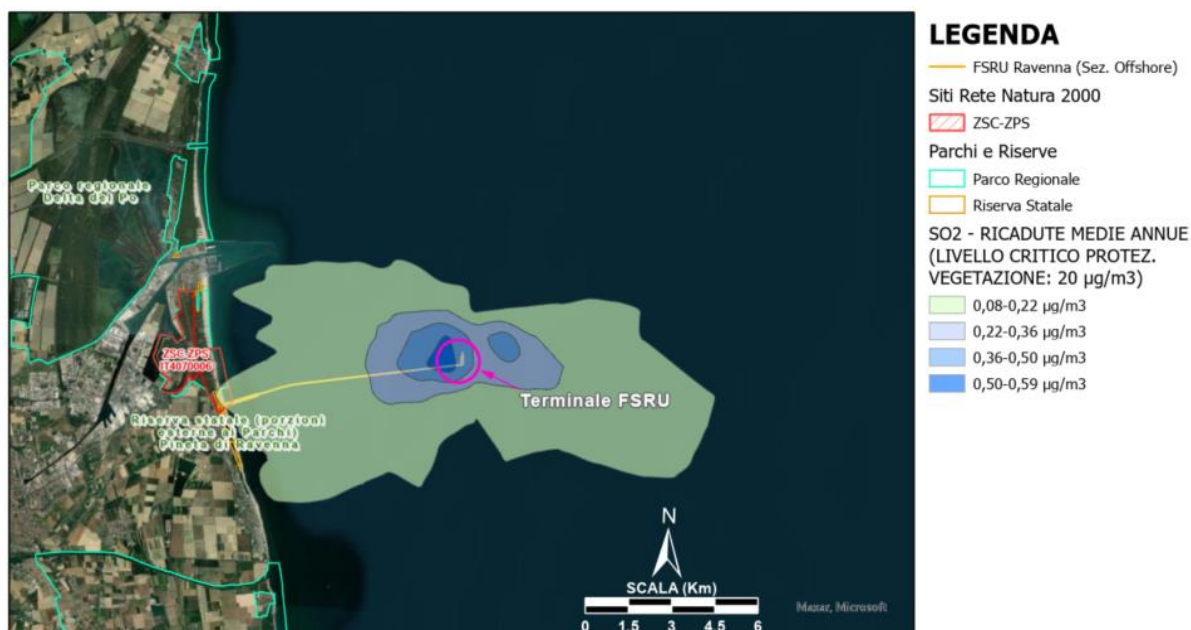


Figura 5-13: Scenario Medio Annuo - Concentrazioni medie annuali di SO₂ (Livello Critico per la Protezione della Vegetazione: 20 µg/m³)

5.5 Simulazioni per NMVOC, Metalli Pesanti, IPA e PCDD/F

Come anticipato nel precedente Par. 4.1, oltre alle simulazioni per i principali inquinanti emessi (NO_x, PM₁₀, PM_{2,5} e SO₂) sono state eseguite ulteriori valutazioni modellistiche relative a:

- ✓ Composti Organici Volatili Non Metanici (NMVOC);
- ✓ Metalli Pesanti (Cd, As, Pb, Ni, Hg, Cr, Cu, Se, Zn);
- ✓ IPA, considerando i seguenti composti: Phenantrene, Anthracene, Fluoranthene, Pyrene, Benzo(a)anthracene, Chrysene, Perylene, Benzo(b)-fluoranthene, Benzo(k)-fluoranthene, Benzo(a)pyrene, Dibenzo(a,l)pyrene, Benzo(g,h,i)perylene, Dibenzo(a,h)anthracene, Indeno(1,2,3-c,d)pyrene);
- ✓ PCDD/F (valutati in termini di TEQ 2,3,7,8-TCDD).

Tali valutazioni hanno riguardato esclusivamente i rimorchiatori alimentati a Marine Diesel Oil (MDO) in quanto, come indicato nel precedente Par. 4.1, la presenza di tali inquinanti nelle emissioni generate dai motori della FSRU e dalla metaniera può essere ritenuta nulla/trascurabile data l'alimentazione dei mezzi a gas naturale.

Nei sottoparagrafi seguenti si riportano:

- ✓ i risultati ottenuti in termini concentrazioni medie annue in atmosfera in corrispondenza del punto di massima ricaduta al suolo, ubicato in prossimità della costa a ovest della piattaforma Petra. Laddove disponibili, i valori di ricaduta sono stati confrontati con i relativi

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 63 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

valori limite / obiettivo definiti dal D.Lgs. 155/2010 (valori definiti per Pb, As, Cd, Ni, Benzo(a)pirene e Benzene, quest'ultimo preso conservativamente come termine di paragone per le ricadute totali di NMVOC);

- ✓ valutazioni relative alle deposizioni medie annue al suolo, per un confronto con valori di riferimento desumibili da riferimenti bibliografici (normativa estera e pubblicazioni scientifiche) in mancanza di specifici valori limite / obiettivo a livello nazionale.

5.5.1 Stima delle concentrazioni medie annue in atmosfera per NMVOC, Metalli, IPA e PCDD/F

Nella tabella seguente si riportano i risultati in termini di concentrazioni medie annue in atmosfera in corrispondenza del punto di massima ricaduta al suolo per NMVOC, Metalli, IPA e PCDD/F, ubicato in prossimità della costa a ovest della piattaforma Petra. I valori sono confrontabili con:

- ✓ laddove definiti, i valori limite / obiettivo indicati nel D.Lgs. 155/2010;
- ✓ laddove definiti, i valori di "Inhalation Reference Concentration" (RfC) espressi in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, come desunti dal documento "Banca dati ISS-INAIL - Rev. Marzo 2018", considerati in ambito di valutazione di impatto sanitario per le valutazioni sul rischio tossicologico (non-cancerogeno) di tipo inalatorio.

Per maggiori dettagli si rimanda alla Valutazione di Impatto Sanitario (Documento REL-AMB-E-09088, Rev. 0).

Tabella 5.8: Concentrazioni medie annue di NMVOC, Metalli, IPA e PCDD/F stimate dal modello nel punto di massima ricaduta al suolo

Sostanza	Concentrazione media annua nel punto di massima ricaduta al suolo $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$	Valore Limite / Obiettivo Ex D.Lgs. 155/2010 $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$	RfC $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$
NMVOC	1,8E-02	5 (*)	30 (*)
Cd	7,6E-08	5,0E-03	1,0E-02
As	3,0E-07	6,0E-03	1,5E-02
Pb	9,8E-07	0,5	-
Ni	7,6E-06	2,0E-02	9,0E-02
Hg	2,3E-07	-	3,0E-01
Cr	3,8E-07	-	1,4E-01
Cu	6,7E-06	-	1,4E+02
Se	7,6E-07	-	2,0E+01

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 64 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

Sostanza	Concentrazione media annua nel punto di massima ricaduta al suolo [µg/m³]	Valore Limite / Obiettivo Ex D.Lgs. 155/2010 [µg/m³]	RfC [µg/m³]
Zn	9,1E-06	-	1,1E+03
PCDD/F (espressi come TEQ 2,3,7,8-TCDD)	9,8E-13	-	4,0E-05
Phenantrene	1,0E-04	-	3,0E+00
Anthracene	2,7E-07	-	3,0E+00
Fluoranthene	3,4E-05	-	3,0E+00
Pyrene	4,3E-05	-	3,0E+00
Benzo(a)anthracene	7,0E-08	-	-
Chrysene	1,8E-06	-	-
Perylene	1,3E-06	-	3,0E+00
Benzo(b)fluoranthene	3,9E-08	-	-
Benzo(k)fluoranthene	1,3E-08	-	-
Benzo(a)pyrene	1,3E-09	1,0E-03	2,0E-03
Dibenzo(a,l)pyrene	1,5E-10	-	-
Benzo(g,h,i)perylene	4,2E-07	-	3,0E+00
Dibenzo(a,h)anthracene	4,3E-09	-	-
Indeno(1,2,3-c,d)pyrene	1,4E-08	-	-

(*) Valore riferito al Benzene

Dai risultati ottenuti appare evidente come le concentrazioni atmosferiche attese al suolo, e a maggior ragione in corrispondenza degli elementi sensibili identificati (per cui si tralascia di riportare i valori) sono praticamente trascurabili, risultando sempre diversi ordini di grandezza inferiori ai valori limite / obiettivo laddove definiti dalla normativa vigente, nonché ai valori di riferimento tossicologico (valori RfC) per l'esposizione inalatoria desunti dalla "Banca dati ISS-INAIL".

Si segnala che, per alcune delle sostanze analizzate, la "Banca dati ISS-INAIL" non restituisce un valore di RfC, ma queste sono state comunque prese in esame ai fini delle valutazioni di rischio tossicologico cancerogeno, non trattate nel presente documento e per le quali si rimanda alla Valutazione di Impatto Sanitario dell'iniziativa (Documento REL-AMB-E-09088, Rev. 0).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 65 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

Per completezza espositiva, nelle figure seguenti si riportano le mappe delle ricadute medie annuali per NMVOC, Pb (rappresentativo dei Metalli Pesanti), Benzo(a)Pirene (rappresentativo degli IPA) e PCDD/F. Al di là dei valori assoluti, sempre trascurabili come sopra indicato, anche le mappe di ricaduta degli altri parametri riportati nella precedente Tabella 5.8 mostrerebbero un andamento del tutto analogo.

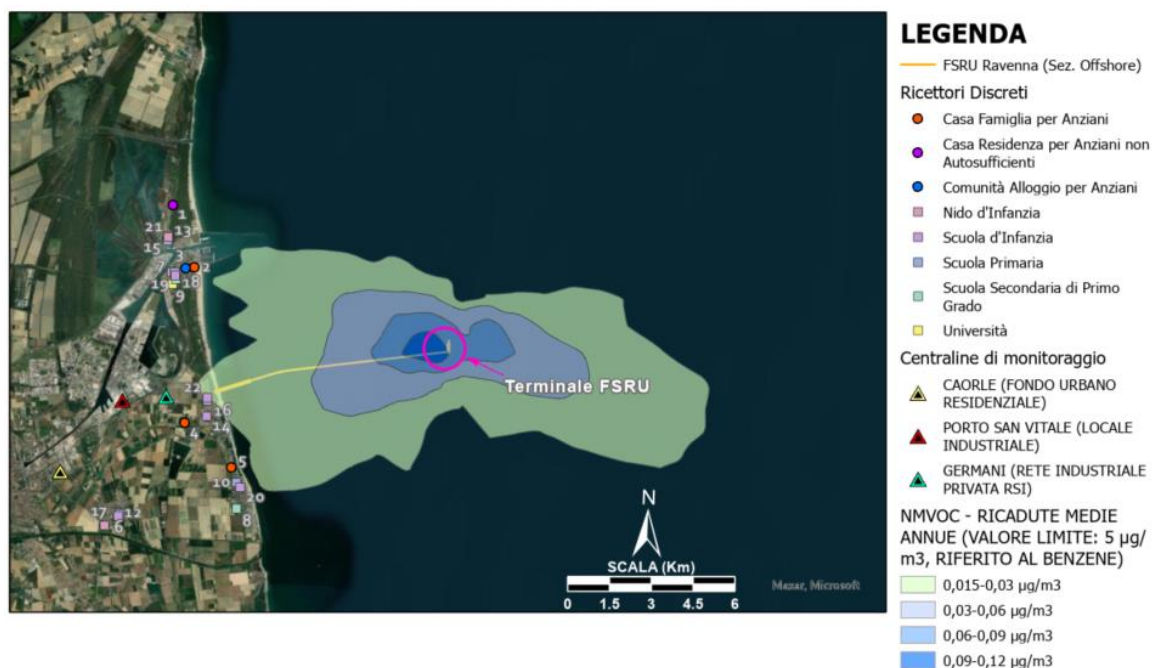


Figura 5-14: Scenario Medio Annuo - Concentrazioni medie annuali di NMVOC (Valore Limite: 5 µg/m³, riferito al Benzene)

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 66 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

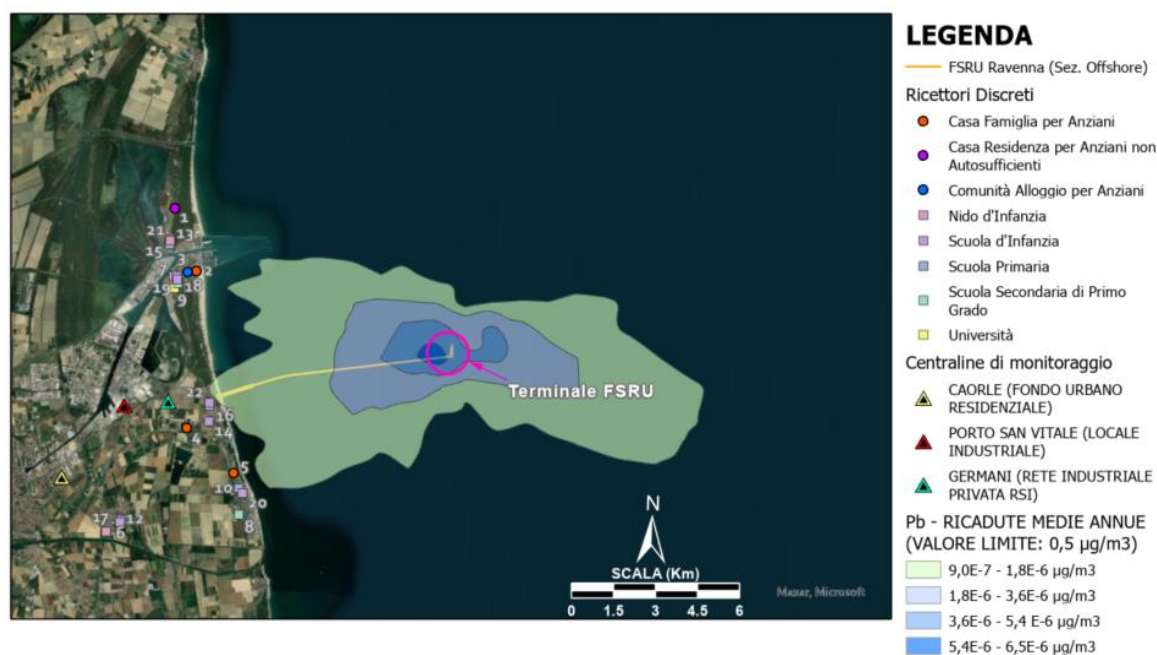


Figura 5-15: Scenario Medio Annuo - Concentrazioni medie annuali di Pb (Valore Limite: 0,5 µg/m³)

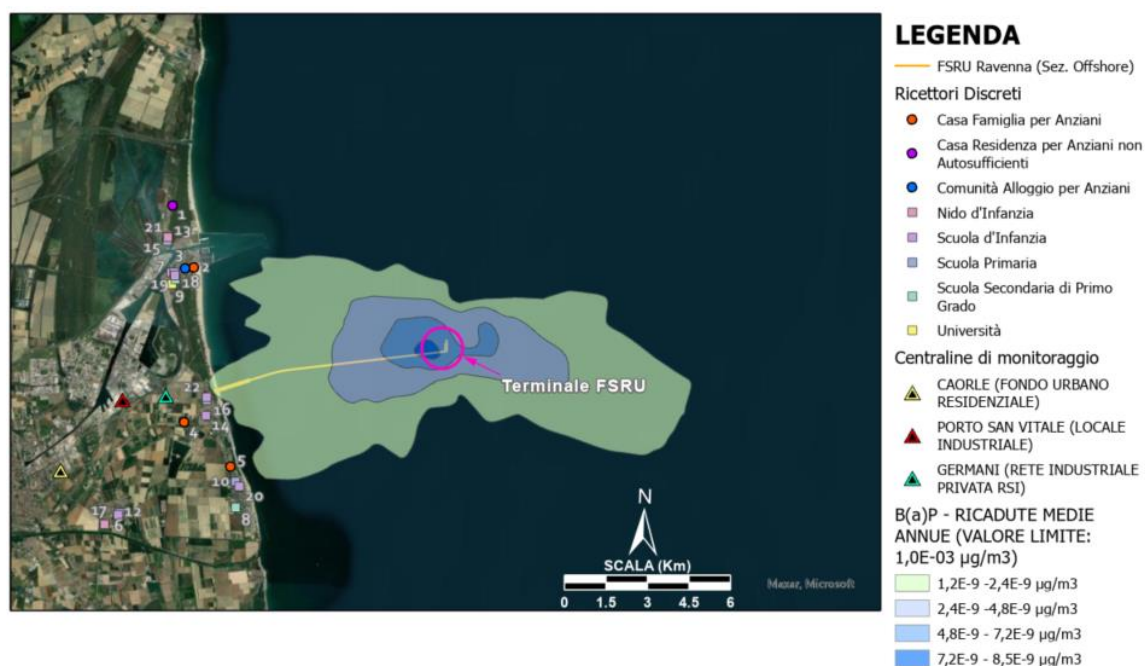


Figura 5-16: Scenario Medio Annuo - Concentrazioni medie annuali di Benzo(a)Pirene (Valore Limite: 1,0E-03 µg/m³)

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 67 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

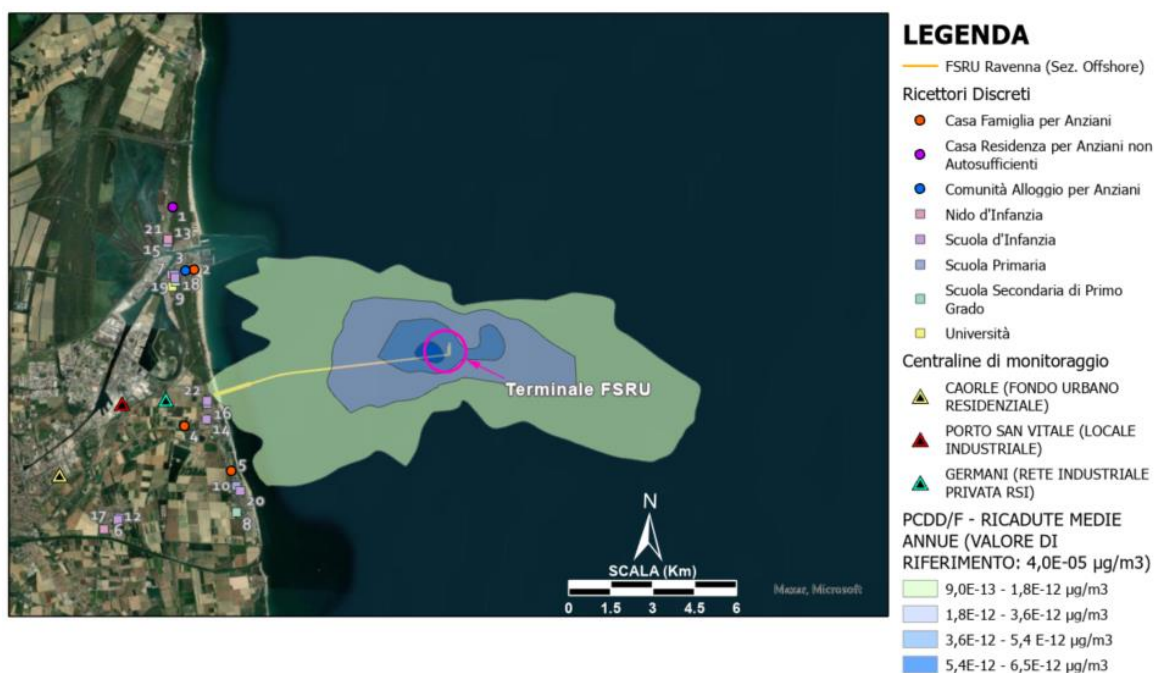


Figura 5-17: Scenario Medio Annuo - Concentrazioni medie annuali di PCDD/F (Valore di riferimento: 4,0E-05 µg/m³)

5.5.2 Stima delle deposizioni al suolo per alcuni metalli rappresentativi, PCDD/F e Benzo(a)pirene

Nella tabella seguente si riportano i valori delle deposizioni medie stimate dal modello nel punto di massima ricaduta al suolo. La stima delle deposizioni è stata ottenuta assumendo che le sostanze analizzate siano associate al materiale particolato, considerando la sommatoria delle componenti di deposizione secca e umida.

In mancanza di specifici valori limite / obiettivo a livello nazionale le deposizioni, espresse in termini µg/m²/gg (deposizioni giornaliere per unità di superficie che si verificano mediamente su base annuale), sono state messe a confronto con valori di riferimento desumibili da riferimenti bibliografici (normativa estera e pubblicazioni scientifiche). Conservativamente, sono stati presi a riferimento i valori più stringenti desumibili dal documento *“Rapporto sulla qualità dell’aria della Provincia di Ravenna – Anno 2022”* (ARPA Emilia-Romagna, 2023), la cui fonte bibliografica è richiamata in fondo alla tabella, dando priorità ai valori normativi rispetto a quelli derivanti da altre fonti bibliografiche.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 68 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

Tabella 5.9: Deposizioni medie su base annuale nel punto di massima ricaduta al suolo stimate dal modello per Pb, Cd, Ni, As, PCDD/F e Benzo(a)pirene

	Pb	Cd	Ni	As	PCDD/F	Benzo(a)pyrene
Deposizione media nel punto di massima ricaduta al suolo (Dmax) [µg/m²/gg]	7,0E-05	5,3E-06	5,3E-04	2,1E-05	7,0E-11	1,1E-12
Valore di riferimento (VR) [µg/m²/gg]	100 ⁽¹⁾	2 ⁽²⁾	15 ⁽³⁾	4 ⁽³⁾	3,4E-06 ⁽⁴⁾	1,9E-03 ⁽⁵⁾
Dmax/VR (%)	0,00007%	0,0003%	0,0036%	0,0005%	0,0020%	0,0050%

(1) Limite stabilito dalla normativa di alcuni paesi europei (Germania, Austria, Croazia, Svizzera)

(2) Limite stabilito dalla normativa di alcuni paesi europei (Germania, Austria, Croazia, Svizzera, Belgio)

(3) Limite stabilito dalla normativa di alcuni paesi europei (Germania, Croazia)

(4) L. Van Lieshout et al., 2001

(5) Menichini et al., 2006

Dai valori riportati nella tabella precedente si evince come le deposizioni al suolo siano sempre diversi ordini di grandezza inferiori anche ai più stringenti valori di riferimento desunti dalle fonti di letteratura sopra indicate.

Si evidenzia inoltre che le suddette deposizioni al suolo risultano localizzate in una porzione di territorio limitata, ubicata in prossimità della costa a sud-ovest della piattaforma Petra, in area non destinata all'uso agricolo. I valori di deposizione tendono ad attenuarsi ulteriormente allontanandosi dal punto di massima ricaduta, con contributi sostanzialmente trascurabili in corrispondenza delle aree agricole presenti nell'area di studio (si vedano le mappe delle deposizioni al suolo riportate nelle figure seguenti).

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITA'		NQ/R22199	
	PROGETTO / IMPIANTO	RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Pag. 69 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2



Figura 5-18: Scenario Medio Annuo – Deposizione media su base annuale di Pb (Valore di Riferimento: 100 µg/m²/gg)

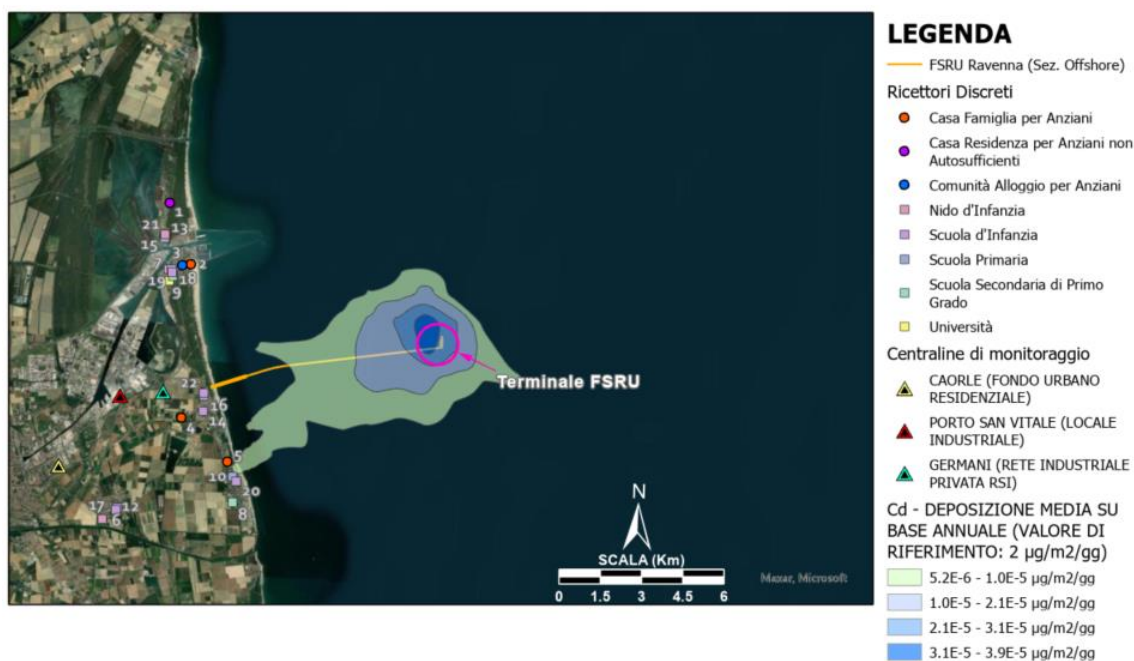


Figura 5-19: Scenario Medio Annuo – Deposizione media su base annuale di Cd (Valore di Riferimento: 2 µg/m²/gg)

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 70 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

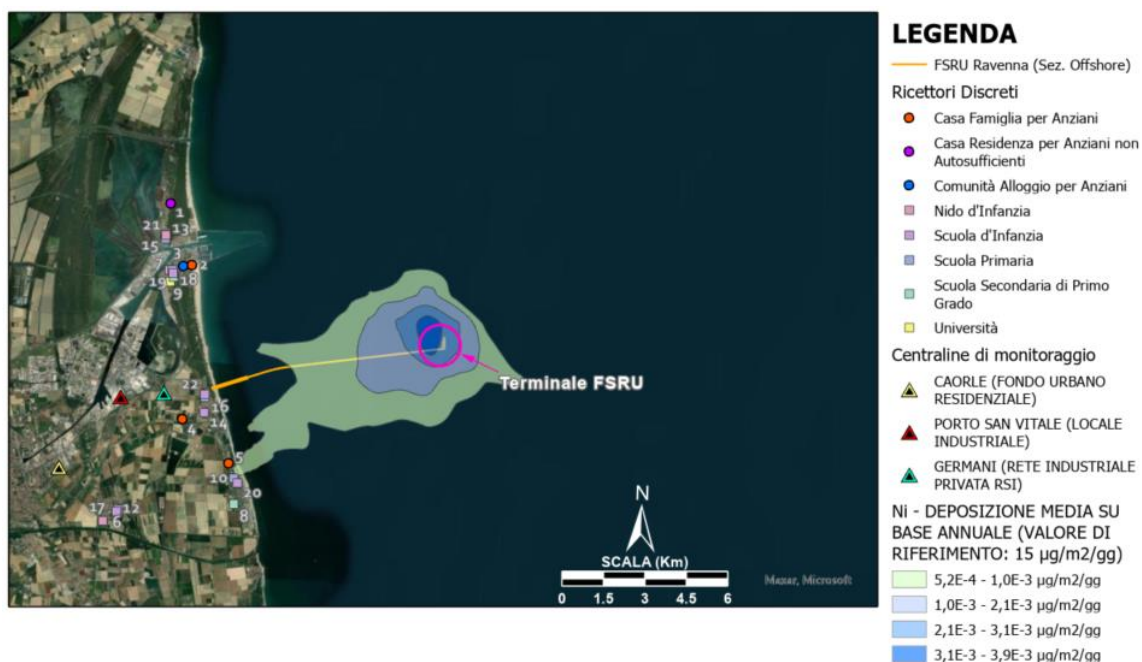


Figura 5-20: Scenario Medio Annuo – Deposizione media su base annuale di Ni (Valore di Riferimento: 15 µg/m²/gg)

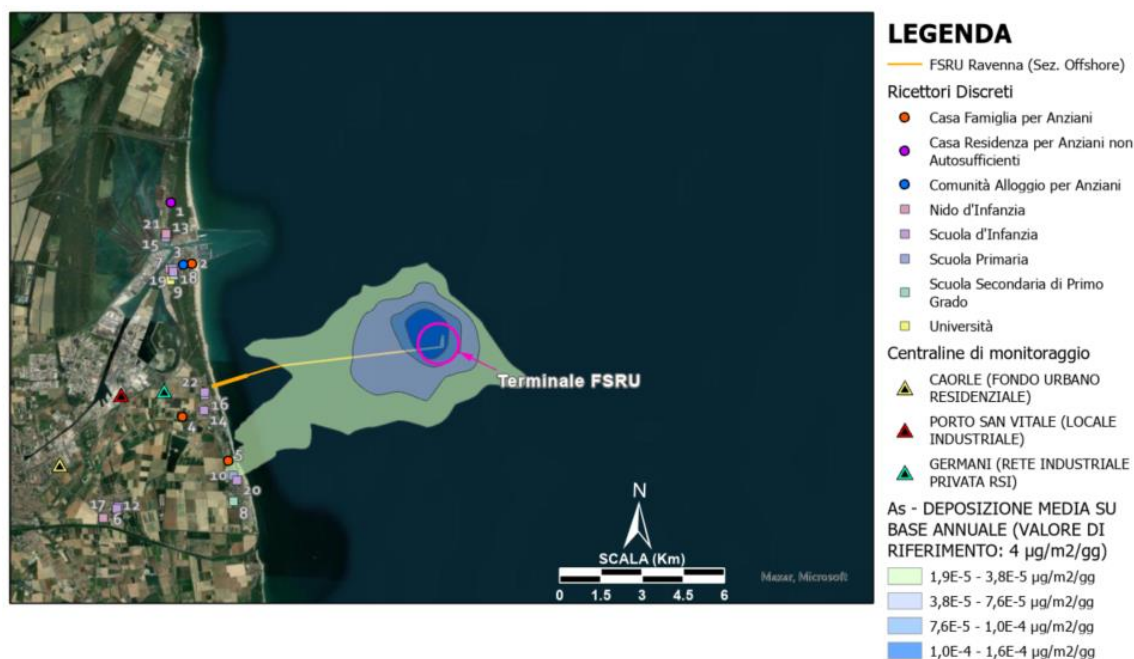


Figura 5-21: Scenario Medio Annuo – Deposizione media su base annuale di As (Valore di Riferimento: 4 µg/m²/gg)

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITA'		NQ/R22199	
	RAVENNA (RA)		REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO		Pag. 71 di 76	Rev. 0
	FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti			

Rif. RINA: P0037820-3-H2

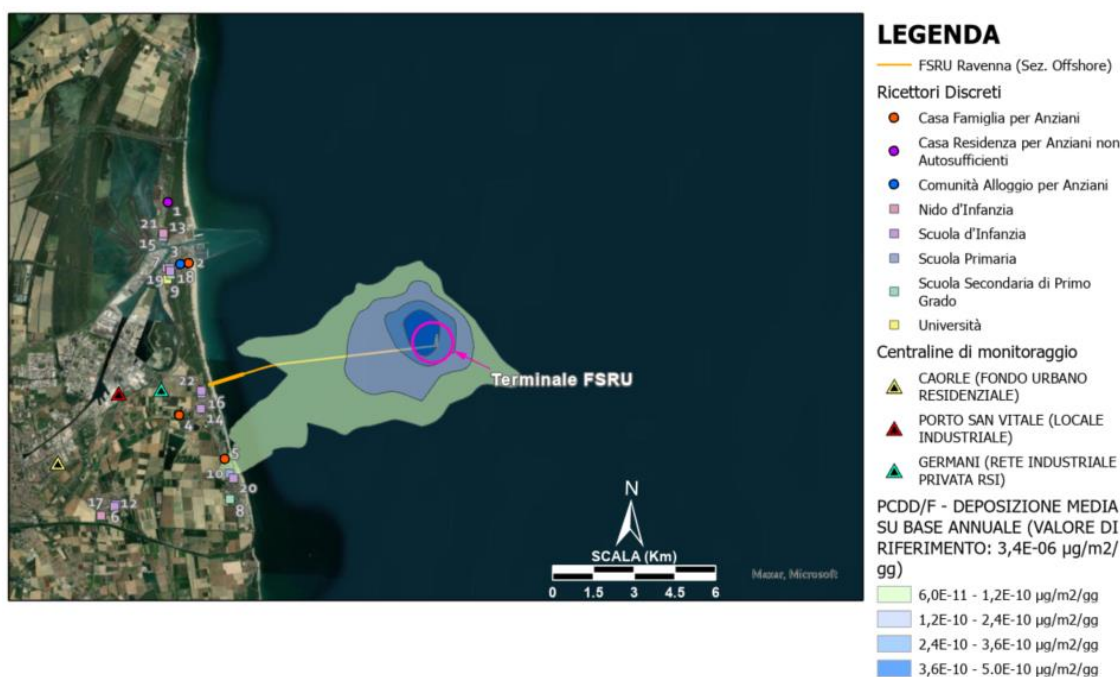


Figura 5-22: Scenario Medio Annuo – Deposizione media su base annuale di PCDD/F (Valore di Riferimento: $3,4 \cdot 10^{-6} \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{gg}$)

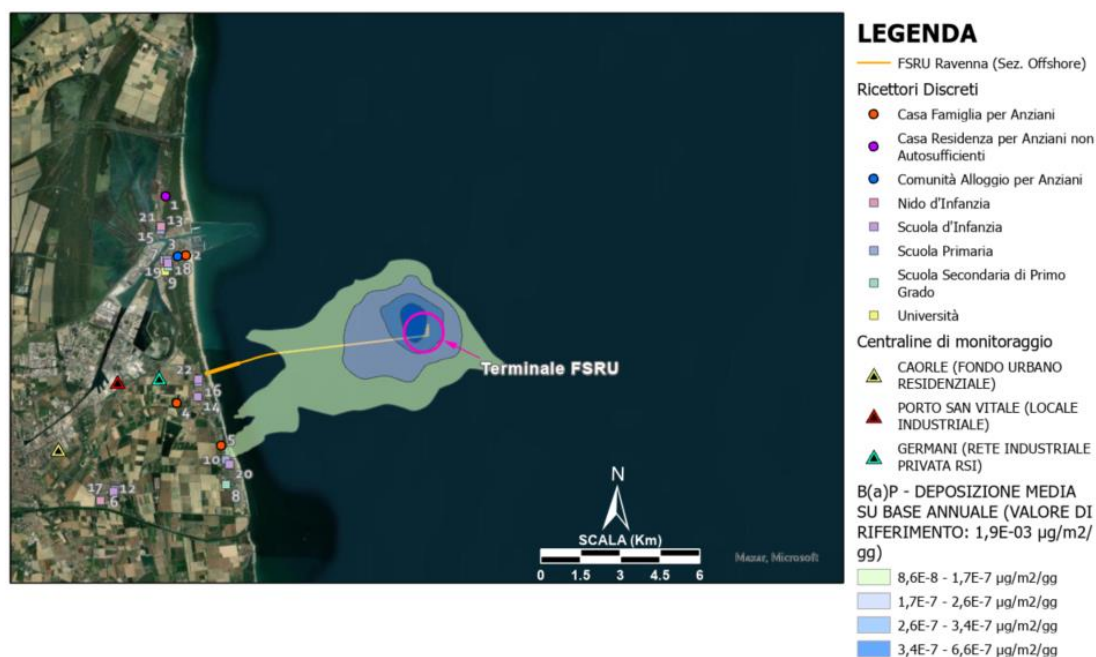


Figura 5-23: Scenario Medio Annuo – Deposizione media su base annuale di B(a)P (Valore di Riferimento: $1,9 \cdot 10^{-3} \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{gg}$)

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 72 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

Quanto sopra indicato porta, pertanto, a ritenere sostanzialmente trascurabile il contributo dell'iniziativa per NMVOC, Metalli, IPA e PCDD/F, sia in termini di concentrazioni in atmosfera che per quanto relativo alle deposizioni al suolo.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 73 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

6 CONCLUSIONI

Il presente studio ha come obiettivo la valutazione degli impatti sulla qualità dell'aria relativi all'installazione di una nuova caldaia per il riscaldamento dell'acqua di mare coinvolta nel processo di rigassificazione a bordo della FSRU.

Sono stati considerati inoltre degli affinamenti relativi alla durata e all'ubicazione temporale delle fasi di manovra delle metaniere rispetto alle assunzioni effettuate nel precedente studio, emersi a seguito delle simulazioni di manovra nautiche eseguite presso il Centro di Tecnica Navale Cetena di Genova nelle giornate del 5-6 Settembre 2023. Nello specifico, è stata considerata l'esecuzione delle manovre delle metaniere in avvicinamento/allontanamento rispetto alla FSRU in orario diurno anziché notturno, con un parziale incremento nella durata delle operazioni di manovra (circa 4 ore per le operazioni di avvicinamento più ormeggio, rispetto alle 2 ore precedentemente considerate).

Ai fini delle valutazioni modellistiche sono state considerate le emissioni di No. 2 motori a combustione interna alimentati a gas per la produzione di energia della FSRU e le emissioni del traffico navale delle metaniere per il trasporto del GNL, unitamente a quelle di No. 4 rimorchiatori a supporto delle attività di manovra in prossimità della piattaforma Petra, rappresentanti le sorgenti emissive associate alla fase di esercizio dell'iniziativa in esame. È stato inoltre considerato il funzionamento di un modulo caldaia da circa 55 MW termici alimentata a gas naturale, al fine di consentire, nei periodi in cui l'acqua di mare sarà ad una temperatura inferiore ai 14 °C, l'innalzamento della temperatura a quella di progetto del sistema di rigassificazione così da garantirne le prestazioni previste.

Gli inquinanti considerati sono stati scelti in base alle caratteristiche di emissione delle sorgenti, con particolare attenzione alla valutazione delle ricadute di NO_x, Polveri (PM10 e PM2,5), SO₂, CO, NMVOC, Metalli, IPA e PCDD/F.

Per il calcolo previsionale sono stati definiti due scenari di cui il primo necessario per la valutazione delle massime ricadute orarie e giornaliere, mentre il secondo destinato alla valutazione del rispetto dei limiti annuali. L'obiettivo di entrambi gli scenari è quello di simulare le condizioni di esercizio del progetto con un approccio conservativo, al fine di consentire una valutazione dell'entità delle ricadute di inquinanti associate alle emissioni progettuali con riferimento ai valori limite stabiliti dalla normativa vigente in materia di qualità dell'aria.

È stato inoltre fornito il dettaglio delle ricadute attese in corrispondenza di specifici ricettori discreti ubicati nell'area costiera del Comune di Ravenna (strutture scolastiche, asili nido, strutture per anziani e centraline di monitoraggio della qualità dell'aria).

Dai risultati illustrati nella precedente Sezione 5 per NO_x, Polveri (PM10 e PM2,5) e SO₂, si evince che:

- ✓ per quanto concerne le ricadute medie annue di NO_x ed SO₂ e le ricadute medie annue e giornaliere di Polveri (90,4° percentile e 99° percentile per il PM10, 99° percentile per il PM2,5) le attività previste in fase di esercizio avranno degli impatti minimi / trascurabili;

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 74 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

- ✓ le ricadute medie giornaliere di NO_x e SO₂ (valutare con riferimento allo scenario massimo) in corrispondenza dei potenziali ricettori sulla terraferma saranno molto contenute, con concentrazioni nel punto di massima ricaduta al suolo:
 - pari a circa 1/4 del valore di 25 µg/m³ suggerito dall'OMS per il 99° percentile delle ricadute medie giornaliere di NO₂,
 - pari a circa 1/6 del valore di 40 µg/m³ suggerito dall'OMS per il 99° percentile delle ricadute medie giornaliere di SO₂,
 - pari a circa 1/15 del valore limite ex D.Lgs. 155/2010 di 125 µg/m³ con riferimento al 99,2° percentile delle ricadute medie giornaliere di SO₂;
- ✓ le massime ricadute orarie di NO_x (99,8° percentile) e di SO₂ (valutate con riferimento allo scenario massimo) in corrispondenza dei potenziali ricettori sulla terraferma saranno modeste, con ricadute leggermente superiori a 30 µg/m³ (1/6 del valore limite di 200 µg/m³ per gli NO_x e circa 1/10 del valore limite di 350 µg/m³ per l'SO₂) in corrispondenza di una limitata porzione di costa, con i valori in corrispondenza dei ricettori discreti e delle centraline di qualità dell'aria che risultano ulteriormente inferiori.

Quanto discusso nel Paragrafo 5.5 porta, inoltre, a ritenere sostanzialmente trascurabile il contributo dell'iniziativa per NMVOC, Metalli, IPA e PCDD/F, sia in termini di concentrazioni in atmosfera che per quanto relativo alle deposizioni al suolo, con valori sempre pari a diversi ordini di grandezza inferiori ai diversi valori limite, obiettivo e di riferimento desumibili dalla normativa vigente e da altre fonti di letteratura come discusso nel suddetto paragrafo.

Si ricorda comunque che lo scenario massimo simulato è estremamente conservativo e non corrisponde a uno scenario reale di funzionamento, bensì è stato ottenuto considerando il verificarsi della condizione emissiva più impattante (sovrapposizione delle emissioni generate dai motori della FSRU alle attività della metaniera e dei 4 rimorchiatori) per 365 giorni l'anno, al fine di simulare lo svolgimento delle operazioni delle metaniere in concomitanza con le condizioni meteorologiche più gravose dal punto di vista della dispersione degli inquinanti emessi.

Nella realtà dei fatti, è previsto indicativamente l'approdo di una metaniera circa ogni 5/7 giorni (considerando un massimo di circa 73 allibi all'anno), con relativo supporto dei rimorchiatori, con i rimorchiatori che opereranno solo per 6 ore al giorno in concomitanza con la presenza delle metaniere. È quindi lecito ritenere estremamente improbabile che tali attività avvengano esattamente in concomitanza col verificarsi delle 18 ore peggiori dal punto di vista della dispersione degli inquinanti (i.e. le condizioni meteorologiche associate al concetto di 99,8° percentile) o comunque in orari tali da determinare una reale interferenza con i ricettori potenzialmente esposti.

Inoltre, si è ipotizzato conservativamente il funzionamento in continuo al 100% del carico del sistema di riscaldamento dell'acqua di mare nei mesi da Ottobre ad Aprile, quando in realtà questo sarà in funzione solamente nei periodi in cui la temperatura dell'acqua di mare dovesse scendere al di sotto dei 14°C.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 75 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

Si ricorda inoltre che un'altra ipotesi cautelativa, adottata esclusivamente ai fini delle valutazioni modellistiche, è l'adozione di un rapporto pari a 1 tra i quantitativi di NO_x emessi e le relative ricadute al suolo di NO₂.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09087	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 76 di 76	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-3-H2

REFERENZE

ARPA Emilia-Romagna (ARPAE), 2023, "Rapporto sulla qualità dell'aria della Provincia di Ravenna - Anno 2022" (edizione Giugno 2023).

"An Overview: Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Emissions from the Stationary and Mobile Sources and in the Ambient Air", Cheruyiot et al., Aerosol and Air Quality Research, 15: 2730–2762, 2015.

"Analysis of Commercial Marine Vessels Emissions and Fuel Consumption Data", United States Environmental Protection Agency, EPA420-R-00-002, Febbraio 2000.

"EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 – International maritime navigation, international inland navigation, national navigation (shipping), national fishing, military (shipping), and recreational boats – Last Update December 2021", De Lauretis, Ntziachristos, Trozzi et al., Dicembre 2021.

"Guidance for Calculating Benzo(a)pyrene Equivalents for Cancer Evaluations of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons", Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service (ATDSR), Aprile 2022.

"Do 16 Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Represent PAH air toxicity?", Samburova V., Zielinska B., Khlystov A. - Desert Research Institute, Division of Atmospheric Sciences, 2215 Raggio Parkway, Reno, NV 89512, USA, Agosto 2017.