

FIUMICINO  
WATERFRONT

SOGGETTO ESECUTORE E FINANZIATORE



CITTÀ DI  
FIUMICINO

SOGGETTO PROPONENTE ED ATTUATORE



**RINA CONSULTING S.P.A.**

Via Antonio Cecchi 6, 16129 Genova

tel +39 010 31961

www.rina.org

Registro imprese di Genova: 03476550102

Partita IVA: 03476550102



**Atelier(s) Alfonso Femia s.r.l.**

Via Interiano 3/11, 16124 Genoa

tel. +39 010.540095 fax 010.5702094

Via Cadolini 32/38, 20137 Milan

tel. +39 02.54019701 fax 010.54115512

55 rue des petites écuries, 75010 Paris

tel +331.42462894

genova@atelierfemia.com - www.atelierfemia.com

Registro imprese di Genova: 01601780990

Partita IVA: 01601780990



RESPONSABILE COORDINAMENTO  
DELLE DISCIPLINE SPECIALISTICHE

Ing. **ALESSANDRO ODASSO**

Direttore Tecnico - Rina Consulting S.p.A.

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

Arch. Alfonso FEMIA - Architettura e Landscape

Ing. Marco COMPAGNINO - Studio di impatto ambientale

Dott. Sandro LORENZATTI - Archeologia

Ing. Michele DI LAZZARO - Studio Idraulico e idrologico

Arch. Riccardo COCCIA - Prevenzione incendi

Ing. Alessandro VITA - Studio Geotecnico

Dott. Geol. Roberto SALUCCI - Geologia

Ing. Federico BARABINO - Sicurezza

Dott. Geol. Paolo RAVASCHIO - Rilievi e indagini

Ing. Flavio MARANGON - Studio trasportistico

Ing. Bruno RAMPINELLI ROTA - Compatibilità vincoli aeronautici

COORDINAMENTO DELLA PROGETTAZIONE

Ing. Marino BALZARINI - Project Management Consultancy

Arch. Paola DEL BIANCO - Project Manager Deputy

Ing. Alessandro PIAZZA - Coordinamento Opere Civili

Ing. Damiano SCARCELLA - Coordinamento Opere Marittime

Arch. Sara GOTTARDO - Coordinamento Architettura e Landscape

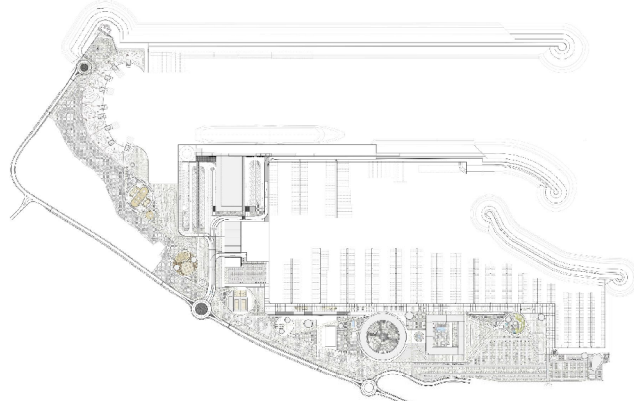
UNITÀ DI PROGETTO

Ing. Massimo GUIDI - Dirigente Comune di Fiumicino

## PORTO TURISTICO-CROCIERISTICO DI FIUMICINO ISOLA SACRA

CUP:F1122000320007

### PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA



00\_INQUADRAMENTO GENERALE

AMBIENTE E PAESAGGIO

STUDIO MODELLISTICO DI QUALITÀ DELL'ARIA

COMMESSA	SERVIZIO LOTTO	OPERA	DISCIPLINA	TIPO	PROG.	REV.	SCALA
P0031150	D0	MP00	AM	REL	17	00	-

REV.	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	DATA
00	Emissione per approvazione	RINA Consulting S.p.A.	M. FLORIO	M. COMPAGNINO	Luglio 2023
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-

NOME FILE: P0031150-D-0-MP00-AM-REL-17\_00

## INDICE

	<b>Pag.</b>
<b>LISTA DI APPENDICI</b>	<b>2</b>
<b>LISTA DELLE TABELLE</b>	<b>3</b>
<b>LISTA DELLE FIGURE</b>	<b>4</b>
<b>ABBREVIAZIONI E ACRONIMI</b>	<b>5</b>
<b>1 PRESENTAZIONE DELL'INIZATIVA</b>	<b>6</b>
1.1 BREVE DESCRIZIONE DELLE OPERE	6
1.2 CONTESTO NORMATIVO DI RIFERIMENTO	8
<b>2 SCOPO DEL LAVORO</b>	<b>10</b>
<b>3 APPROCCIO METODOLOGICO E ANALISI DELLE EMISSIONI</b>	<b>11</b>
3.1 ANALISI DEI FATTORI EMISSIVI IN FASE DI CANTIERE E DI ESERCIZIO	11
3.2 ANALISI DELLE EMISSIONI IN FASE DI CANTIERE	12
3.2.1 Mezzi di cantiere terrestri	13
3.2.2 Mezzi di cantiere marittimi	20
3.2.3 Traffico associato ai lavoratori	25
3.3 ANALISI DELLE EMISSIONI IN FASE DI ESERCIZIO	28
3.3.1 Mezzi marittimi	28
3.3.2 Traffico	36
<b>4 MODELLI DI CALCOLO</b>	<b>41</b>
4.1 CALMET	41
4.2 CALPUFF	42
4.3 CALPOST	43
<b>5 RICOSTRUZIONE DEL CAMPO DI VENTO</b>	<b>44</b>
5.1 DOMINI DI CALCOLO	44
5.2 OROGRAFIA E USO DEL SUOLO	44
5.3 DATI METEOROLOGICI	48
5.4 SCELTA DELL'ANNO RAPPRESENTATIVO	51
5.5 RISULTATI	51
<b>6 ANALISI DI DISPERSIONE INQUINANTI</b>	<b>53</b>
6.1 ASSUNZIONI MODELLISTICHE	53
6.2 LIMITI DI RIFERIMENTO	53
6.3 RICETTORI	53
6.4 FASE DI CANTIERE: RISULTATI	57
6.4.1 SO <sub>x</sub>	60
6.4.2 NO <sub>x</sub>	61
6.4.3 PM <sub>10</sub>	61
6.4.4 CO	61
6.5 FASE DI ESERCIZIO: RISULTATI	70
6.5.1 SO <sub>x</sub>	73
6.5.2 NO <sub>x</sub>	74
6.5.3 PM <sub>10</sub>	74
6.5.4 CO	74
<b>7 CONCLUSIONI</b>	<b>83</b>
<b>REFERENZE</b>	<b>84</b>
<b>SITOGRAFIA CONSULTATA</b>	<b>84</b>

## LISTA DI APPENDICI

Appendice A: Caratterizzazione Anemologica e Meteorologica

## LISTA DELLE TABELLE

Tabella 3.1: Fattori emissivi dei mezzi di cantiere.	15
Tabella 3.2: Emissioni orarie complessive dei mezzi di cantiere – Opere a terra.	15
Tabella 3.3: Emissioni orarie dei mezzi di cantiere – Opere a mare, relative ai tre moli.	15
Tabella 3.4: Caratterizzazione delle sorgenti dei mezzi di cantiere terrestri.	16
Tabella 3.5: Parametri caratteristici per PM10.	16
Tabella 3.6: Dimensioni delle sorgenti areali	18
Tabella 3.7: Emissione di inquinanti da traffico di camion	20
Tabella 3.8: Caratterizzazione del traffico di camion	20
Tabella 3.9: Dimensione delle sorgenti areali associate ai mezzi di cantiere navali	21
Tabella 3.10: Emission Factors per motori a Marine Diesel Oil in fase di manovraggio	22
Tabella 3.11: Parametri di funzionamento della draga	22
Tabella 3.12: Emissioni orarie di 1 draga	23
Tabella 3.13: Caratterizzazione della draga	23
Tabella 3.14: Parametri di funzionamento della bettolina.	24
Tabella 3.15: Emissioni orarie di 1 bettolina	24
Tabella 3.16: Caratterizzazione della bettolina	24
Tabella 3.17: Parametri di funzionamento dei motopontoni.	25
Tabella 3.18: Emissioni orarie di 4 motopontoni	25
Tabella 3.19: Caratterizzazione del motopontone	25
Tabella 3.20: Composizione % del parco mezzi circolante in Italia, anno 2021.	26
Tabella 3.21: Fattori emissivi per categoria di veicoli.	26
Tabella 3.22: Emissioni lineari di un autoveicolo caratteristico del parco mezzi italiano	27
Tabella 3.23: Caratterizzazione del traffico di autoveicoli.	28
Tabella 3.24: Emission Factors per motori a Marine Diesel Oil in fase di manovra	29
Tabella 3.25: Funzionamento della crociera durante le fasi di ingresso e di uscita dal porto.	29
Tabella 3.26: Emissioni assolute della crociera "Oasis of the Sea" nelle singole fasi	30
Tabella 3.27: Caratteristiche geometriche della sorgente.	30
Tabella 3.28: Caratteristiche geometriche della sorgente.	30
Tabella 3.29: Caratteristiche geometriche della sorgente.	31
Tabella 3.30: Fattori emissivi ed emissioni orarie di imbarcazioni da diporto e yacht	32
Tabella 3.31: Parametri di funzionamento delle imbarcazioni da diporto – yacht.	32
Tabella 3.32: Emissioni di inquinanti relative a 1 yacht delle taglie presentate	33
Tabella 3.33: Caratteristiche geometriche della sorgente.	34
Tabella 3.34: Parametri di funzionamento delle imbarcazioni da diporto.	34
Tabella 3.35: Emissioni di inquinanti relative a 1 imbarcazione da diporto.	35
Tabella 3.36: Caratteristiche geometriche della sorgente.	35
Tabella 3.37: Traffico associato alla presenza della crociera e alla yacht marina, nei diversi periodi dell'anno. 38	
Tabella 3.38: Traffico in assenza di crociera in porto, nei diversi periodi dell'anno.	39
Tabella 3.39: Emissione di inquinanti da traffico di camion	40
Tabella 3.40: Caratterizzazione del traffico di camion	40
Tabella 5.1: Coordinate delle centraline impiegate	50
Tabella 6.1. Limiti normativi considerati per gli inquinanti emessi (Allegato XI al D.Lgs. 155/2020)	53
Tabella 6.2: Elenco dei ricettori discreti	55
Tabella 6.3: Concentrazioni massime rilevate dovute alle emissioni dalle attività in fase di cantiere	57
Tabella 6.4: Concentrazioni di inquinanti sui recettori sensibili, fase di cantiere.	58



Tabella 6.5:	Valori delle concentrazioni medie annue in corrispondenza delle centraline di monitoraggio di qualità dell'aria ARPAL, fase di cantiere.	60
Tabella 6.6:	Concentrazioni massime rilevate dovute alle emissioni in fase di esercizio	70
Tabella 6.7:	Concentrazioni di inquinanti sui recettori sensibili, fase di esercizio	71
Tabella 6.8:	Valori delle concentrazioni medie annue in corrispondenza delle centraline di monitoraggio di qualità dell'aria ARPAL, fase di esercizio.	73

## LISTA DELLE FIGURE

Figura 1.1:	Inquadramento area di Progetto	7
Figura 3.1:	Sorgenti areali relative ai mezzi di cantiere terrestri (rosso e arancione)	18
Figura 3.2:	Viabilità percorsa dai camion.	19
Figura 3.4:	Sorgenti areali relative ai mezzi di cantiere a mare	21
Figura 3.4:	Scansione temporale del traffico associato alla presenza della nave da crociera, caso con passeggeri "turnaround".	36
Figura 5.1:	Dominii meteorologico e computazionale	44
Figura 5.2:	Visualizzazione dei dati GeoTIFF disponibili dal database SRTM <sup>3</sup>	45
Figura 5.3:	Visualizzazione dei dati di land cover disponibili dal database CLC	46
Figura 5.4:	Dominio CALMET: griglia di elevazione (orografia)	47
Figura 5.5:	Dominio CALMET: griglia di uso del suolo	47
Figura 5.6:	Dominio CALMET per l'area ove insiste l'area di progetto: centraline superficiali (SURF). Le centraline in quota (UP) coincidono con le centraline superficiali.	49
Figura 5.7:	Dominio CALMET per l'area ove insiste l'area di progetto: centraline a mare (SEA).	49
Figura 5.8:	Rose dei venti mensili presso il punto di coordinate UTM 33 N = 271352 m, Y = 4625675 m	52
Figura 6.1:	Ricettori a passo variabile nei dintorni del porto di Fiumicino	54
Figura 6.2:	Ricettori discreti localizzati negli abitati di Fiumicino e Ostia	56
Figura 6.3:	SO <sub>x</sub> – 99.7° percentile su base oraria [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ], fase di cantiere.	62
Figura 6.4:	SO <sub>x</sub> – 99.2° percentile su base giornaliera [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ], fase di cantiere.	63
Figura 6.5:	SO <sub>x</sub> – concentrazioni medie su base annuale [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ], fase di cantiere.	64
Figura 6.6:	NO <sub>x</sub> – 99.8° percentile su base oraria [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ], fase di cantiere.	65
Figura 6.7:	NO <sub>x</sub> – concentrazioni medie su base annuale [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ], fase di cantiere.	66
Figura 6.8:	PM <sub>10</sub> – 90.4° percentile su base giornaliera [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ], fase di cantiere.	67
Figura 6.9:	PM <sub>10</sub> – concentrazioni medie su base annuale [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ], fase di cantiere.	68
Figura 6.10:	CO – concentrazioni massime su base 8 ore [ $\text{mg}/\text{m}^3$ ], fase di cantiere	69
Figura 6.11:	SO <sub>x</sub> – 99.7° percentile su base oraria [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ], fase di esercizio.	75
Figura 6.12:	SO <sub>x</sub> – 99.2° percentile su base giornaliera [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ], fase di esercizio.	76
Figura 6.13:	SO <sub>x</sub> – concentrazioni medie su base annuale [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ], fase di esercizio.	77
Figura 6.14:	NO <sub>x</sub> – 99.8° percentile su base oraria [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ], fase di esercizio.	78
Figura 6.15:	NO <sub>x</sub> – concentrazioni medie su base annuale [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ], fase di esercizio.	79
Figura 6.16:	PM <sub>10</sub> – 90.4° percentile su base giornaliera [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ], fase di esercizio.	80
Figura 6.17:	PM <sub>10</sub> – concentrazioni medie su base annuale [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ], fase di esercizio.	81
Figura 6.18:	CO – concentrazioni massime su base 8 ore [ $\text{mg}/\text{m}^3$ ], fase di esercizio	82

## ABBREVIAZIONI E ACRONIMI

<b>CLC</b>	Corine Land Cover
<b>CO</b>	Monossido di carbonio
<b>Comune</b>	Comune di Fiumicino
<b>DEM</b>	Digital Elevation Model
<b>ECMWF</b>	European Centre for Medium-Range Weather Forecasts
<b>ERA5</b>	ECMWF Reanalysis v5
<b>FW</b>	Fiumicino Waterfront
<b>GSHHS</b>	Global Self-consistent, Hierarchical, High-resolution Database
<b>iCON</b>	iCON Infrastructure LLP
<b>IP</b>	Iniziative Portuali S.p.a.
<b>MATTM</b>	Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (attualmente MASE)
<b>MITE</b>	Ministero della Transizione Ecologica (attualmente MASE)
<b>MASE</b>	Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica
<b>MIBACT</b>	Ministero per i beni e le attività culturali e per il turismo (attualmente MiC)
<b>MiC</b>	Ministero della Cultura
<b>NOAA</b>	National Oceanic and Atmospheric Administration
<b>NOx</b>	Ossidi di azoto
<b>PM10</b>	Particulate Matter - polveri sottili (< 10 µm)
<b>RCG</b>	Royal Caribbean Group srl
<b>SOx</b>	Ossidi di zolfo
<b>SRTM</b>	Shuttle Radar Topography Mission
<b>UE</b>	Unione Europea
<b>USD</b>	Dollaro statunitense
<b>USGS</b>	United States Geological Survey

## 1 PRESENTAZIONE DELL'INIZIATIVA

Lo sviluppo del **Porto turistico di Fiumicino Isola Sacra**, atto a ottimizzare e potenziare il Sistema Portuale Laziale, è un'iniziativa concepita nell'ultimo decennio degli anni Novanta e i cui lavori sono stati avviati nel 2010 e successivamente interrotti a causa del fallimento del Concessionario, la società Iniziative Portuali S.p.a. (IP). Ad oggi risulta realizzata solo una parte della diga foranea, senza che siano state realizzate né la marina, né le opere necessarie all'urbanizzazione dell'area in concessione, con un mancato raggiungimento degli standard urbanistici e senza la realizzazione delle richieste previste a servizio di Isola Sacra, lasciando anzi le aree di progetto in un generale stato di degrado.

Il progetto come originariamente concepito, risulta ormai presso modo incompatibile con gli attuali sviluppi del mercato, politiche di sostenibilità e funzioni territoriali. Conseguentemente, tramite una sistematica rivisitazione dei profili di sostenibilità ambientale e di integrazione nel contesto, anche a seguito di approfondite interazioni con le Amministrazioni competenti, la presente iniziativa, ha lo scopo di rinnovare ed aggiornare il Progetto e in particolare di:

- ✓ stimolare uno sviluppo sostenibile dell'area portuale;
- ✓ allineare la capacità dell'iniziativa alle odierne e previste condizioni del mercato nautico e di quello immobiliare;
- ✓ ripristinare le aree degradate tramite la realizzazione di aree verdi e di interventi di rinaturalizzazione, con conseguente miglioramento della qualità ambientale e paesistica;
- ✓ riqualificare le funzioni sociali dell'area inserendo un elemento di attrattività e di qualità sia per gli utenti, che per gli abitanti dell'area.

L'iniziativa si basa quindi sull'opportunità individuata dal Royal Caribbean Group s.r.l. (RCG) di introdurre una funzione crocieristica all'interno del Porto di Fiumicino Isola Sacra come variante al progetto del già approvato (Progetto IP2009), mantenendo prevalente la funzione di porto turistico, riducendo contemporaneamente la superficie edilizia a vantaggio di una più estesa fruibilità pubblica dell'area concessa.

Considerate le evidenti potenzialità dell'iniziativa presentata, il fondo *iCON Infrastructure LLP* (iCON, specializzato in investimenti azionari a lungo termine in attività infrastrutturali private in Europa e Nord America con una raccolta di 3,6 miliardi di USD) e *Royal Caribbean Group* (RCG, secondo gruppo crocieristico mondiale con base a Miami, US) hanno costituito la *Fiumicino Waterfront s.r.l. (FW)* ed attraverso di essa, in qualità di nuovo concessionario subentrato ad IP, si sono impegnati alla realizzazione dell'opera e al suo aggiornamento in termini di fruibilità e sostenibilità in un quadro di rinnovata compatibilità finanziaria.

Nel seguito, si riporta una breve descrizione dell'iniziativa, la presentazione del Proponente, le motivazioni dell'opera e il contesto normativo di riferimento.

### 1.1 BREVE DESCRIZIONE DELLE OPERE

L'area è ubicata al margine Sud-occidentale dell'Isola Sacra, un'isola di circa 12 km<sup>2</sup> sorta presso la foce del Tevere, che si è andata formandosi artificialmente per l'allungamento della Fossa Traiana (oggi Canale di Fiumicino), di collegamento tra il fiume e l'antico porto Imperiale di Traiano.



Figura 1.1: Inquadramento area di Progetto

Il porto turistico-crociéristico di Fiumicino Isola Sacra andrà ad integrare la capacità complessiva del Sistema Portuale Laziale, che ad oggi e ancor di più in considerazione dell'attesa evoluzione del volume-passeggeri, sconta un ritardo quali-quantitativo di offerta rispetto ai concorrenti del Mediterraneo occidentale; analogamente, l'ampia offerta di approdi per Mega Yachts risponde ad una domanda che mostra segni di grande vitalità e presenta un alto grado di sinergia e compatibilità con la nuova funzione crocieristica; la marina infine conferma la sua capacità per circa mille imbarcazioni da diporto a fronte di una drastica riduzione delle cubature per residenza e servizi, sostituite da un'infrastruttura verde estesa su 150,000 mq.

La realizzazione dell'intervento, prima con le opere funzionali al Giubileo 2025 e poi con i suoi stralci successivi fino al completamento nel 2035 che ne suggerirà la vocazione a destinazione di prestigio, permetteranno di recuperare e di restituire all'uso pubblico un'area attualmente degradata, sulla quale si estenderà un grande parco urbano lineare di circa 150,000 mq, al tempo stesso spina dorsale del progetto e confine denso, naturale e permeabile, che agisce da filtro nel passaggio dalla città al mare.

- ✓ Il parco, punteggiato di servizi che ne supportano la fruibilità, accompagnerà e metterà in connessione senza soluzione di continuità la rinnovata area sud, ricca di identità culturale (il Vecchio Faro, i Bilancioni), e l'area nord, più legata al tessuto urbano contemporaneo della città di Fiumicino, passando per il centro infrastrutturale del porto, dedicato alla crocieristica e ai cantieri nautici, e per quello turistico-ricreativo, caratterizzato da spazi per eventi all'aperto, dall'edificio circolare dove sono stati concentrati i servizi alla marina, e l'hotel/aparthotel, per terminare con un'area parcheggio inserita nel verde e con gli spazi vocati alla nautica sociale e alla scuola velica.

Il **porto turistico**, improntato a principi di ecosostenibilità e integrazione con il territorio, concorre a qualificare la rete del diportismo nazionale. La struttura offrirà un ormeggio stanziale e stagionale, servizi di cantieristica, di sorveglianza, di connessione in rete, di banchine attrezzate per l'accoglienza e l'assistenza al cliente tutto l'anno. La struttura amplia la sua offerta ad utenti di una tipologia di imbarcazione medio-alta. Infatti, dei 1200 posti barca previsti almeno il 10% saranno rivolti a imbarcazioni superiori ai 40 m e con lunghezza fino a 110 m (super, mega

e giga yacht). Il **cantiere navale** costituirà uno dei tratti essenziali dell'identità del porto, in grado di garantire tanto assistenza "a secco" (per imbarcazioni fino a 40m), quanto "a bordo".

L'esistente porticciolo in subconcessione verrà spostato nell'area nord del porto, dove sorgerà anche la scuola velica. Il **vecchio faro** sarà ristrutturato e messo a disposizione del Comune di Fiumicino come area espositiva, i **bilancioni** verranno rivisitati mantenendone la peculiare tipologia architettonica e convertiti in spazi ricreativi, associativi e di ristorazione.

I volumi edilizi sono ora costituiti da un **hotel** da 250 stanze con aparthotel per soggiorni di maggiore durata e dagli edifici di servizio alla marina e alla crocieristica, ai quali si aggiungono una grande piazza pubblica coperta, luogo di ritrovo, spazio per eventi o mercato cittadino ed un'area a verde destinata a **parco pubblico** pari a 150,000 mq, disseminata di aree e edifici minori attrezzati per lo sport e attività ricreative intergenerazionali, ristoro e vita associativa (community hubs). E' stata invece del tutto rimossa dal progetto la funzione residenziale, riducendo in modo sostanziale i volumi e la pressione urbanistica rispetto a quanto autorizzato per il progetto originale.

Via del Faro viene interamente adeguata e dotata di **parcheggi** pubblici nel tratto tra il faro e la Rotatoria Falcone, mentre ampie aree parcheggio sono previste nell'area in concessione, applicando un concetto *green* caratterizzato da superfici permeabili e alberature per ombreggiamento. Il drenaggio dell'area in concessione è improntato strettamente ai criteri dell'invarianza idraulica e del riuso. In generale, la progettazione è orientata alla conservazione delle risorse naturali attraverso strategie *net-carbon* e di **autosufficienza energetica** ed alla minimizzazione degli impatti residui. Oltre 12 milioni di euro sono previsti quale contributo speciale per interventi nell'area di Isola Sacra prevalentemente dedicati alla **viabilità**, da concordare con il Comune di Fiumicino in sede di *Convenzione Urbanistica*.

Per quanto riguarda il **settore crocieristico**, il progetto è altamente compatibile con il contesto attuale: il porto turistico-crocieristico di Fiumicino Isola Sacra, insieme al porto commerciale di Fiumicino Nord e a quello di Civitavecchia, può rappresentare un sistema di porti con offerta crocieristica complementari e non in competizione. Il fenomeno non è nuovo: in Liguria coesistono tre porti che offrono servizi crocieristici nell'arco di 150 km e con utenti che nelle previsioni per il 2024 si stanno riallineando al dato pre-covid del 2019. L'investimento prevede inoltre la realizzazione di un impianto di *shore-power* (o *cold ironing*) di ultima generazione che consente di spegnere i motori della nave ormeggiata, azzerandone le emissioni, contribuendo ad alimentare il traino vero la transizione ecologica del settore.

Le lavorazioni di realizzazione, saranno divise in lotti funzionali: il primo lotto di opere comprenderà la diga foranea (Molo Traiano), le parti funzionali del molo sottoflutto (Molo Adriano) e del molo di spina e di approdo crocieristico (Molo Claudio), le opere di dragaggio, colmata a terra e ripascimento (previsto a Fregene Nord, a completo carico del progetto e in aggiunta agli oneri di urbanizzazione), il risanamento del Vecchio Faro di Fiumicino e la realizzazione della parte meridionale del parco pubblico per circa un terzo del totale e delle principali opere di urbanizzazione.

La marina e la restante parte del parco e delle opere al servizio della cittadinanza, community hubs, servizi culturali, sportivi e ricreativi, verranno realizzati per stralci nei successivi 2 anni e 6 mesi, per essere completati con l'edificio servizi (Circular building) con il cantiere nautico entro ulteriori dodici mesi. Hotel e Banchina Megayacht verranno realizzati nel 2035, quando le attività portuali saranno adeguatamente avviate per offrire questo tipo di servizi, propri di un porto con adeguato standing internazionale.

## 1.2 CONTESTO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

Il progetto in studio ricade nella categoria dei progetti di competenza statale di cui **al punto 11 dell'Allegato II alla Parte Seconda del D.lgs. n. 152/06 e ss.mm.ii.** - ... porti con funzione turistica e da diporto quando lo specchio d'acqua è superiore a 10 ettari o le aree esterne interessate superano i 5 ettari oppure i moli sono di lunghezza superiore ai 500 metri. Terminali marittimi, da intendersi quali moli, pontili, boe galleggianti, isole a mare per il carico e lo scarico dei prodotti, collegati con la terraferma e l'esterno dei porti (esclusi gli attracchi per navi traghetto), che possono accogliere navi di stazza superiore a 1350 tonnellate, comprese le attrezzature e le opere funzionalmente connesse.

A conferma dell'importanza e della rilevanza strategica del progetto, a Giugno 2023, l'opera è stata ascrivita dal Governo Italiano come strategica per il *Giubileo 2025* nell'ambito di intervento "Accoglienza per i pellegrini e i visitatori" in ragione della sua funzione di ulteriore via di pellegrinaggio e "porta" di accesso a Roma, ed inserita con la denominazione *Porto turistico-crocieristico di Fiumicino Isola Sacra* nella relativa lista del *Dpcm 8 giugno 2023* come scheda n.146. Dunque, il *Progetto di Fattibilità Tecnico Economica (PFTE)* e *Studio di Impatto Ambientale (SIA)* del *Porto Turistico-Crocieristico di Fiumicino Isola Sacra*, relativi al nuovo assetto proposto per l'area in concessione verranno sottoposti a processo di approvazione secondo le procedure previste dal *Dpcm 8 giugno 2023*.



L'iter approvativo dell'opera sarà quindi svolto nell'alveo delle procedure speciali stabilite dal decreto, che risultano in un sostanziale contingentamento dei tempi per le procedure *VIA-VAS* e *Conferenza dei Servizi* per garantire l'esecuzione della stessa nei tempi necessari.

La *Conferenza dei Servizi* si svolgerà parallelamente alla procedura *VIA* e si chiuderà una volta recepito il parere *VIA/VAS*, determinando le condizioni per la stipula con il Comune di Fiumicino e con la Regione Lazio degli aggiornamenti di *Accordo di Programma* (con contestuale approvazione della relativa *Variante al PRG* del Comune di Fiumicino), *Convenzione Urbanistica* (per l'aggiornamento degli impegni del concessionario riguardo agli oneri urbanistici ed alle opere necessarie sul territorio) e *Concessione Demaniale Marittima*.

All'interno della procedura, il *Comune di Fiumicino* svolge il ruolo di soggetto "proponente" ed "attuatore", mentre *Fiumicino Waterfront* quello di soggetto "esecutore" e "finanziatore".

## 2 SCOPO DEL LAVORO

Il presente elaborato costituisce lo Studio modellistico di qualità dell'aria nell'ambito dello Studio di Impatto Ambientale per il "porto turistico-crocieristico di Fiumicino Isola Sacra" e si riferisce all'intervento di costruzione di un porto con funzione di approdo crocieristico e diportistico.

Tale studio descrive l'analisi delle interazioni tra l'intervento in progetto e la componente Stato della qualità dell'aria, sia in fase di cantiere sia in fase di esercizio.

L'area è ubicata al margine Sud-occidentale dell'Isola Sacra, un'area di circa 12 km<sup>2</sup> sorta presso la foce del Tevere, che si è andata formandosi artificialmente per l'allungamento della Fossa Traiana (oggi Canale di Fiumicino), di collegamento tra il fiume e l'antico porto Imperiale di Traiano.

Nel presente studio, per la fase di cantiere sono state valutate le emissioni di inquinanti gassosi in atmosfera emessi dai motori dei mezzi marini e terrestri, dai macchinari utilizzati nelle attività di costruzione e le emissioni di polveri dalle attività di transito dei mezzi.

Per la fase di esercizio sono state considerate le attività portuali che provocheranno emissioni di inquinanti gassosi in atmosfera, principalmente dai motori delle navi da crociera, dai motori degli eventuali mezzi navali di supporto, dai motori delle imbarcazioni da diporto e yacht e dal traffico terrestre indotto.

Ai fini della valutazione, sono state eseguite simulazioni di dispersione a lungo termine attraverso il sistema di modelli CALMET-CALPUFF, sulla base di un campo di vento 3D annuale, così da riprodurre le condizioni meteorologiche caratteristiche e rappresentative della zona di indagine e caratterizzare la dispersione degli inquinanti emessi in atmosfera. I risultati della dispersione a lungo termine sono stati poi confrontati con gli standard di qualità dell'aria previsti dalla normativa vigente.

### 3 APPROCCIO METODOLOGICO E ANALISI DELLE EMISSIONI

#### 3.1 ANALISI DEI FATTORI EMISSIVI IN FASE DI CANTIERE E DI ESERCIZIO

I potenziali effetti sulla qualità dell'aria connessi alle attività di realizzazione del porto turistico - crocieristico di Fiumicino – Isola Sacra sono stati valutati mediante l'applicazione di modellistica numerica. Tali impatti possono essere legati alle emissioni causate dalle seguenti attività:

- ✓ Transito e attività dei mezzi terrestri;
- ✓ Attività dei mezzi navali;
- ✓ Traffico veicolare;

In particolare, le potenziali emissioni in aria nella fase di cantiere sono riconducibili a:

- ✓ Motori delle imbarcazioni, come la draga, la bettolina e i motopontoni, coinvolte nell'attività di dragaggio e di distribuzione dei sedimenti per realizzare le colmate;
- ✓ Motori dei mezzi pesanti di cantiere impiegati per la realizzazione delle opere a terra del porto. Tali mezzi includono:
  - Escavatori;
  - Bulldozer;
  - Gru cingolate e gru fisse;
  - Pale gommate;
  - Autobetoniere;
  - Camion.
- ✓ Motori dei mezzi associati al traffico veicolare dei lavoratori impiegati nella fase di cantiere;
- ✓ Transito dei mezzi su trade non asfaltate.

Più nello specifico, in fase di cantiere, sono state considerate le emissioni causate da:

- ✓ Gas di scarico dai mezzi di cantiere, sia terrestri che marittimi.
- ✓ Gas di scarico dal traffico veicolare associato ai lavoratori che raggiungono il cantiere;
- ✓ Sospensione di polveri (principalmente PM<sub>10</sub>) causata dal transito dei mezzi di cantiere su strade non asfaltate.

Sono state impostate n. 3 simulazioni distinte in base al tipo di sorgenti attive:

- ✓ Una simulazione per definire le emissioni associate al traffico stradale dei camion di cantiere e dei lavoratori che si dirigono all'area di cantiere;
- ✓ Una per la caratterizzazione delle emissioni associate alle opere a terra, ossia la realizzazione delle aree di colmata, degli edifici e dei moli;
- ✓ Una per le opere a mare, associate alla realizzazione delle opere di dragaggio.

Relativamente alla fase di esercizio, i potenziali effetti sulla qualità dell'aria connessi all'esercizio del porto crocieristico di Fiumicino – Isola Sacra sono stati valutati mediante l'applicazione di modellistica numerica. Tali impatti possono essere legati alle emissioni causate dalle seguenti attività:

- ✓ Transito e attività delle imbarcazioni;
- ✓ Traffico veicolare.

In particolare, le potenziali emissioni in aria in fase di esercizio sono riconducibili a:

- ✓ Motori delle imbarcazioni, ossia la crociera, un rimorchiatore, gli yacht e le imbarcazioni da diporto che transitano dal porto durante la fase di esercizio;
- ✓ Motori dei mezzi associati al traffico veicolare di lavoratori, crocieristi, autobus e diportisti coinvolti;

Nello specifico, sono state considerate le emissioni causate da:

- ✓ Gas di scarico derivante dalla crociera;



- ✓ Gas di scarico derivante dalle imbarcazioni da diporto e dagli yacht in movimento nel porto;
- ✓ Gas di scarico dal traffico veicolare associato alla presenza dei passeggeri della crociera, dei lavoratori e degli utenti del porto.

Anche in questa fase sono state impostate n. 3 simulazioni distinte in base al tipo di sorgenti attive:

- ✓ Una simulazione per definire le emissioni associate al traffico stradale degli autobus e degli autoveicoli utilizzati per dirigersi al porto;
- ✓ Una per la caratterizzazione delle emissioni associate alle fasi di ingresso e uscita della crociera dal porto;
- ✓ Una per la caratterizzazione delle emissioni associate alla nautica da diporto e agli yacht.

I risultati delle simulazioni, nelle due fasi distinte, sono stati poi "sommati" tramite specifico strumento di CALPUFF.

Per la scelta dei dati di base utilizzati nelle simulazioni sono stati considerati i seguenti accorgimenti:

- ✓ impiego di dati meteorologici (in particolare anemometrici) e micrometeorologici adeguati a descrivere i flussi dalla sorgente alle aree/posizioni dei recettori, che tenessero conto dell'orografia e delle caratteristiche locali (si evidenzia anche la presenza della forzante data dall'interfaccia terra-mare a pochi chilometri dall'area di interesse);
- ✓ considerazione delle caratteristiche orografiche dell'area e delle quote altimetriche delle sorgenti e dei recettori, utilizzando la massima risoluzione spaziale possibile (compatibilmente con le potenzialità di calcolo e tempi di simulazione accettabili).

Sia per la fase cantiere, sia per l'esercizio, i risultati delle simulazioni sono stati valutati in corrispondenza dell'abitato di Fiumicino e di Ostia, ed in particolar modo presso i ricettori sensibili presenti in tali territori, in corrispondenza di ospedali, Residenze Sanitarie Assistite e scuole. Inoltre, i valori medi annui delle concentrazioni sono stati confrontati con i valori di concentrazione medie annue dei vari inquinanti rilevati dalle centraline di monitoraggio delle campagne eseguite da ARPA Lazio, pubblicate nel documento "Valutazione della qualità dell'aria della regione Lazio 2022". Le centraline di monitoraggio considerate sono entrambe localizzate nel territorio di Fiumicino.

Nei successivi paragrafi, si dettagliano i calcoli effettuati per la quantificazione delle emissioni polverulente diffuse e delle emissioni dei gas di scarico, suddivisi per ciascuna area e per tipologia di attività eseguita.

Sono stati valutati i seguenti inquinanti:

- ✓ NO<sub>x</sub>
- ✓ PM<sub>10</sub>
- ✓ CO
- ✓ SO<sub>x</sub>

Si è assunto che i macchinari siano pienamente efficienti e non ci siano dispersioni di altri inquinanti.

### 3.2 Analisi delle emissioni in fase di cantiere

Le emissioni in fase di cantiere sono ascrivibili a:

- ✓ emissione temporanea di polveri sospese (principalmente PM<sub>10</sub>) da transito dei mezzi di cantiere su strade non asfaltate;
- ✓ emissione temporanea di gas di scarico in atmosfera da parte dei mezzi a motore coinvolti nella realizzazione delle opere a mare e a terra;

La quantità e la tipologia di mezzi coinvolti variano nel corso dell'intera durata del cantiere, pertanto, per caratterizzare cautelativamente l'assetto, si è considerato lo scenario più conservativo, ossia quello corrispondente al primo ann (Fase 1A). Complessivamente, sono state considerate le emissioni causate da tre tipologie di sorgenti:

- ✓ Mezzi di cantiere terrestri;
- ✓ Mezzi di cantiere marittimi;
- ✓ Traffico veicolare associato ai lavoratori.

Poiché i mezzi di cantiere terrestri non saranno localizzati permanentemente in posizioni fisse, le emissioni relative all'operazione dei mezzi di cantiere sono state associate a sorgenti areali, perimetrate secondo le aree dove tali mezzi opereranno. Analoga considerazione è stata fatta per quanto riguarda i mezzi di cantiere marittimi,

individuando sorgenti areali in corrispondenza dei bacini Claudio e Traiano e del corridoio di accesso, ossia le aree che saranno soggette a dragaggio.

I mezzi di cantiere opereranno per 2 turni al giorno da 8 ore, tra le ore 06 e le 22, per 6 giorni a settimana.

Le emissioni associate alle attività di scavo delle fondazioni, formazione e stoccaggio di cumuli, carico e scarico di materiali inerti e al transito di mezzi su strade asfaltate sono stati valutati trascurabili. Si specifica inoltre che non è stato modellato il "bianco" ovvero la situazione emissiva da traffico stradale attuale (ante-operam).

Nei paragrafi seguenti, saranno dettagliate le emissioni per le varie tipologie di mezzi.

### 3.2.1 Mezzi di cantiere terrestri

Le emissioni provenienti dalle attività dei mezzi terrestri sono riconducibili a:

- ✓ gas di scarico dei mezzi impiegati per la realizzazione delle opere a terra e a mare;
- ✓ sollevamento di polveri per transito dei mezzi di cantiere su strade non asfaltate.

I mezzi utilizzati per le attività di cantiere terrestri sono i seguenti:

- n. 250 camion al giorno per il trasporto di inerti per opere marittime;
- n. 18 dumper per trasporto interno al cantiere per le colmate;
- n. 3 escavatori per lavori generici, e 2 escavatori per la realizzazione dei moli;
- n. 2 bulldozer per la realizzazione dei moli;
- n. 4 gru per la realizzazione degli edifici;
- n. 3 pale gommate destinate alla realizzazione delle colmate;
- n. 5 autobetoniere.

#### 3.2.1.1 Analisi delle emissioni da gas di scarico dei mezzi di cantiere

La stima delle emissioni derivanti dai gas di scarico dei mezzi di cantiere terrestri è stata effettuata basandosi sui fattori emissivi forniti nel documento "Off-Road Mobile Sources Emission Factors (Scenario Years 2007 – 2025)", pubblicati dall'ente istituzionale South Coast Air Quality Management District (South Coast AQMD), con sede in California, U.S.A.

La metodologia presentata nel documento prevede che il calcolo delle emissioni avvenga tramite la seguente relazione:

$$E_i = h \cdot EF_i$$

dove:

- $E_i$ : Emissioni dell'inquinante i-esimo [g];
- $h$ : ore di funzionamento del macchinario;
- $EF_i$ : fattore emissivo del macchinario relativo all'inquinante i-esimo [kg/h].

I fattori emissivi  $EF_i$  sono rappresentativi della composizione media della flotta censita in un dato anno, e variano in base alla tipologia di mezzo e alla taglia di potenza del motore. Note le potenze dei macchinari che saranno usati, si è considerata la composizione media della flotta nell'anno 2023. Dal momento che il documento fornisce i fattori emissivi solo per alcuni valori di potenza, i fattori emissivi relativi alle potenze dei macchinari considerati sono stati interpolati linearmente tra i valori forniti.

**Le caratteristiche dei mezzi e i rispettivi fattori emissivi sono presentati in**

Tabella 3.1.

Tabella 3.1: Fattori emissivi dei mezzi di cantiere.

Mezzi di cantiere	Potenza massima [kW]	Fattori emissivi [kg/h]			
		CO	NO <sub>x</sub>	PM10	SO <sub>x</sub>
Escavatore	65	0.1331	0.0893	0.0001992	0.002972
Bulldozer	155	0.2730	0.5201	0.001025	0.02032
Gru	200	0.1790	0.1398	0.0004642	0.006459
Dumper	65	0.1331	0.0893	0.0001992	0.002972
Pala gommata	70	0.1617	0.1177	0.0002641	0.005896
Autobetoniera	140	0.1964	0.0920	0.000368	0.0039

I mezzi di cantiere terrestri sono stati assunti operare con carico pari al 50%, e ipotizzando un fattore di contemporaneità pari al 70%, ossia che non più del 70% dei mezzi opererà contemporaneamente. Le emissioni complessive sono state calcolate moltiplicando l'emissione del singolo mezzo, nelle condizioni operative specificate, per il numero di mezzi di medesima tipologia. Le emissioni complessive dei mezzi di cantiere, distribuite sulle 16 ore di lavoro giornaliero, sono esposte rispettivamente per le opere a terra (aree di colmata) e per le opere a mare (i moli) in Tabella 3.2 e Tabella 3.3.

Tabella 3.2: Emissioni orarie complessive dei mezzi di cantiere – Opere a terra.

Mezzi di cantiere	Numero	Emissioni orarie [kg/h]			
		CO	NO <sub>x</sub>	PM10	SO <sub>x</sub>
Dumper	18	0.8391	0.5632	0.0187	0.0013
Escavatore	3	0.1398	0.0939	0.0031	0.0002
Gru	4	0.2507	0.1957	0.0090	0.0006
Pala gommata	3	0.1698	0.1237	0.0062	0.0003
Autobetoniera	5	0.3436	0.1610	0.0067	0.0006
<b>Totale</b>		<b>1.7430</b>	<b>1.1374</b>	<b>0.0438</b>	<b>0.0030</b>

Tabella 3.3: Emissioni orarie dei mezzi di cantiere – Opere a mare, relative ai tre moli.

Mezzi di cantiere	Numero	Emissioni orarie [kg/h]			
		CO	NO <sub>x</sub>	PM10	SO <sub>x</sub>
Escavatore	2	0.0932	0.0626	0.0021	0.0001
Bulldozer	2	0.1911	0.3641	0.0142	0.0007
<b>Totale</b>		<b>0.2844</b>	<b>0.4267</b>	<b>0.0163</b>	<b>0.0009</b>

Tali sorgenti sono state caratterizzate con i seguenti parametri, seguendo la metodologia EPA:

**Tabella 3.4: Caratterizzazione delle sorgenti dei mezzi di cantiere terrestri.**

Parametro	Valore
Larghezza media strada [m]:	2
Altezza motrice [m]:	3
Effective Height [m]:	2.55
Sigma y	3.72
Sigma z	2.37

### 3.2.1.2 Analisi delle emissioni da transito di mezzi su strade non asfaltate

L'articolazione funzionale "modellistica previsionale" di ARPAT (Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana) ha redatto, in collaborazione con la Regione Toscana, le Linee Guida per la valutazione delle emissioni di polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali polverulenti. Tali linee guida introducono i metodi di stima delle emissioni di particolato di origine diffusa prodotte dalle attività di trattamento degli inerti e dei materiali polverulenti in genere e le azioni ed opere di mitigazione che si possono attuare, anche ai fini dell'applicazione dell'Allegato V alla Parte Quinta del D.Lgs. n. 152/06 e s.m.i.. I metodi di valutazione proposti provengono principalmente da modelli US-EPA, in particolare vengono utilizzati i fattori di emissione proposti nell'AP-42. Nella trattazione, qualora applicati, vengono riportati i codici identificativi SCC (Source Classification Codes), in modo da facilitarne la ricerca nella fonte bibliografica, in particolare in WebFIRE.

Le operazioni esplicitamente considerate per il presente studio sono le seguenti:

- ✓ Transito di mezzi su strade non asfaltate (AP-42 13.2.2).

Tale operazione è stata valutata e caratterizzata secondo i corrispondenti modelli US-EPA o gli eventuali fattori di emissione proposti nell'AP-42, con opportune modifiche, specificazioni e/o semplificazioni in modo da poter essere applicati ai casi di interesse.

Seguendo la metodologia per le "Unpaved roads" dell'AP-42, il fattore emissivo delle PM10, espresso in kg/km, risulta dall'equazione seguente:

$$EF_i = k_i \cdot \left(\frac{s}{12}\right)^{a_i} \cdot \left(\frac{W}{3}\right)^{b_i}$$

Con:

- ✓  $i$ : particolato PM10;
- ✓  $s$ : contenuto in limo del suolo, misurato in percentuale in massa;
- ✓  $W$ : peso medio del veicolo [t];
- ✓  $K$ ,  $a$  e  $b$  sono coefficienti caratteristici della tipologia di particolato, i cui valori sono forniti in tabella:

**Tabella 3.5: Parametri caratteristici per PM10.**

Parametro	Valore relativo a PM10
k	0.423
a	0.9

Parametro	Valore relativo a PM10
b	0.45

Per il calcolo dell'emissione finale si deve determinare la lunghezza del percorso di ciascun mezzo riferito all'unità di tempo (numero di km/ora), sulla base della lunghezza della pista (km); è richiesto quindi il numero medio di viaggi al giorno all'interno del sito ed il numero di ore lavorative al giorno. Si sono assunte le seguenti ipotesi:

- ✓ Contenuto in limo del 12%;
- ✓ Massa dei mezzi in transito:
  - Dumper: 8 tonnellate a pieno carico, 5 tonnellate a vuoto
  - Escavatore: 13.8 tonnellate
  - Pala gommata: 8.1 tonnellate
  - Autobetoniera: 5 tonnellate
- ✓ Numero di km/ora:
  - Ciascun dumper compie un ciclo di carico/scarico ogni 2 ore, percorrendo la distanza tra uno dei 3 ingressi del cantiere e un punto mediano delle aree di colmata. Tale distanza è stata misurata in circa 300 m. Tali assunzioni comportano una valutazione di 0.15 km/h.
  - Gli escavatori, le pale gommate e i bulldozer compiono un tragitto di 1 km al giorno. Tale valutazione corrisponde a stimare un numero di km/ora di 0.0625 km/h.
  - Ciascuna autobetoniera compie percorre la distanza tra uno dei 3 ingressi del cantiere e un punto mediano delle aree di colmata per 1 volta al giorno. Tale distanza è stata misurata in circa 300 m. Tali assunzioni comportano una valutazione di 0.0375 km/h.
- ✓ Abbattimento del 75% delle polveri dovuto al bagnamento delle superfici.

Sulla base di tali ipotesi è stata ricavata l'emissione di circa 0.40 kg/h di PM10, ripartiti tra la quota relativa ai mezzi operanti sui moli Traiano, Adriano e Claudio (0.048 kg/h) e la quota relativa alle aree di colmata (0.348 kg/h).

Relativamente alle opere a terra, le emissioni dei mezzi di cantiere coinvolti sono state distribuite su sorgenti areali corrispondenti alle rispettive aree di lavoro.



**Figura 3.1: Sorgenti areali relative ai mezzi di cantiere terrestri (rosso e arancione)**

Le caratteristiche geometriche degli areali sono illustrate di seguito:

**Tabella 3.6: Dimensioni delle sorgenti areali**

Sorgente areale	Superficie [m <sup>2</sup> ]
Aree di colmata	304219.3
Aree moli	171269.06

### 3.2.1.3 Analisi delle emissioni da traffico di Camion

Le emissioni provenienti dai gas di scarico dei camion sono state calcolate seguendo la metodologia descritta dall'EMEP/EEA – “Air pollutant emission inventory guidebook 2019”, aggiornato a dicembre 2021, al paragrafo dedicato al Road Transport. I camion rientrano nella categoria di veicoli “heavy-duty”. I fattori di emissione illustrati sono fattori medi europei, determinati utilizzando una metodologia che considera valori tipici per velocità di guida, temperature ambientali, modalità autostradale-rurale-urbana, durata del viaggio, ecc.

La metodologia descritta nel documento citato consente di individuare il fattore emissivo dei singoli inquinanti, fornito in g/km, al variare della categoria del veicolo, del combustibile utilizzato (diesel), del tonnellaggio del camion e della tecnologia del motore. I camion in uso presso il cantiere, rientranti nella categoria heavy-duty, saranno dotati di motori diesel di tecnologia almeno Euro 5B, e avranno tonnellaggio compreso tra 16 e 32 t. La relazione per identificare l'emissione di un veicolo è la seguente:

$$E_i = EF_i \cdot L$$



dove:

- ✓  $E_i$ : Emissioni dell'inquinante i-esimo [g];
- ✓  $E_{Fi}$ : fattore emissivo del veicolo relativo all'inquinante i-esimo [g/km];
- ✓  $L$ : distanza percorsa dal veicolo.

La viabilità percorsa dai camion è illustrata in figura seguente, ed esplicitati di seguito:

- ✓ Percorso fucsia (via della Scafa):
  - Dalla SS 296, uscita in via Santos-Dumont;
  - Via della Scafa (direzione Ovest)
  - Via del Faro
- ✓ Percorso verde (via Trincea delle Frasche):
  - Dalla SS 296, uscita in via Santos-Dumont;
  - Via della Scafa (direzione Sud-Est)
  - Via Trincea delle Frasche
  - Via L. Bezzi
  - Via B. Caleri
  - Via G. Moschini
  - Via del Faro.



**Figura 3.2: Viabilità percorsa dai camion.**

Ai fini dello studio di dispersione i camion sono stati considerati sorgenti lineari di inquinanti. Noto il valore di emissione lineare in g/km di un camion, moltiplicandolo per il numero di viaggi complessivi dei camion e dividendo



per le 16 ore di lavoro, si ricava il valore di emissione lineare in g/(m\*s). Poiché il traffico dei camion sarà ripartito su 2 strade, i valori di emissione lineare sono stati distribuiti su 2 strade: il percorso che dal porto segue via del Faro, via Trincea delle Frasche per poi giungere all'ingresso della SS296, di lunghezza pari a circa 8.1 km, e il percorso che segue via del Faro e via della Scafa per giungere al medesimo ingresso della SS, di lunghezza pari a circa 5.7 km.

**Tabella 3.7: Emissione di inquinanti da traffico di camion**

Parametro	CO	NO <sub>x</sub>	PM10	SO <sub>x</sub>
Fattore emissivo 1 camion [g/km]	0.105	2.18	0.024	1.26 E-03

Il traffico di camion (500 viaggi complessivi al giorno, ossia 16 ore lavorative) è stato considerato equiripartito tra le 2 strade considerate: ciascuna strada viene quindi percorsa ciascuna ora da

$$\frac{500 \text{ viaggi}}{\text{giorno}} \cdot \frac{1}{2 \text{ strade}} \cdot \frac{1 \text{ giorno}}{16 \text{ ore}} = 15.625 \frac{\text{viaggi}}{\text{ora-strada}}$$

La sorgente lineare è stata caratterizzata coi seguenti parametri:

**Tabella 3.8: Caratterizzazione del traffico di camion**

Parametro	Valore
Larghezza media strada [m]:	9
Altezza motrice [m]:	3
Effective Height [m]:	2.55
Sigma y	6.98
Sigma z	2.37

### 3.2.2 Mezzi di cantiere marittimi

Le emissioni provenienti dalle attività di dragaggio sono riconducibili a:

- ✓ gas di scarico dei mezzi navali impiegati per la draga dei sedimenti;

I mezzi navali utilizzati per le attività di draga sono i seguenti:

- ✓ n. 1 draga di tipo "Trailing Suction Hopper Dredger" (TSHD);
- ✓ n. 1 bettolina;
- ✓ n. 4 motopontoni.

Relativamente alla movimentazione dei sedimenti dragati, si è considerato cautelativamente che la draga permanga nelle aree da dragare per tutta la durata delle attività di dragaggio, ossia non si è considerato il trasporto fuori dall'area di cantiere dei sedimenti eccedenti l'utilizzo nelle colmate. Tale scenario consente di modellare una situazione più gravosa per i ricettori presenti nei dintorni dell'area del porto turistico-crociéristico di Fiumicino Isola Sacra. Si è assunto che i materiali scavati/dragati non saranno accumulati, ossia non ci sarà dispersione di polveri dai cumuli o durante la loro movimentazione.

La stima delle emissioni derivanti dai gas di scarico di tali mezzi è stata effettuata seguendo la metodologia descritta dall' EMEP/EEA – "Air pollutant emission inventory guidebook 2019", aggiornato a dicembre 2021, al paragrafo dedicato alle Shipping Activities.

Il suddetto documento riporta le emissioni medie (espresse come chilogrammi di sostanza inquinante per tonnellata di carburante consumato, kg/t) caratteristiche di diverse tipologie di natanti in funzione del combustibile da esse

utilizzato ed in funzione della tipologia di attività di navigazione (navigazione in mare aperto, navigazione in fase di manovra, stazionamento in porto).

Le emissioni totali così calcolate sono state poi distribuite su sorgenti areali, corrispondenti alle rispettive aree di lavoro.

Relativamente alle aree da dragare, le emissioni dei mezzi di cantiere coinvolti sono state distribuite su sorgenti areali.



**Figura 3.3: Sorgenti areali relative ai mezzi di cantiere a mare**

Le caratteristiche geometriche degli areali sono illustrate di seguito:

**Tabella 3.9: Dimensione delle sorgenti areali associate ai mezzi di cantiere navali**

Sorgente areale	Superficie [m2]
Bacino Claudio	215040.0
Bacino Traiano	214033.8
Corridoio di accesso	857769.8

Le emissioni relative alla draga, alla bettolina e ai motopontoni sono state distribuite sulle tre sorgenti areali sopra citate, che costituiscono l'area di lavoro di tali mezzi, per l'intera durata della giornata lavorativa.

#### Draga

In fase di cantiere, sarà utilizzata n. 1 draga. La tipologia di draga utilizzata avrà pescaggio pari a circa 7 m, si è quindi presa a riferimento una draga con tali caratteristiche ai fini della stima delle emissioni.

Per la stima dei fattori emissivi, si è fatto riferimento ai valori illustrati nella metodologia citata. I fattori emissivi in g/kWh sono ottenibili dalla seguente relazione:

$$E_i = FC \cdot EF_i / 1000$$

Dove

- FC: Fuel Consumption, ossia il consumo di combustibile per kWh;
- EF<sub>i</sub>: fattore emissivo dell'inquinante i-esimo in g/kg<sub>fuel</sub>;
- E<sub>i</sub>: fattore emissivo del macchinario relativo all'inquinante i-esimo [g/kWh].

I parametri caratteristici del motore della draga sono stati ottenuti dagli Emission Factor Tier 3 per motori Diesel che utilizzano combustibile MDO, in fase di manovraggio. Alcuni parametri sono forniti dalla Normativa in grammi di inquinante per kg di combustibile; si è quindi riportato in tabella il valore di consumo di combustibile considerato.

**Tabella 3.10: Emission Factors per motori a Marine Diesel Oil in fase di manovraggio**

Tipologia	Parametro	Valore	Unità	Dettaglio
Marine Diesel Oil	<b>Tier 1 default emission factors</b>			
	SO <sub>x</sub>	0.478	g/kWh	
	<b>Tier 3 default emission factors</b>			
	NO <sub>x</sub>	1.3912	g/kWh	Medium speed Diesel
	PM <sub>10</sub>	0.361	g/kWh	
	CO	2.39	g/kWh	
Fuel Consumption	263	g <sub>fuel</sub> /kWh		
<p><i>Nota: il fattore emissivo di NO<sub>x</sub> è stato considerato a partire da NO<sub>x</sub> Tier 0, e considerando un fattore di riduzione del 90.6% per i motori Tier 3.</i></p>				

Si illustrano di seguito le caratteristiche della draga considerata, in particolare le potenze relative alla fase di propulsione, a quella di dragaggio (dredging) e di scarico (discharge). Note le potenze massime dei macchinari impiegati su tale draga, si è assunto un fattore di carico (ossia il rapporto tra la potenza media utilizzata e la potenza massima del macchinario) pari al 20% per i macchinari di propulsione e del 50% per gli ausiliari, in ragione del fatto che la draga effettuerà brevi spostamenti e solo nei tratti areali da dragare, mantenendo i motori di propulsione in funzione al minimo durante le fasi di dragaggio e di scarico. Si è ipotizzato infine un utilizzo giornaliero della draga per il 100% delle ore di una giornata lavorativa, pari a 16 h, secondo la seguente configurazione:

- motori di propulsione accesi per il 100% della durata delle attività;
- motori dedicati al dragaggio ed allo scarico in funzione rispettivamente per il 50% della fase di lavorazione, in ragione del fatto che le due fasi di dragaggio e di scarico non saranno concomitanti.

**Tabella 3.11: Parametri di funzionamento della draga**

Parametro	Valore
Ore di funzionamento giornaliero	16 h
Potenza propulsione massima	6700 kW

Parametro	Valore
Fattore di carico propulsione	20%
Tempo % propulsione	100%
Potenza massima ausiliari – Dredging	4700 kW
Fattore di carico ausiliari - Dredging	50%
Tempo % ausiliari- Dredging (	50%
Potenza massima ausiliari – Discharge	4000 kW
Fattore di carico ausiliari- Discharge	50%
Tempo % ausiliari- Discharge	50%

Le emissioni associate al funzionamento della draga sono desumibili dalla seguente relazione:

$$E_i = P \cdot h \cdot EF_i$$

dove:

- $E_i$ : Emissioni dell'inquinante i-esimo [g];
- P: potenza del macchinario [kW];
- FC: fattore di carico del macchinario, ossia la potenza che un macchinario produce rapportata alla sua potenza massima;
- h: ore di funzionamento del macchinario;
- $EF_i$ : fattore emissivo del macchinario relativo all'inquinante i-esimo [g/kWh]

Le emissioni in un primo momento sono state stimate su base giornaliera.

Si illustrano di seguito i fattori emissivi e le portate orarie di inquinante emesse da 1 draga.

**Tabella 3.12: Emissioni orarie di 1 draga**

Mezzi di cantiere	Numero	Emissioni orarie [kg/h]			
		CO	NO <sub>x</sub>	PM10	SO <sub>x</sub>
Draga	1	8.401	4.890	1.269	1.682

**Tabella 3.13: Caratterizzazione della draga**

Parametro	Valore
Altezza motrice [m]:	10.0
Effective Height [m]:	8.5
Larghezza massima [m]	21.6
Sigma y	12.84

Parametro	Valore
Sigma z	7.91

### Bettolina

In fase di cantiere, sarà utilizzata n. 1 bettolina. Ai fini della stima delle emissioni, si è considerato un modello di bettolina di medie dimensioni, tipico per lavori di carico, trasporto, posa in opera e supporto per lavorazioni marine di vario genere, disponibile sul mercato. I fattori emissivi sono i medesimi riportati in Tabella 3.10 per la draga. I parametri di funzionamento della bettolina sono riportati di seguito.

**Tabella 3.14: Parametri di funzionamento della bettolina.**

Parametro	Valore
Ore di funzionamento giornaliera	16 h
Potenza massima (propulsione + ausiliari)	500 kW
Tempo % di utilizzo	100%
Fattore di carico	80%

Si illustrano di seguito i fattori emissivi ottenuti, e le portate orarie di inquinante emesse da 1 bettolina.

**Tabella 3.15: Emissioni orarie di 1 bettolina**

Mezzi di cantiere	Numero	Emissioni orarie [kg/h]			
		CO	NO <sub>x</sub>	PM10	SO <sub>x</sub>
Bettolina	1	0.973	0.566	0.147	0.195

**Tabella 3.16: Caratterizzazione della bettolina**

Parametro	Valore
Altezza motrice [m]:	10.0
Effective Height [m]:	8.5
Larghezza massima [m]	5
Sigma y	5.12
Sigma z	7.91

### Motopontone

In fase di cantiere, saranno utilizzati n. 4 motopontoni. Ai fini della stima delle emissioni, si è considerato un modello di motopontone di medie dimensioni, tipico per lavori di carico, trasporto, posa in opera e supporto per lavorazioni marine di vario genere, disponibile sul mercato. I fattori emissivi sono i medesimi riportati in Tabella 3.10 per la draga. I parametri di funzionamento dei motopontoni sono riportati in Tabella 3.17.

Tabella 3.17: Parametri di funzionamento dei motopontoni.

Parametro	Valore
Numero	4
Ore di funzionamento giornaliera	16 h
Potenza massima propulsione	300 kW
Tempo % propulsione	100%
Fattore di carico - propulsione	80%
Potenza massima ausiliari	50 kW
Tempo % ausiliari	100%
Fattore di carico – ausiliari	20%

Si illustrano di seguito i fattori emissivi ottenuti, e le portate orarie di inquinante emesse da 4 motopontoni.

Tabella 3.18: Emissioni orarie di 4 motopontoni

Mezzi di cantiere	Numero	Emissioni orarie [kg/h]			
		CO	NO <sub>x</sub>	PM10	SO <sub>x</sub>
Motopontoni	4	2.380	1.386	0.360	0.477

Tabella 3.19: Caratterizzazione del motopontone

Parametro	Valore
Altezza motrice [m]:	10.0
Effective Height [m]:	8.5
Larghezza massima [m]	10
Sigma y	7.44
Sigma z	7.91

### 3.2.3 Traffico associato ai lavoratori

Per la fase di cantiere sono state modellate anche le emissioni generate dalle automobili utilizzate dai lavoratori per raggiungere il cantiere. Si è considerato lo scenario più impattante, corrispondente alla presenza stimata di 229 impiegati nel 2025.

Si è assunto che un'auto trasporti 2 impiegati, per un totale giornaliero di 115 veicoli. Tali veicoli sono stati ripartiti sui 2 turni di lavoro, per un quantitativo di veicoli pari a circa 58 veicoli per ciascun turno. Ciascun veicolo giungerà presso il porto nell'ora antecedente al cambio turno, e andrà via dal porto dopo la fine del cambio turno successivo. Risulta quindi che, per ciascuna ora immediatamente precedente a un cambio turno, 58 veicoli giungano presso il

porto, utilizzando per ipotesi la medesima viabilità considerata per l'arrivo dei camion, e 58 veicoli vadano via dal porto nell'ora successiva.

Per caratterizzare il parco auto, si è considerato il parco auto circolante in Italia nell'anno 2021, fornito dall'Associazione Nazionale Filiera dell'Industria Automobilistica (ANFIA).

**Tabella 3.20: Composizione % del parco mezzi circolante in Italia, anno 2021.**

Alimentazione veicolo	Euro 0	Euro 1	Euro 2	Euro 3	Euro 4	Euro 5	Euro 6
Benzina	7.0	1.6	4.8	4.7	10.3	5.3	10.9
Diesel	1.4	0.4	1.8	5.3	11.1	9.7	13.2
GPL	0.5	0.1	0.3	0.2	2.2	1.3	2.3
Gas naturale compresso	-	-	-	-	2.5		
Elettrico ibrido	-	-	-	-	2.9		

Le emissioni provenienti dai gas di scarico delle automobili sono state calcolate seguendo la metodologia descritta dall' EMEP/EEA – “Air pollutant emission inventory guidebook 2019”, aggiornato a dicembre 2021, al paragrafo dedicato al Road Transport. I fattori di emissione illustrati sono fattori medi europei, determinati utilizzando una metodologia che considera valori tipici per velocità di guida, temperature ambientali, modalità autostradale-rurale-urbana, durata del viaggio, ecc.

Le automobili rientrano nella categoria di veicoli “passenger cars”. Si sono presi a riferimento i fattori emissivi relativi alla categoria di veicoli “Medium”; tali fattori sono illustrati in Tabella 3.21.

**Tabella 3.21: Fattori emissivi per categoria di veicoli.**

Alimentazione	Tecnologia	Inquinante			
		CO [g/km]	NO <sub>x</sub> [g/km]	PM10 [g/km]	SO <sub>x</sub> [mg/km]
Benzina	Euro 0	6.490	1.29	0.002	0.462
	Euro 1	3.920	0.49	0.002	0.396
	Euro 2	2.040	0.26	0.002	0.396
	Euro 3	1.820	0.10	0.001	0.396
	Euro 4	0.620	0.06	0.001	0.396
	Euro 5	0.062	0.06	0.001	0.396
	Euro 6	0.062	0.06	0.001	0.396
Diesel	Euro 0	0.688	0.55	0.221	0.378
	Euro 1	0.414	0.69	0.084	0.33
	Euro 2	0.296	0.72	0.055	0.33
	Euro 3	0.089	0.77	0.039	0.33

Alimentazione	Tecnologia	Inquinante			
		CO [g/km]	NO <sub>x</sub> [g/km]	PM10 [g/km]	SO <sub>x</sub> [mg/km]
	Euro 4	0.092	0.58	0.031	0.33
	Euro 5	0.040	0.55	0.002	0.33
	Euro 6	0.049	0.45	0.002	0.33
GPL	Euro 0	6.382	2.36	6.382	0.354
	Euro 1	3.570	0.41	3.570	0.342
	Euro 2	2.480	0.18	2.480	0.342
	Euro 3	1.790	0.09	1.790	0.342
	Euro 4	0.620	0.06	0.620	0.342
	Euro 5	0.620	0.06	0.620	0.342
	Euro 6	0.620	0.06	0.620	0.342
Gas naturale compresso	Euro 4 o succ.	0.616	0.06	0.616	0.378
Elettrico ibrido	Euro 4 o succ.	0.043	0.01	0.043	0.204

Le emissioni scaturite dal traffico sono state calcolate tramite la seguente relazione:

$$\sum_{i,j} E_{i,j} = N_j \cdot EF_{i,j}$$

dove:

- $E_{i,j}$ : emissione dell'inquinante i-esimo da parte del veicolo di categoria j;
- $N_j$ : numero di veicoli di categoria j, desunto dal prodotto tra numero di veicoli considerato (pari a 58 veicoli per ciascun turno) e percentuale di veicoli di categoria j;
- $EF_{i,j}$ : fattore emissivo dell'inquinante i-esimo e caratteristico della categoria di veicolo j-esima.

Le emissioni di un veicolo "tipo", ossia caratteristico del parco mezzi italiano, sono presentate in tabella seguente.

**Tabella 3.22: Emissioni lineari di un autoveicolo caratteristico del parco mezzi italiano**

Parametro	CO	NO <sub>x</sub>	PM10	SO <sub>x</sub>
Fattore emissivo 1 autoveicolo [g/km]	0.918	0.390	0.111	0.00036

Si è dunque imposto, nella simulazione, che per ciascuna ora immediatamente precedente a un cambio turno, 58 veicoli giungano presso il porto, utilizzando per ipotesi la medesima viabilità considerata per l'arrivo dei camion, e 58 veicoli vadano via dal porto nell'ora successiva.

La caratterizzazione della sorgente autoveicolare è riportata di seguito.



Tabella 3.23: Caratterizzazione del traffico di autoveicoli.

Parametro	Valore
Larghezza media strada [m]:	9
Altezza motrice [m]:	2
Effective Height [m]:	2.55
Sigma y	6.98
Sigma z	2.37

### 3.3 Analisi delle emissioni in fase di esercizio

Le emissioni in fase di esercizio sono ascrivibili a:

- ✓ emissione temporanea di gas di scarico in atmosfera da parte dei mezzi navali e terrestri a motore in funzione.

Complessivamente, sono state considerate le emissioni causate da tre tipologie di sorgenti:

- ✓ Mezzi marittimi
- ✓ Traffico veicolare associato ai lavoratori e agli utenti della crociera e del porto turistico:

In considerazione del fatto che le imbarcazioni potranno seguire percorsi diversi per uscire dal porto o entrarvi, in ragione delle diverse posizioni degli ormeggi delle imbarcazioni, per simulare l'emissione dei mezzi navali coinvolti sono state impostate sorgenti areali in corrispondenza dei bacini Claudio e Traiano e del corridoio di accesso.

Le emissioni associate al transito di mezzi su strade asfaltate sono state valutate trascurabili. Si specifica inoltre che non è stato modellato il "bianco" ovvero la situazione emissiva da traffico stradale attuale (ante-operam).

Nei paragrafi seguenti, saranno dettagliate le emissioni per le varie tipologie di mezzi.

#### 3.3.1 Mezzi marittimi

Per la fase di esercizio, sono stati considerati i seguenti mezzi marittimi:

- ✓ Crociera di classe "Oasis", il cui ormeggio è situato nel bacino Traiano;
- ✓ n. 1 rimorchiatore di supporto per le fasi di ingresso e uscita della crociera dal porto;
- ✓ n. 13 yacht, ormeggiati nel bacino Traiano, e n. 1200 imbarcazioni da diporto, ormeggiate nel bacino Claudio. L'utilizzo di tali mezzi navali varia durante l'anno come specificato di seguito;

#### Crociera

In fase di esercizio, si è preso in considerazione lo scenario più impattante, che consiste nell'ingresso di una nave da crociera tipo "Oasis" 3 volte ogni settimana, con ripartenza della stessa nel medesimo giorno di arrivo. Tale scenario risulta il più impattante, dal momento che in tale configurazione:

- ✓ la totalità dei passeggeri sbarca dalla nave, e viene rimpiazzata nel medesimo giorno da analoga quantità di passeggeri che si imbarcano, generando dunque un elevato traffico (auto e bus) correlato;
- ✓ Il 20% dell'equipaggio viene ricambiato, generando il traffico di veicoli (auto e bus) correlato.

Lo scenario di "Home Port", in cui la nave sosta in porto per poche ore prima di ripartire, risulta più impattante dello scenario in cui la nave permane in porto per più giorni prima di ripartire, anche perché in porto la nave da crociera sarà alimentata tramite cold ironing. La permanenza prolungata della nave in porto non comporterebbe dunque maggiori emissioni di inquinanti, rispetto allo scenario di una ripartenza della nave nel medesimo giorno.

La tipologia di crociera considerata per la stima delle emissioni è "Oasis", ed è stata considerata la nave da crociera "Oasis of the Sea", ossia la crociera maggiormente impattante tra quelle che entreranno nel porto.

I fattori emissivi considerati sono quelli dei motori Tier 3 alimentati a Marine Diesel Oil. Si riportano di seguito tali valori.

**Tabella 3.24: Emission Factors per motori a Marine Diesel Oil in fase di manovra**

Tipologia	Parametro	Valore	Unità	Dettaglio
Marine Diesel Oil	<b>Tier 1 default emission factors</b>			
	SO <sub>x</sub>	0.478	g/kWh	
	<b>Tier 3 default emission factors</b>			
	NO <sub>x</sub>	1.3912	g/kWh	Medium speed Diesel
	PM <sub>10</sub>	0.361	g/kWh	
	CO	2.39	g/kWh	
	Fuel Consumption	263	gfuel/kWh	
<i>Nota: il fattore emissivo di NO<sub>x</sub> è stato considerato a partire da NO<sub>x</sub> Tier 0, e considerando un fattore di riduzione del 90.6% per i motori Tier 3.</i>				

Si illustrano di seguito le caratteristiche della nave da crociera considerata, in particolare le potenze relative alla fase di propulsione, a quella di manovra e agli ausiliari.

Si è assunto che, durante le fasi di manovra dall'ingresso della crociera nel corridoio di accesso sino all'ormeggio, i tre generatori che forniscono alimentazione alle utenze generiche della crociera, di potenza massima 3\*13.86 MW, operino al 50% del carico. Una volta attraccata, le utenze della nave vengono alimentate direttamente dal cold ironing. I tre motori dedicati alla propulsione, di potenza massima 3\*18.45 MW, invece opereranno secondo lo schema presentato di seguito. I tempi di ciascuna fase sono stati dedotti dalle velocità tipiche di tali fasi, e dalle distanze da percorrere.

**Tabella 3.25: Funzionamento della crociera durante le fasi di ingresso e di uscita dal porto.**

Fasi di ingresso in porto	Durata	Potenza motori propulsione [MW]	Fasi di partenza dal porto	Durata	Potenza motori propulsione [MW]
Canale di accesso fino a cerchio di evoluzione	10 minuti	18	Allontanamento	10 minuti	11
Cerchio di evoluzione	30 minuti	11	Dalla banchina al cerchio di evoluzione	15 minuti	30
Da cerchio di evoluzione all'ingresso in porto	15 minuti	18	Fino all'uscita dal canale di accesso	5 minuti	55.5
Avvicinamento	10 minuti	11			

Si illustrano di seguito gli inquinanti emessi da 1 crociera "Oasis of the Sea" durante le singole fasi.

Tabella 3.26: Emissioni assolute della crociera "Oasis of the Sea" nelle singole fasi

Fase di ingresso al porto	Emissioni [kg]				Fase di partenza dal porto	Emissioni [kg]			
	CO	NO <sub>x</sub>	PM10	SO <sub>x</sub>		CO	NO <sub>x</sub>	PM10	SO <sub>x</sub>
Canale di accesso fino a cerchio di evoluzione	14.30	8.33	2.16	2.86	Fermo	-	-	-	-
Cerchio di evoluzione	37.99	22.11	5.74	7.61	Allontanamento	12.66	7.37	1.91	2.54
Da cerchio di evoluzione all'ingresso in porto	20.02	11.66	3.02	4.01	Dalla banchina al cerchio di evoluzione	26.22	15.26	3.96	5.25
Avvicinamento	12.66	7.37	1.91	2.54	Fino all'uscita dal canale di accesso	19.68	11.45	2.97	3.94
Fermo	-	-	-	-					

Le caratteristiche geometriche della sorgente sono riportate di seguito.

Tabella 3.27: Caratteristiche geometriche della sorgente.

Parametro	Valore
Altezza comignolo [m]:	72
Effective Height [m]:	61.20
Larghezza nave massima [m]	65.7
Sigma y	33.35
Sigma z	56.93

### Rimorchiatore

Durante le fasi di manovra della crociera, 1 rimorchiatore assiste la crociera. I fattori emissivi del rimorchiatore sono i medesimi considerati per i motori Tier 3 alimentati a Diesel durante le fasi di manovra. Il rimorchiatore opera nelle medesime aree della crociera.

Si è considerato un rimorchiatore con le seguenti caratteristiche:

Tabella 3.28: Caratteristiche geometriche della sorgente.

Parametro		Valore
Numero		1
Potenza		2984 kW
Fattori di carico	Ingresso: Da canale di accesso a cerchio di evoluzione	30%
	Ingresso: Cerchio di evoluzione	50%

Parametro		Valore
	Ingresso: Da cerchio di evoluzione all'ingresso in porto	50%
	Ingresso: Avvicinamento	50%
	Ingresso: Fermo (1 ora)	30%
Fattori di carico	Uscita: Fermo (1 ora)	30%
	Uscita: Allontanamento	50%
	Uscita: Dalla banchina al cerchio di evoluzione	30%
	Uscita: Fino all'uscita dal canale di accesso	30%

Tabella 3.29: Caratteristiche geometriche della sorgente.

Parametro	Valore
Altezza comignolo [m]:	10
Effective Height [m]:	8.5
Larghezza nave massima [m]	15
Sigma y	9.77
Sigma z	7.91

### Yacht e imbarcazioni da diporto

In fase di esercizio, il numero complessivo di posti barca presenti nel porto sarà così ripartito:

- ✓ 1,200 posti barca riservati a imbarcazioni da diporto;
- ✓ 13 posti barca riservati a super, giga e mega yacht (lunghezza compresa tra 40 e 100 m).

Si è ipotizzato un ricambio giornaliero di imbarcazioni, ossia il numero di imbarcazioni effettivamente in movimento, variabile durante l'anno:

- ✓ Nei mesi gennaio, febbraio, novembre e dicembre, pari al 10% dei posti barca complessivi;
- ✓ nei mesi di marzo, aprile, maggio e ottobre, pari al 20% dei posti barca complessivi;
- ✓ nei mesi da giugno ad agosto, pari al 40% dei posti barca complessivi.

Si è ipotizzato che le imbarcazioni da diporto siano in funzione nell'orario 08-20 durante tutti i giorni dell'anno.

Per ciascuna imbarcazione considerata, ai fini di quantificare i consumi di combustibile e quindi le emissioni di inquinanti, si è ipotizzato un tempo di permanenza all'interno del porto a motore acceso. Tale tempo deriva, cautelativamente, dalla distanza corrispondente al tragitto più lungo compiuto da un'imbarcazione tra l'ormeggio e il tratto terminale del canale di accesso al porto, divisa per la velocità di transito dell'imbarcazione.

Relativamente agli yacht ormeggiati nel bacino Traiano, il tragitto più lungo che un'imbarcazione può percorrere all'interno del porto per dirigersi dall'ormeggio sino all'imboccatura del porto risulta pari a circa 1,1 km. La distanza tra l'imboccatura del porto e il tratto terminale del canale di accesso risulta pari a circa 3,4 km.

Relativamente alle imbarcazioni da diporto ormeggiate nel bacino Claudio, il tragitto più lungo che un'imbarcazione può percorrere all'interno del porto per dirigersi dall'ormeggio sino all'imboccatura del porto risulta pari a circa 1,2 km. La distanza tra l'imboccatura del porto e il tratto terminale del canale di accesso risulta pari a circa 3,1 km.

In porti turistici simili, la velocità massima di transito all'interno del porto è pari a 3 nodi, velocità che si è considerata per la percorrenza dei tragitti interni al porto. Nel corridoio di accesso, si è invece stimata una velocità di 5 nodi. A tali velocità, si è considerato che i motori delle imbarcazioni lavorino al 15% del carico.

Le emissioni afferenti al comparto yacht e nautica da diporto sono state calcolate attraverso la metodologia Tier 3 presentata nella "Air pollutant mission inventory Guidebook 2019" dell'European Environment Agency (EEA) ed EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme), aggiornata al dicembre 2021, sezione 1.A.3.d Navigation.

I fattori emissivi variano in funzione del motore utilizzato; per tutte le imbarcazioni, si è preso a riferimento un motore diesel a media velocità, assumendo l'utilizzo di Marine Diesel Oil. I parametri sono riassunti in Tabella 3.30.

**Tabella 3.30: Fattori emissivi ed emissioni orarie di imbarcazioni da diporto e yacht**

Tipologia	Parametro	Valore	Unità	Dettaglio
Marine Diesel Oil	<b>Tier 1 default emission factors</b>			
	<b>SO<sub>x</sub></b>	0.478	g/kWh	
	<b>Tier 3 default emission factors</b>			
	<b>NO<sub>x</sub></b>	1.3912	g/kWh	Medium speed Diesel
	<b>PM<sub>10</sub></b>	0.361	g/kWh	
	<b>CO</b>	2.39	g/kWh	
	<b>Fuel Consumption</b>	263	gfuel/kWh	
<i>Nota: il fattore emissivo di NO<sub>x</sub> è stato considerato a partire da NO<sub>x</sub> Tier 0, e considerando un fattore di riduzione del 90.6% per i motori Tier 3.</i>				

Ai fini del calcolo delle emissioni, stimato il tempo di funzionamento del motore, per ciascuna imbarcazione sono stati calcolati, su base giornaliera, i kWh di energia consumati dalla singola imbarcazione, attraverso la relazione:

$$En_j = P_j \cdot h_j$$

dove:

- ✓  $En_j$ : energia consumata dalla j-esima imbarcazione per le fasi di disormeggio, transito nel bacino, transito nel canale di accesso e speculare sequenza per il rientro al porto [kWh];
- ✓  $P_j$ : potenza del motore della j-esima imbarcazione [kW];
- ✓  $H_j$ : ore di funzionamento della j-esima imbarcazione nel tragitto complessivo di cui sopra.

I valori di energia consumata dalla j-esima imbarcazione sono stati moltiplicati per i fattori emissivi, così da individuare le emissioni giornaliere per ognuna delle categorie di imbarcazioni e per ognuno dei periodi dell'anno individuati. Le emissioni sono state distribuite sugli areali afferenti, nell'orario di utilizzo 08-20.

Si illustrano di seguito le caratteristiche delle imbarcazioni prese a riferimento per il calcolo delle emissioni prodotte dagli yacht.

**Tabella 3.31: Parametri di funzionamento delle imbarcazioni da diporto – yacht.**

Parametro	Valore
Posti barca di yacht di lunghezza sino a 60 m	10
Posti barca di yacht di lunghezza tra 60 e 110 m	3

Parametro	Valore
Ricambi giornalieri – mesi gennaio, febbraio, novembre, dicembre	10
Ricambi giornalieri – mesi di marzo, aprile, maggio, ottobre	20
Ricambi giornalieri – mesi di giugno, luglio, agosto, settembre	40
Potenza massima yacht L < 60 m	2.2 MW
Potenza massima yacht L < 110 m	5 MW
Fattore di carico in fase di manovra	15%
Distanza percorsa all'interno del bacino Traiano	1.1 km
Distanza percorsa all'interno del canale di accesso	3.4 km
Velocità di transito all'interno del bacino Traiano	3 nodi
Velocità di transito nel canale di accesso	5 nodi
Tempo di transito nel bacino Traiano (a/r)	25 minuti
Tempo di transito nel canale di accesso (a/r)	45 minuti

Le emissioni orarie relative agli yacht nei periodi considerati sono riportate di seguito.

**Tabella 3.32: Emissioni di inquinanti relative a 1 yacht delle taglie presentate**

Inquinante	Emissioni [kg/hr]			
	Yacht fino a 60 m		Yacht fino a 110 m	
	In porto – bacino Traiano	Canale di accesso	In porto – bacino Traiano	Canale di accesso
CO	0.026	0.048	0.059	0.110
NO <sub>x</sub>	0.015	0.028	0.034	0.064
PM10	0.004	0.007	0.009	0.017
SO <sub>x</sub>	0.005	0.010	0.012	0.022

Le emissioni degli yacht sono state distribuite, nelle due fasi considerate, rispettivamente nel bacino Traiano e nel corridoio di accesso, tenendo conto del numero di barche circolanti nei vari giorni dell'anno.

Inquinante	Emissioni [kg/hr]					
	Mesi invernali		Marzo, Aprile, Ottobre		Mesi estivi	
	In porto – bacino Traiano	Canale di accesso	In porto – bacino Traiano	Canale di accesso	In porto – bacino Traiano	Canale di accesso
CO	0.044	0.081	0.088	0.162	0.176	0.324
NO <sub>x</sub>	0.025	0.047	0.05	0.094	0.1	0.188
PM10	0.007	0.012	0.014	0.024	0.028	0.048
SO <sub>x</sub>	0.009	0.016	0.018	0.032	0.036	0.064

Le caratteristiche geometriche della sorgente sono riportate di seguito.

**Tabella 3.33: Caratteristiche geometriche della sorgente.**

Parametro	Valore
Altezza comignolo [m]:	1
Effective Height [m]:	0.85
Larghezza nave massima [m]	10
Sigma y	7.44
Sigma z	0.79

Si illustrano di seguito le caratteristiche delle imbarcazioni prese a riferimento per il calcolo delle emissioni prodotte dalle altre imbarcazioni da diporto.

**Tabella 3.34: Parametri di funzionamento delle imbarcazioni da diporto.**

Parametro	Valore
Posti barca	1200
Ricambi giornalieri – mesi gennaio, febbraio, novembre, dicembre	10
Ricambi giornalieri – mesi di marzo, aprile, maggio, ottobre	20
Ricambi giornalieri – mesi di giugno, luglio, agosto, settembre	40
Potenza massima imbarcazioni	100 HP = 75 kW
Fattore di carico in fase di manovra	15%
Distanza percorsa all'interno del bacino Claudio	1.2 km

Parametro	Valore
Distanza percorsa all'interno del canale di accesso	3.1 km
Velocità di transito all'interno del bacino Claudio	3 nodi
Velocità di transito nel canale di accesso	5 nodi
Tempo di transito nel bacino Claudio (a/r)	25 minuti
Tempo di transito nel canale di accesso (a/r)	40 minuti

Le emissioni orarie relative a 1 imbarcazione da diporto sono riportate di seguito.

**Tabella 3.35: Emissioni di inquinanti relative a 1 imbarcazione da diporto.**

Inquinante	Emissioni [kg/hr]	
	In porto – bacino Claudio	Canale di accesso
CO	9.6E-04	1.5E-03
NO <sub>x</sub>	5.6E-04	8.7E-04
PM10	1.5E-04	2.3E-04
SO <sub>x</sub>	1.9E-04	3.0E-04

Le emissioni delle imbarcazioni da diporto sono state distribuite, nelle due fasi considerate, rispettivamente nel bacino Claudio e nel corridoio di accesso, tenendo conto del numero di barche circolanti nei vari giorni dell'anno.

Inquinante	Emissioni [kg/hr]					
	Mesi invernali		Marzo, Aprile, Ottobre		Mesi estivi	
	In porto – bacino Traiano	Canale di accesso	In porto – bacino Traiano	Canale di accesso	In porto – bacino Traiano	Canale di accesso
CO	0.1154	0.1789	0.2308	0.3578	0.4616	0.7156
NO <sub>x</sub>	0.0672	0.1042	0.1344	0.2084	0.2688	0.4168
PM10	0.0174	0.0270	0.0348	0.054	0.0696	0.108
SO <sub>x</sub>	0.0231	0.0358	0.0462	0.0716	0.0924	0.1432

Le caratteristiche geometriche della sorgente sono riportate di seguito.

**Tabella 3.36: Caratteristiche geometriche della sorgente.**

Parametro	Valore
Altezza comignolo [m]:	1



Parametro	Valore
Effective Height [m]:	0.85
Larghezza nave massima [m]	5
Sigma y	5.12
Sigma z	0.79

### 3.3.2 Traffico

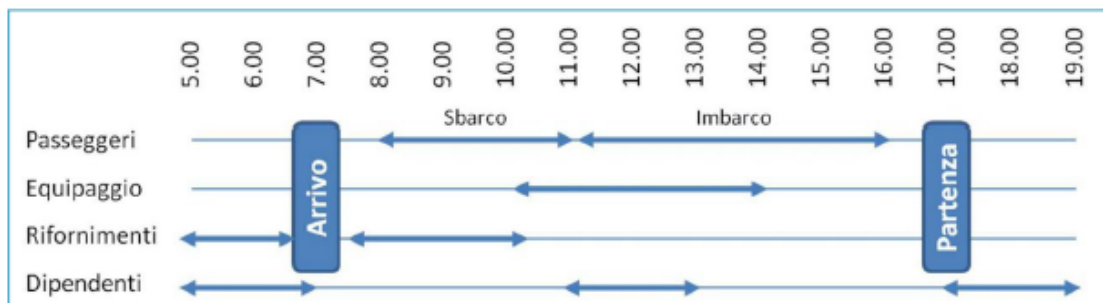
Per la fase di esercizio sono state modellate anche le emissioni generate dal traffico associato:

- ✓ Ai passeggeri della nave da crociera;
- ✓ All'equipaggio della nave da crociera;
- ✓ Ai lavoratori del terminal;
- ✓ Agli utenti della yacht marina.

Il traffico è stato modellato attraverso un numero di autoveicoli e di autobus variabile a seconda del numero di veicoli coinvolti.

Lo scenario considerato corrisponde alla presenza in porto della nave da crociera per tre giorni alla settimana, in configurazione home port, ossia con sbarco della totalità dei passeggeri "turnaround", ricambio del 20% dell'equipaggio e imbarco dei passeggeri in giornata. Tale scenario risulta più impattante rispetto alla modalità con passeggeri "in transito", ossia in cui i passeggeri abbandonano la nave per effettuare una gita in giornata per poi rientrare alla crociera. In tale configurazione, non è previsto il ricambio dell'equipaggio, dunque risulta meno impattante.

Una schematizzazione del traffico associato alla presenza della crociera è presentata in Figura 3.4.



**Figura 3.4:** Scansione temporale del traffico associato alla presenza della nave da crociera, caso con passeggeri "turnaround".

Il traffico associato alla presenza della nave da crociera può essere schematizzato come segue:

- ✓ Arrivo dei dipendenti del terminal e delle attività ricettive, pari al massimo a 250 unità su due turni (150 unità terminal, 100 attività ricettive), tra le ore 05:00 e le 07:00.
- ✓ Sbarco dei passeggeri, pari al massimo a 5400 unità. La velocità di sbarco dei passeggeri è pari a 1800 unità/ora. Tali passeggeri abbandonano il terminal tramite 30 bus GT ogni ora, aventi capienza pari a 50 passeggeri, o tramite auto quali taxi o noleggio con conducente, considerando 2 passeggeri/veicolo per un totale di 180 auto/ora, per un totale di 3 ore. Lo sbarco avrà durata dalle 08:00 sino alle 11:00. Si è considerato che tali mezzi, nella medesima ora, compiranno viaggio di andata e ritorno, dunque 2 viaggi/ora.
- ✓ Ricambio del 20% dell'equipaggio: tra le ore 10:00 e le 14:00 giungono al porto i membri che entreranno in servizio e il personale da sostituire abbandona il terminal; considerando un totale di membri dell'equipaggio pari a 2100 unità, il 20% corrisponde a 420 membri dell'equipaggio sostituiti.
- ✓ Cambio turno dei dipendenti del terminal e attività ricettive: tra le ore 11:00 e le 13:00, i dipendenti che entrano in servizio giungono al porto e i dipendenti da sostituire abbandonano il porto;

- ✓ Imbarco dei passeggeri, pari al massimo a 5400 unità. Poiché l'imbarco dei passeggeri avviene più lentamente rispetto allo sbarco, questa fase è distribuita in 5 ore. Si è ipotizzato cautelativamente che il numero orario di mezzi coinvolti durante la fase di imbarco sia il medesimo rispetto alla fase di sbarco, ossia i passeggeri giungono al terminal tramite 30 bus GT ogni ora, aventi capienza pari a 50 passeggeri, o tramite auto quali taxi o noleggio con conducente, considerando 2 passeggeri/veicolo per un totale di 180 auto/ora, per un totale di 5 ore. L'imbarco ha durata dalle 11:00 sino alle 16:00. Si è considerato che tali mezzi, nella medesima ora, compiranno 1 viaggio di andata e 1 di ritorno, dunque 2 viaggi/ora.
- ✓ Abbandono del porto da parte del personale: i 150 dipendenti escono dal porto tra le 17:00 e le 19:00.
- ✓ Il traffico associato alla yacht marina è stato considerato con 1 veicolo per ogni imbarcazione utilizzata, quindi 2 viaggi per ciascuna imbarcazione nell'arco della giornata. Tale valore è stato distribuito su 12 ore (08-20). Il numero di imbarcazioni utilizzate è stato assunto variare come segue:
  - 10% delle imbarcazioni nel periodo gennaio, febbraio, novembre e dicembre, corrispondenti a 15 viaggi/ora.
  - 20% delle imbarcazioni nel periodo marzo, aprile, maggio e ottobre, corrispondenti a 30 viaggi/ora;
  - 40% delle imbarcazioni nel periodo da giugno a settembre, corrispondenti a 50 viaggi/ora.

In conclusione, una panoramica del traffico di autoveicoli e di autobus associato alla presenza della crociera e al traffico indotto dalla nautica da diporto, ripartito tra le due strade considerate, è presentato di seguito. Le strade considerate sono le medesime analizzate nella fase di cantiere.

In Tabella 3.37 si mostra il numero di autobus ed autoveicoli stimato nei giorni di presenza della crociera, al variare dei periodi dell'anno.

Nei giorni in cui la nave da crociera non risulti presente in porto, è stato considerato solo il traffico associato alla yacht marina e ai dipendenti del terminal e delle attività ricettive. La panoramica del traffico stimato in tali giorni è presentata in Tabella 3.38.

Tabella 3.37: Traffico associato alla presenza della crociera e alla yacht marina, nei diversi periodi dell'anno.

Orari	Gennaio, febbraio, novembre, dicembre		Marzo, aprile, maggio, ottobre		Da giugno a settembre	
	Auto	Bus	Auto	Bus	Auto	Bus
00:00	0	0	0	0	0	0
01:00	0	0	0	0	0	0
02:00	0	0	0	0	0	0
03:00	0	0	0	0	0	0
04:00	0	0	0	0	0	0
05:00	10.5	1	10.5	1	10.5	1
06:00	10.5	1	10.5	1	10.5	1
07:00	0	0	0	0	0	0
08:00	190	30	200	30	220	30
09:00	190	30	200	30	220	30
10:00	207.5	33	235	30	255	30
11:00	218	34	245.5	34	265.5	34
12:00	218	34	245.5	34	265.5	34
13:00	207.5	33	235	30	255	30
14:00	190	30	200	30	220	30
15:00	190	30	200	30	220	30
16:00	10	0	20	0	40	0
17:00	20.5	1	30.5	1	50.5	1
18:00	20.5	1	30.5	1	50.5	1
19:00	10	0	20	0	40	0
20:00	0	0	0	0	0	0
21:00	0	0	0	0	0	0
22:00	0	0	0	0	0	0

Orari	Gennaio, febbraio, novembre, dicembre		Marzo, aprile, maggio, ottobre		Da giugno a settembre	
	Auto	Bus	Auto	Bus	Auto	Bus
23:00	0	0	0	0	0	0

Tabella 3.38: Traffico in assenza di crociera in porto, nei diversi periodi dell'anno.

Orari	Gennaio, febbraio, novembre, dicembre		Marzo, aprile, maggio, ottobre		Da giugno a settembre	
	Auto	Bus	Auto	Bus	Auto	Bus
00:00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
01:00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
02:00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
03:00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
04:00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
05:00	10.5	1.00	10.5	1.00	10.5	1.00
06:00	10.5	1.00	10.5	1.00	10.5	1.00
07:00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
08:00	10	0.00	20	0.00	40	0.00
09:00	10	0.00	20	0.00	40	0.00
10:00	10	0.00	20	0.00	40	0.00
11:00	20.5	1.00	30.5	1.00	50.5	1.00
12:00	20.5	1.00	30.5	1.00	50.5	1.00
13:00	10	0.00	20	0.00	40	0.00
14:00	10	0.00	20	0.00	40	0.00
15:00	10	0.00	20	0.00	40	0.00
16:00	10	0.00	20	0.00	40	0.00
17:00	20.5	1.00	30.5	1.00	50.5	1.00
18:00	20.5	1.00	30.5	1.00	50.5	1.00
19:00	10	0.00	20	0.00	40	0.00

Orari	Gennaio, febbraio, novembre, dicembre		Marzo, aprile, maggio, ottobre		Da giugno a settembre	
	Auto	Bus	Auto	Bus	Auto	Bus
20:00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
21:00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
22:00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
23:00	0	0.00	0	0.00	0	0.00

Per caratterizzare il parco auto, il procedimento è stato il medesimo adottato nella stima delle emissioni associate al traffico dei lavoratori, presentato al § 3.2.3. Si è considerato il parco auto circolante in Italia nell'anno 2021, fornito dall'Associazione Nazionale Filiera dell'Industria Automobilistica (ANFIA), e le emissioni provenienti dai gas di scarico delle automobili sono state calcolate seguendo la metodologia descritta dall' EMEP/EEA – "Air pollutant emission inventory guidebook 2019", aggiornato a dicembre 2021, al paragrafo dedicato al Road Transport.

Per quanto riguarda le emissioni generate dal traffico di bus, si è considerata la categoria di bus "Coaches Standard" alimentati a Diesel, della categoria Euro 5B.

**Tabella 3.39: Emissione di inquinanti da traffico di camion**

Parametro	CO	NO <sub>x</sub>	PM10	SO <sub>x</sub>
Fattore emissivo 1 bus [g/km]	0.150	2.570	0.035	0.0015

Il traffico di bus segue la distribuzione temporale presentata in Tabella 3.37 e Tabella 3.38, su ciascuno dei due percorsi considerati.

La sorgente lineare è stata caratterizzata coi seguenti parametri:

**Tabella 3.40: Caratterizzazione del traffico di camion**

Parametro	Valore
Larghezza media strada [m]:	9
Altezza motrice [m]:	3
Effective Height [m]:	2.55
Sigma y	6.98
Sigma z	2.37

## 4 MODELLI DI CALCOLO

Ai fini dell'individuazione del modello di calcolo più idoneo per una corretta esecuzione di uno studio di modellistica diffusionale atmosferica, si deve prestare particolare attenzione ai seguenti elementi:

- ✓ Specificità geografica e morfologica del sito;
- ✓ Tipologia di sorgenti considerate (puntuali, lineari, areali o volumetriche);
- ✓ Intervallo spaziale e temporale di analisi, che rende necessaria l'applicazione di un modello di mesoscala;
- ✓ Tipologia di inquinanti trattati, caratterizzati da stati fisici particellari o gassosi.

Alla luce degli aspetti sopra considerati, il modello più appropriato al caso specifico di indagine risulta essere CALPUFF. Quest'ultimo è un modello a "puff", indicato per condizioni di orografia complessa, situazioni meteorologiche critiche come le calme di vento e domini spaziali anche di grandi dimensioni (raggi d'influenza compresi tra e 10 e 100 km), capace di modellare non solo la dispersione atmosferica degli inquinanti, ma anche la deposizione al suolo. Il modello, inoltre, è tra i più utilizzati e universalmente riconosciuti nel mondo come supporto di studi di impatto ambientale.

Il sistema modellistico CALPUFF si compone di tre componenti separate: CALMET, CALPUFF e CALPOST, oltre ad una quantità di preprocessori progettati per interfacciare il modello con data set meteorologici e territoriali di tipo standard e di largo utilizzo.

- ✓ CALMET rappresenta il modello meteorologico che ricostruisce la serie oraria del campo tridimensionale di vento e di temperatura. L'output prodotto da CALMET, inoltre, include anche campi bidimensionali (superficiali) di parametri quali, ad esempio, altezza di mescolamento, caratteristiche superficiali e parametri dispersivi.
- ✓ CALPUFF è il modello di trasporto e dispersione, necessario per il calcolo delle traiettorie, della dispersione e delle trasformazioni di "puff" di materiale emesso dalle sorgenti simulate. Normalmente esso utilizza i campi generati da CALMET, anche se è in grado, comunque, di utilizzare dati meteorologici di tipo più semplice (ad esempio dati puntuali) in analogia con altri modelli di diffusione. Le variazioni spaziali e temporali nei campi meteorologici selezionati sono esplicitamente prese in considerazione all'interno del periodo di simulazione. Il principale output di CALPUFF contiene le concentrazioni o le deposizioni orarie valutate ad ogni recettore impostato.
- ✓ CALPOST è, invece, utilizzato per l'elaborazione dei dati prodotti da CALPUFF, ad esempio producendo tabelle riassuntive e/o identificando i valori di picco ed i vari percentili per i vari recettori.

### 4.1 CALMET

CALMET è un pacchetto di simulazione per la ricostruzione del dominio meteorologico in grado di sviluppare campi di vento sia diagnostici che prognostici, rendendo così il sistema diffusionale capace di trattare condizioni atmosferiche complesse, variabili nel tempo e nello spazio.

CALMET consente di tener conto di diverse caratteristiche, quali la pendenza del terreno, la presenza di ostacoli al flusso, la presenza di zone marine o corpi d'acqua. È dotato inoltre di un processore micrometeorologico, in grado di calcolare i parametri dispersivi all'interno dello strato limite (PBL), come altezza di miscelamento e coefficienti di dispersione; inoltre, consente di produrre campi tridimensionali di temperatura e, a differenza di altri processori meteorologici (come per esempio AERMET), calcola internamente la classe di stabilità atmosferica, tramite la localizzazione del dominio (coordinate UTM), l'ora del giorno e la copertura del cielo.

Relativamente alla costruzione del campo di vento, CALMET è in grado di tenere conto degli effetti cinematici del terreno e risulta, quindi, adatto ad applicazioni in presenza di orografia complessa; in particolare, effettua il calcolo dello slope flow, cioè del flusso di aria che si genera lungo i pendii quando l'aria fredda nei pressi del terreno è accelerata verso valle a causa della forza di gravità.

Il modello meteorologico CALMET si compone, nel dettaglio, di un modulo per il calcolo del campo di vento (modello di tipo diagnostico) e di un modulo per il calcolo dei parametri micrometeorologici dello strato limite atmosferico. Il modello diagnostico per il calcolo dei campi di vento utilizza un algoritmo in due fasi. Nella prima fase una stima iniziale del campo di vento viene modificata in base agli effetti cinematici del terreno, dei pendii presenti, degli effetti di bloccaggio. Successivamente, nella seconda fase, mediante una procedura analitica oggettiva, vengono introdotti i dati osservati di input all'interno del campo prodotto dalla prima fase, ottenendo così il campo di vento finale. Esiste comunque la possibilità di utilizzare come input campi di vento (generalmente a maglie più larghe) prodotti da modelli meteorologici di tipo prognostico, come ad esempio MM4-MM5.

Di seguito si analizzano nel dettaglio le caratteristiche dell'approccio modellistico di CALMET.

Nella prima fase, gli effetti cinematici del terreno vengono considerati mediante l'approccio di Liu e Yocke (1980). Il campo di vento iniziale viene modificato tramite l'aggiunta di componenti verticali indotte dall'orografia complessa, utilizzando una funzione di decadimento di tipo esponenziale, dipendente dalla stabilità atmosferica. Gli effetti del terreno sulle componenti orizzontali del vento sono invece valutati applicando uno schema di minimizzazione della divergenza al campo di vento iniziale stimato. L'algoritmo viene applicato iterativamente fino a che la divergenza tridimensionale risulta al di sotto di una certa soglia. Il flusso sui pendii viene calcolato in base alla parametrizzazione di Mahrt (1982), mentre gli effetti termodinamici di bloccaggio del terreno sul flusso di vento sono parametrizzati in termini di numero di Froude locale.

Nella seconda fase di calcolo, la procedura prevede l'introduzione dei dati di input osservati. Viene effettuata un'interpolazione pesando maggiormente i punti nelle vicinanze del dato osservato, mentre il campo di vento risultante dalla prima fase risulta dominante nelle regioni del dominio più lontane. Come già accennato in precedenza, in alternativa ai dati osservati, possono essere utilizzati i risultati derivanti da modelli di tipo prognostico a larga scala.

Per il calcolo dei parametri micrometeorologici CALMET utilizza due differenti modelli, a seconda della tipologia di superficie planetaria coinvolta (terreno o acqua). Al di sopra della terraferma, viene applicato il bilancio energetico di Holtslag e Van Ulden (1983) per il calcolo dei valori bidimensionali orari di flusso di calore sensibile, velocità di attrito, lunghezza di Monin-Obukhov e velocità convettiva di scala. Le altezze di mescolamento sono determinate a partire dai valori calcolati di flusso superficiale di calore e dai valori osservati dei profili verticali di temperatura.

## 4.2 CALPUFF

Il modello CALPUFF, realizzato dalla Earth Tech Inc. per conto del California Air Resources Board (CARB) e del U.S. Environmental Protection Agency (US-EPA) è un modello di dispersione non stazionario, che veicola i "puff" gaussiani di materiale emesso dalle sorgenti attraverso un approccio lagrangiano. CALPUFF è specifico per gli inquinanti inerti o debolmente reattivi e può funzionare sia in modalità short-term, per studi d'impatto ambientale relativi ad uno specifico caso-studio, che in modalità long-term, nel caso si renda necessario stimare valori di concentrazione medi su periodi temporali rappresentativi (ad es. un anno). È adatto alla simulazione della dispersione di emissioni da sorgenti industriali, anche multiple. È in grado di calcolare la deposizione secca ed umida, gli effetti di scia dovuti agli edifici, la dispersione da sorgenti puntiformi, areali o volumetriche, l'innalzamento graduale del pennacchio in funzione della distanza dalla sorgente, l'influenza dell'orografia del suolo sulla dispersione, la dispersione in casi di venti deboli o assenti.

I coefficienti di dispersione sono calcolati dai parametri di turbolenza, anziché dalle classi di stabilità di Pasquill-Gifford-Turner, vale a dire che la turbolenza è descritta da funzioni continue anziché discrete. Durante i periodi in cui lo strato limite ha struttura convettiva, la distribuzione delle concentrazioni all'interno di ogni singolo "puff" è gaussiana sui piani orizzontali, ma asimmetrica sui piani verticali, cioè tiene conto della asimmetria della funzione di distribuzione di probabilità delle velocità verticali. Il modello simula gli effetti sulla dispersione dovuti ai moti ascendenti e discendenti tipici delle ore più calde della giornata e dovuti a vortici di grande scala.

Tra i principali input di cui il modello necessita vi sono:

- ✓ Definizione delle sorgenti: posizione, ratei di emissione, temperatura di emissione, velocità di emissione, caratteristiche fisiche (altezza dei camini e loro diametro).
- ✓ Definizione della meteorologia.
- ✓ Definizione dei parametri di controllo della simulazione: quali variabili produrre in output (concentrazioni, deposizioni), quali parametri di dispersione utilizzare (urbani, rurali), ecc..
- ✓ Definizione dei recettori discreti: posizioni in cui le variabili d'uscita devono essere calcolate.

Le caratteristiche principali di CALPUFF sono:

- ✓ Capacità di trattare sorgenti puntuali, lineari, areali, di volume, con caratteristiche variabili nel tempo (flusso di massa dell'inquinante, velocità di uscita dei fumi, temperatura, ecc.).
- ✓ Notevole flessibilità relativamente all'estensione del dominio di simulazione, da poche decine di metri (scala locale) a centinaia di chilometri dalla sorgente (mesoscala).
- ✓ Capacità di trattare situazioni meteorologiche variabili e complesse, come calme di vento, parametri dispersivi non omogenei, effetti vicino alla sorgente, come transitional plume rise (innalzamento del plume dalla sorgente), building downwash (effetti locali di turbolenza dovuti alla presenza di ostacoli lungo la direzione del flusso), partial plume penetration (parziale penetrazione del plume nello strato d'inversione), fumigation.

- ✓ Capacità di trattare condizioni di orografia complessa e caratterizzate da una significativa rugosità, nelle quali gli effetti della fisionomia del terreno influenzano la dispersione degli inquinanti.
- ✓ Capacità di trattare effetti a lungo raggio quali le trasformazioni chimiche, trasporto sopra l'acqua ed interazione tra zone marine e zone costiere.
- ✓ Possibilità di applicazione ad inquinanti inerti e polveri, soggetti a rimozione a secco o ad umido, ed a inquinanti reagenti: si possono considerare la formazione di inquinanti secondari, il fenomeno di smog fotochimico, ecc.

### 4.3 CALPOST

CALPOST è il modulo in grado di elaborare l'output primario del CALPUFF, con i valori delle concentrazioni in corrispondenza dei recettori, a griglia o discreti, per renderlo adatto ad una migliore visualizzazione dei risultati nei formati richiesti dall'utente.

Lo stesso modulo consente anche di calcolare la riduzione della visibilità dovuta alle emissioni e la possibilità di applicare dei fattori di scala alle concentrazioni calcolate con CALPUFF, per una migliore rappresentazione dei risultati.

CALPOST consente l'estrazione di stime orarie, per un inquinante alla volta, di medie giornaliere, mensili o su di un numero di ore a piacere. Le stime di concentrazione (o di flusso di deposizione) vengono fornite sia in formato ASCII, sia in formato GRD.



## 5 RICOSTRUZIONE DEL CAMPO DI VENTO

### 5.1 DOMINI DI CALCOLO

Vista l'eterogeneità orografica dell'area oggetto di studio è stato necessario scegliere un dominio di calcolo di un'ampiezza piuttosto estesa, tale da essere sufficientemente rappresentativa. Allo stesso tempo, un'elevata estensione del dominio comporta anche una risoluzione più grossolana che in tali condizioni risulta essere comunque la soluzione modellistica migliore.

Le scelte fatte per la definizione del dominio di calcolo sono qui di seguito descritte:

- ✓ Area ove insiste l'area oggetto del presente studio (Figura 5.1). È costituito da un dominio meteorologico, centrato alle coordinate UTM 33 X = 275364 m E, Y = 4626016 m N; con estensione di 125 x 125 km<sup>2</sup> e diviso in una griglia regolare a celle quadrate con una risoluzione di 1 km.
- ✓ L'estensione verticale raggiunge una quota di 3500 m, con 10 layer verticali compresi tra il livello del suolo e la massima altezza.
- ✓ Il dominio computazionale, che è il dominio all'interno del quale vengono considerate le sorgenti emissive e su cui vengono simulati i fenomeni di avvezione e dispersione degli inquinanti, ha estensione 80 x 80 km<sup>2</sup> con risoluzione cella di 1 km.

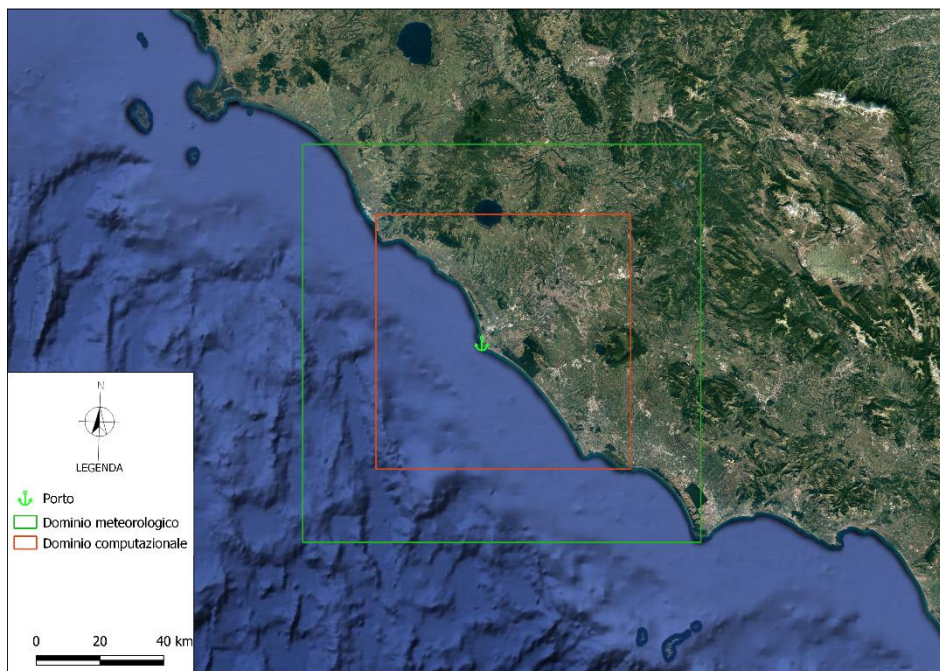


Figura 5.1: Domini meteorologico e computazionale

### 5.2 OROGRAFIA E USO DEL SUOLO

I dati necessari per la definizione delle caratteristiche orografiche e idrografiche dei domini di studio sono stati estratti dal database SRTM, frutto di una collaborazione tra National Aeronautics and Space Administration (NASA), National Geospatial-Intelligence Agency (NGA) e altre agenzie spaziali, tra cui quella tedesca e italiana. Il modello digitale di elevazione (DEM) utilizzato è SRTM<sup>3</sup>, che ha una risoluzione di 3 arco secondi (circa 90 m) (Figura 5.2). Nelle aree del dominio dove tali dati non sono disponibili si è fatto ricorso ai dati GTOPO30 forniti dall'U.S. Geological Survey (USGS) caratterizzati da una risoluzione più grossolana di 30 arco secondi (circa 900 m). Per migliorare la caratterizzazione orografica del dominio di interesse, sono stati impiegati anche i dati delle linee di costa e dei corpi d'acqua ad alta risoluzione Global Self-consistent, Hierarchical, High-resolution Database (GSHHS) forniti dal National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).

Per quanto riguarda l'uso del suolo, è stato utilizzato il database Corine Land Cover (CLC) dell'anno 2018, messo a disposizione dal Global Monitoring for Environment and Security (GMES), conosciuto oggi come Copernicus. Esso, con una risoluzione spaziale di circa 100 m, riporta l'informazione sulla tipologia di copertura del suolo, codificata secondo un preciso codice (Figura 5.3).

Nelle Figura 5.4 e Figura 5.5 sono rappresentate le elaborazioni eseguite con i preprocessori di CALMET che restituiscono rispettivamente una griglia di orografia ed uso del suolo con risoluzione uguale a quella dei domini meteorologici. Per quanto riguarda l'uso del suolo, poiché i codici del database CLC non sono immediatamente leggibili dal preprocessore, è stata utilizzata la tabella di decodifica riportata nel documento "Definizione della metodologia e degli input necessari per l'esecuzione di analisi integrate CALPUFF-CALMET ai fini della valutazione della dispersione di inquinanti radioattivi in atmosfera", elaborato da ENEA nel 2015.

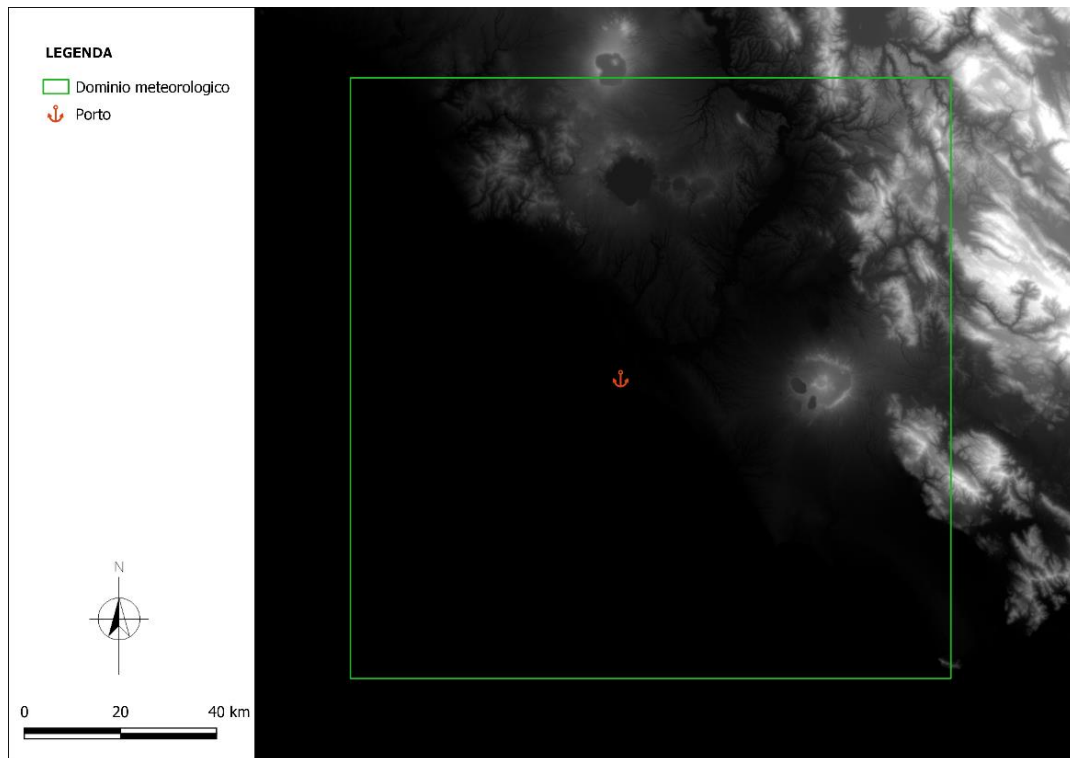


Figura 5.2: Visualizzazione dei dati GeoTIFF disponibili dal database SRTM<sup>3</sup>

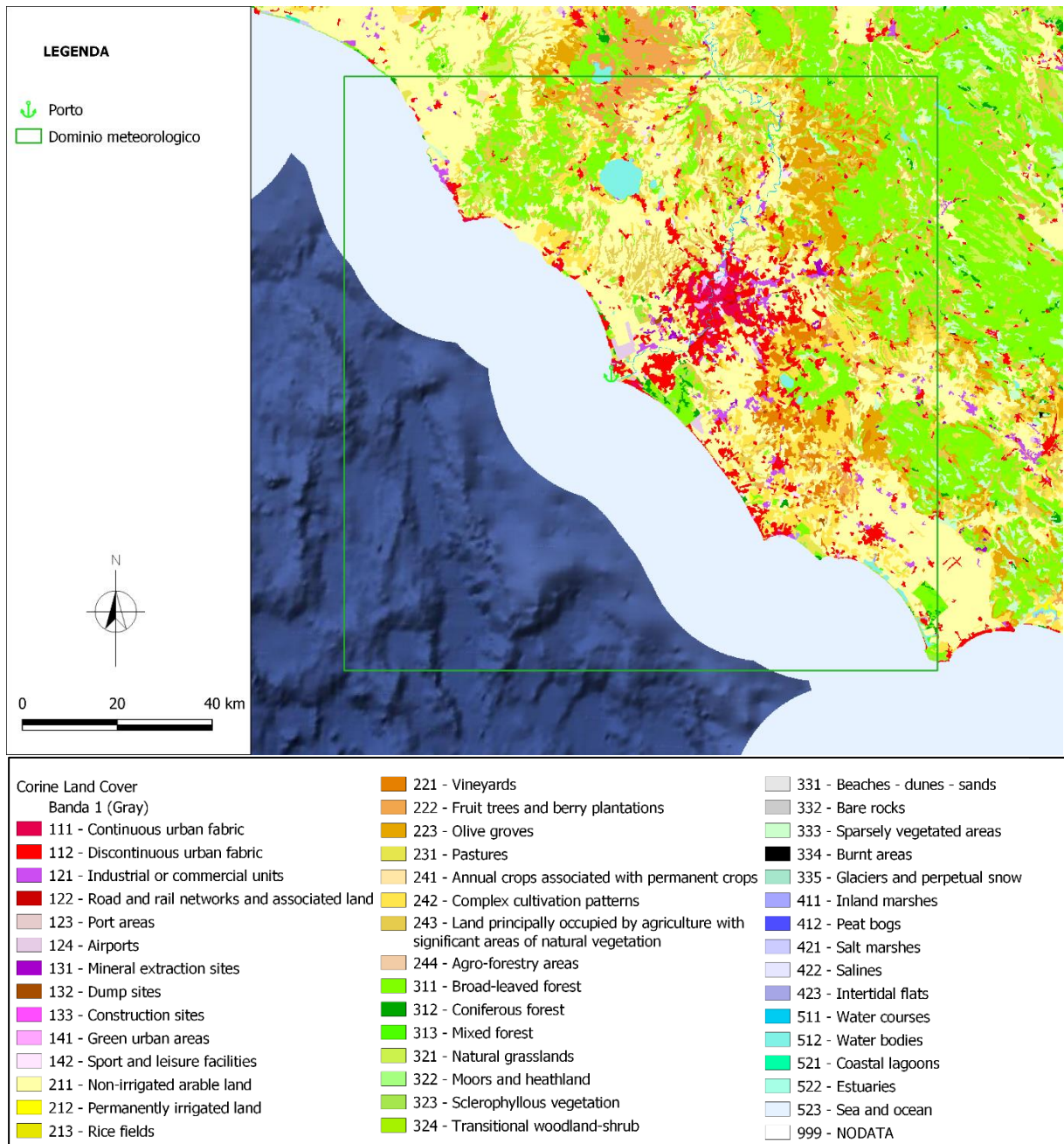


Figura 5.3: Visualizzazione dei dati di land cover disponibili dal database CLC



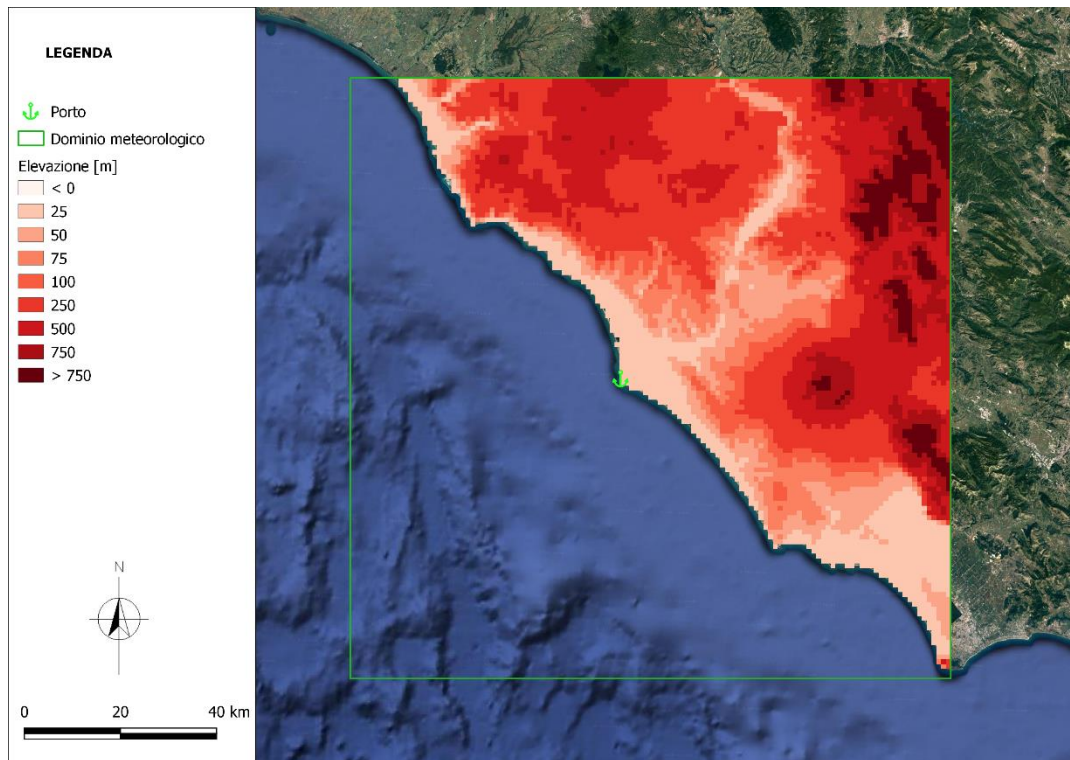


Figura 5.4: Dominio CALMET: griglia di elevazione (orografia)

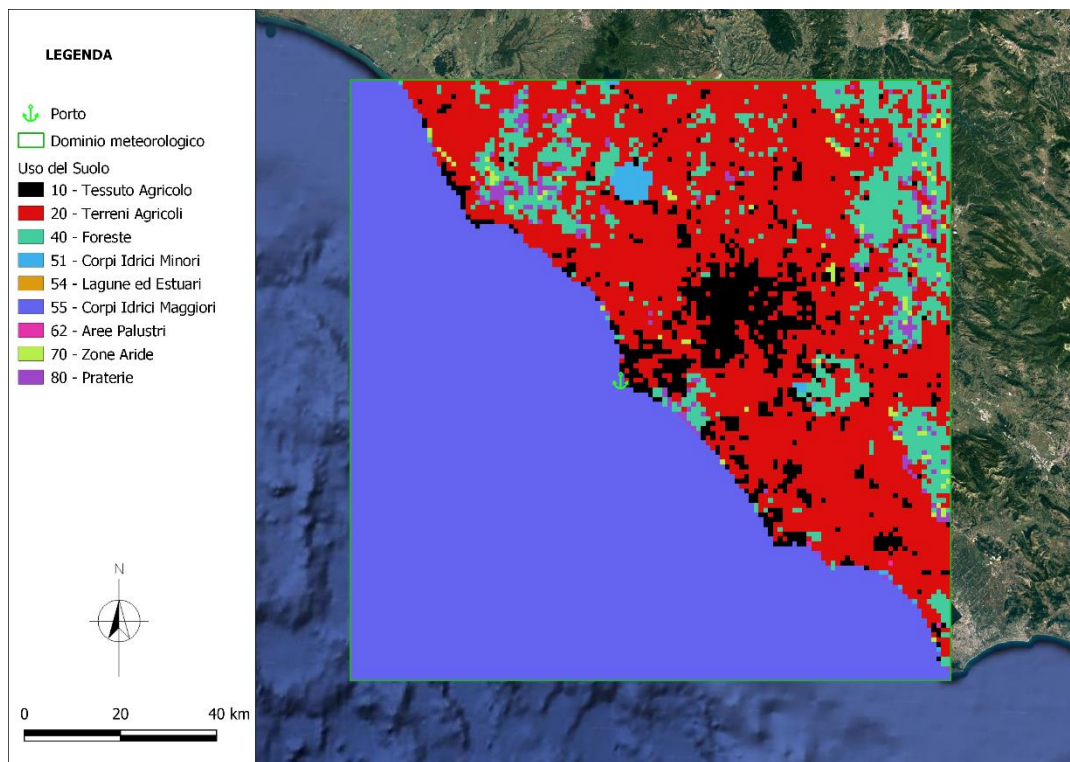


Figura 5.5: Dominio CALMET: griglia di uso del suolo

### 5.3 DATI METEOROLOGICI

Tutti i dati meteorologici utilizzati nel presente studio sono stati estratti dal database di re analisi Copernicus ERA5 dell'European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF). Questo dataset, che copre l'intero globo con una griglia con risoluzione 30 km e 137 layer atmosferici dalla superficie terrestre ad una quota di 80 km, fornisce, dal 1979 fino alla data odierna, informazioni su base oraria di un ampio numero di variabili climatiche atmosferiche, terrestri e oceanografiche.

I dati meteorologici di superficie necessari per l'utilizzo del modello CALMET consistono nei rilevamenti orari di parametri meteorologici quali direzione e velocità del vento, temperatura dell'aria, umidità relativa, copertura nuvolosa, altezza delle nuvole, pressione atmosferica e precipitazione. Tali dati vengono integrati, nel caso in cui la centralina ricada a mare, dal parametro differenza di temperatura tra aria e strato superficiale del mare.

La serie di dati in quota utilizzato come input da CALMET è caratterizzata da profili verticali di velocità e direzione del vento, pressione atmosferica, temperatura dell'aria e altezza di geopotenziale con una risoluzione temporale di 12 ore. I dati in quota devono coprire l'intera estensione verticale del dominio di calcolo.

Le centraline sulla superficie terrestre e in quota impiegate nel presente studio, identificate in Figura 5.6, e le centraline sulla superficie del mare, identificate in Figura 5.7, hanno una equidistanza spaziale di 0.5°. Le relative coordinate geografiche, del tipo WGS84, sono riportate in Tabella 5.1: Coordinate delle centraline impiegate.



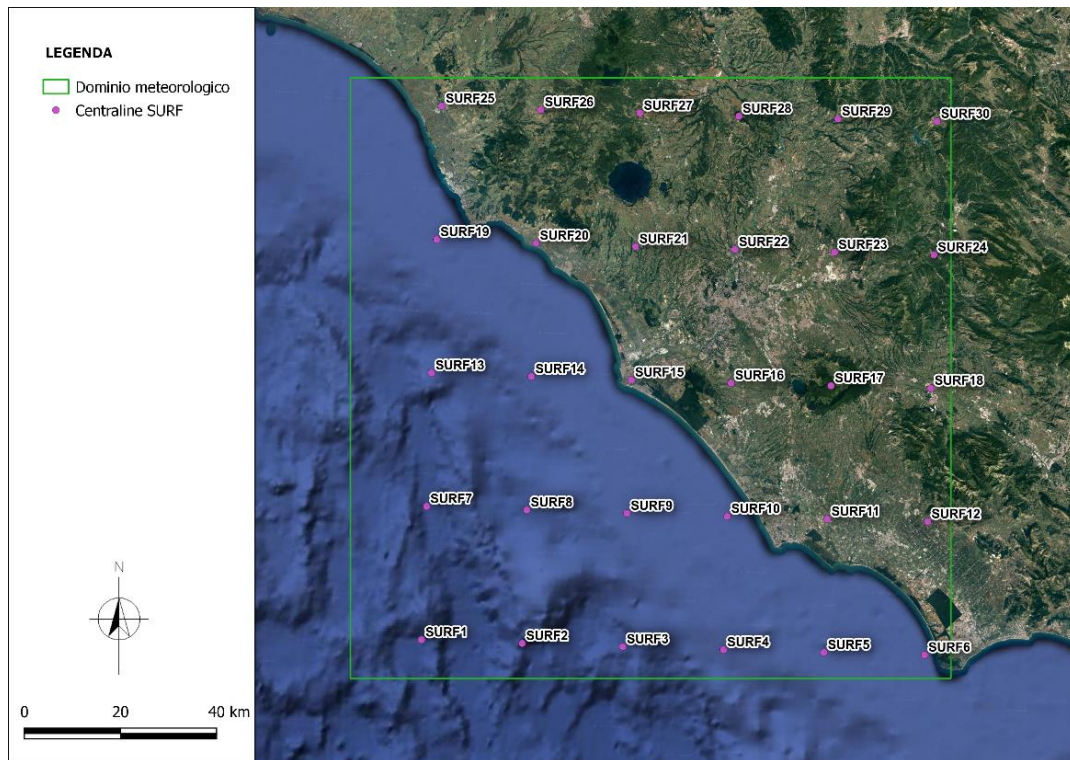


Figura 5.6: Dominio CALMET per l'area ove insiste l'area di progetto: centraline superficiali (SURF). Le centraline in quota (UP) coincidono con le centraline superficiali.

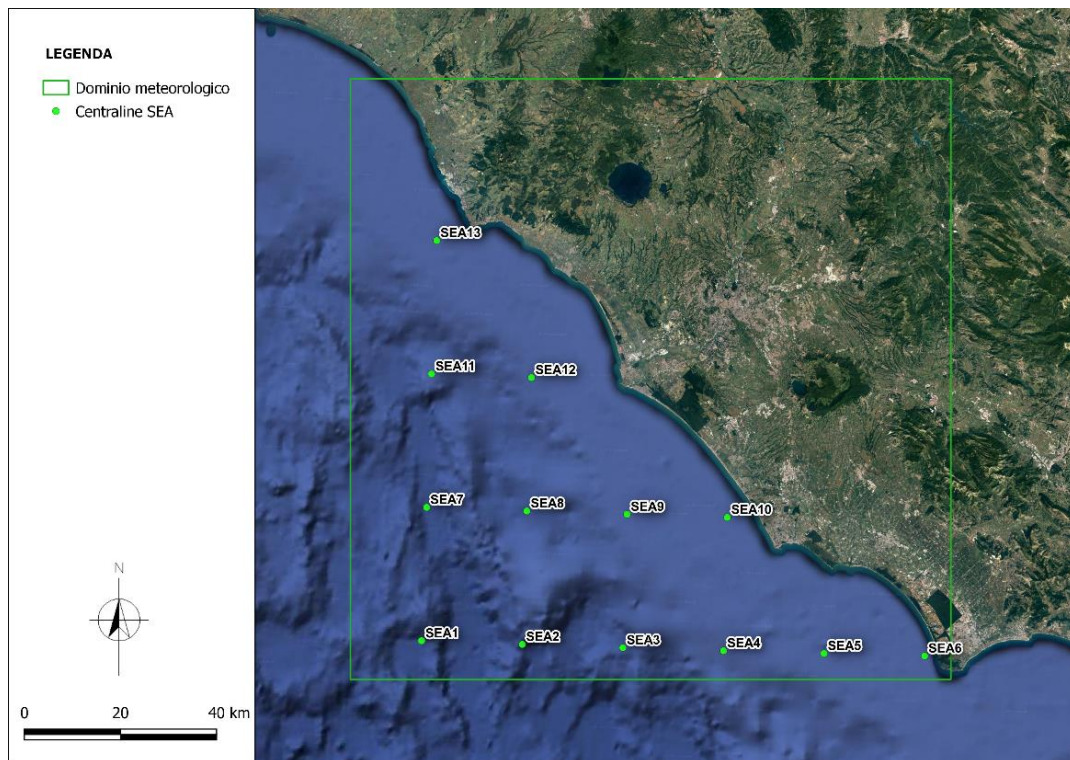


Figura 5.7: Dominio CALMET per l'area ove insiste l'area di progetto: centraline a mare (SEA).

Tabella 5.1: Coordinate delle centraline impiegate

ID Centralina	X [° LON]	Y [° LAT]	ID Centralina	X [° LON]	Y [° LAT]	ID Centralina	X [° LON]	Y [° LAT]
<b>SURF1</b>	11.75	41.25	<b>SEA1</b>	11.75	41.25	<b>UP1</b>	11.75	41.25
<b>SURF2</b>	12	41.25	<b>SEA2</b>	12	41.25	<b>UP2</b>	12	41.25
<b>SURF3</b>	12.25	41.25	<b>SEA3</b>	12.25	41.25	<b>UP3</b>	12.25	41.25
<b>SURF4</b>	12.5	41.25	<b>SEA4</b>	12.5	41.25	<b>UP4</b>	12.5	41.25
<b>SURF5</b>	12.75	41.25	<b>SEA5</b>	12.75	41.25	<b>UP5</b>	12.75	41.25
<b>SURF6</b>	13	41.25	<b>SEA6</b>	13	41.25	<b>UP6</b>	13	41.25
<b>SURF7</b>	11.75	41.5	<b>SEA7</b>	11.75	41.5	<b>UP7</b>	11.75	41.5
<b>SURF8</b>	12	41.5	<b>SEA8</b>	12	41.5	<b>UP8</b>	12	41.5
<b>SURF9</b>	12.25	41.5	<b>SEA9</b>	12.25	41.5	<b>UP9</b>	12.25	41.5
<b>SURF10</b>	12.5	41.5	<b>SEA10</b>	12.5	41.5	<b>UP10</b>	12.5	41.5
<b>SURF11</b>	12.75	41.5	<b>SEA11</b>	11.75	41.75	<b>UP11</b>	12.75	41.5
<b>SURF12</b>	13	41.5	<b>SEA12</b>	12	41.75	<b>UP12</b>	13	41.5
<b>SURF13</b>	11.75	41.75	<b>SEA13</b>	11.75	42	<b>UP13</b>	11.75	41.75
<b>SURF14</b>	12	41.75				<b>UP14</b>	12	41.75
<b>SURF15</b>	12.25	41.75				<b>UP15</b>	12.25	41.75
<b>SURF16</b>	12.5	41.75				<b>UP16</b>	12.5	41.75
<b>SURF17</b>	12.75	41.75				<b>UP17</b>	12.75	41.75
<b>SURF18</b>	13	41.75				<b>UP18</b>	13	41.75
<b>SURF19</b>	11.75	42				<b>UP19</b>	11.75	42
<b>SURF20</b>	12	42				<b>UP20</b>	12	42
<b>SURF21</b>	12.25	42				<b>UP21</b>	12.25	42
<b>SURF22</b>	12.5	42				<b>UP22</b>	12.5	42
<b>SURF23</b>	12.75	42				<b>UP23</b>	12.75	42



ID Centralina	X [° LON]	Y [° LAT]	ID Centralina	X [° LON]	Y [° LAT]	ID Centralina	X [° LON]	Y [° LAT]
<b>SURF24</b>	13	42				<b>UP24</b>	13	42
<b>SURF25</b>	11.75	42.25				<b>UP25</b>	11.75	42.25
<b>SURF26</b>	12	42.25				<b>UP26</b>	12	42.25
<b>SURF27</b>	12.25	42.25				<b>UP27</b>	12.25	42.25
<b>SURF28</b>	12.5	42.25				<b>UP28</b>	12.5	42.25
<b>SURF29</b>	12.75	42.25				<b>UP29</b>	12.75	42.25
<b>SURF30</b>	13	42.25				<b>UP30</b>	13	42.25

#### 5.4 SCELTA DELL'ANNO RAPPRESENTATIVO

Al fine di identificare un anno meteorologico rappresentativo delle condizioni medie di lungo periodo è stata condotta una analisi utilizzando i dati provenienti dal database ERA5 per il decennio 2013-2022 estratti al punto di coordinate 12.25°E, 41.75°N, che si può ritenere rappresentativo dell'area del porto. Analizzando sia le rose dei venti annuali e decennale, sia gli andamenti delle temperature dell'aria e delle precipitazioni annuali e decennale, riportate in Appendice si può notare che l'anno 2022 è quello che, complessivamente, fa registrare le variazioni più esigue rispetto al trend decennale di vento, temperatura dell'aria e precipitazione. Pertanto, tale anno è stato selezionato per la simulazione con il modello CALMET.

#### 5.5 RISULTATI

La simulazione del campo di vento con il codice CALMET è stata eseguita dal 01/01/2022 al 01/01/2023 per un totale di 8,760 ore. In Figura 5.8 sono riportate la rosa dei venti mensili ed annuale, relative allo strato (layer) più superficiale per un punto di coordinate prossime all'area di progetto del porto (UTM 33 N = 271352 m, Y = 4625675 m), estratte dal campo tridimensionale dei venti ricostruito con CALMET.

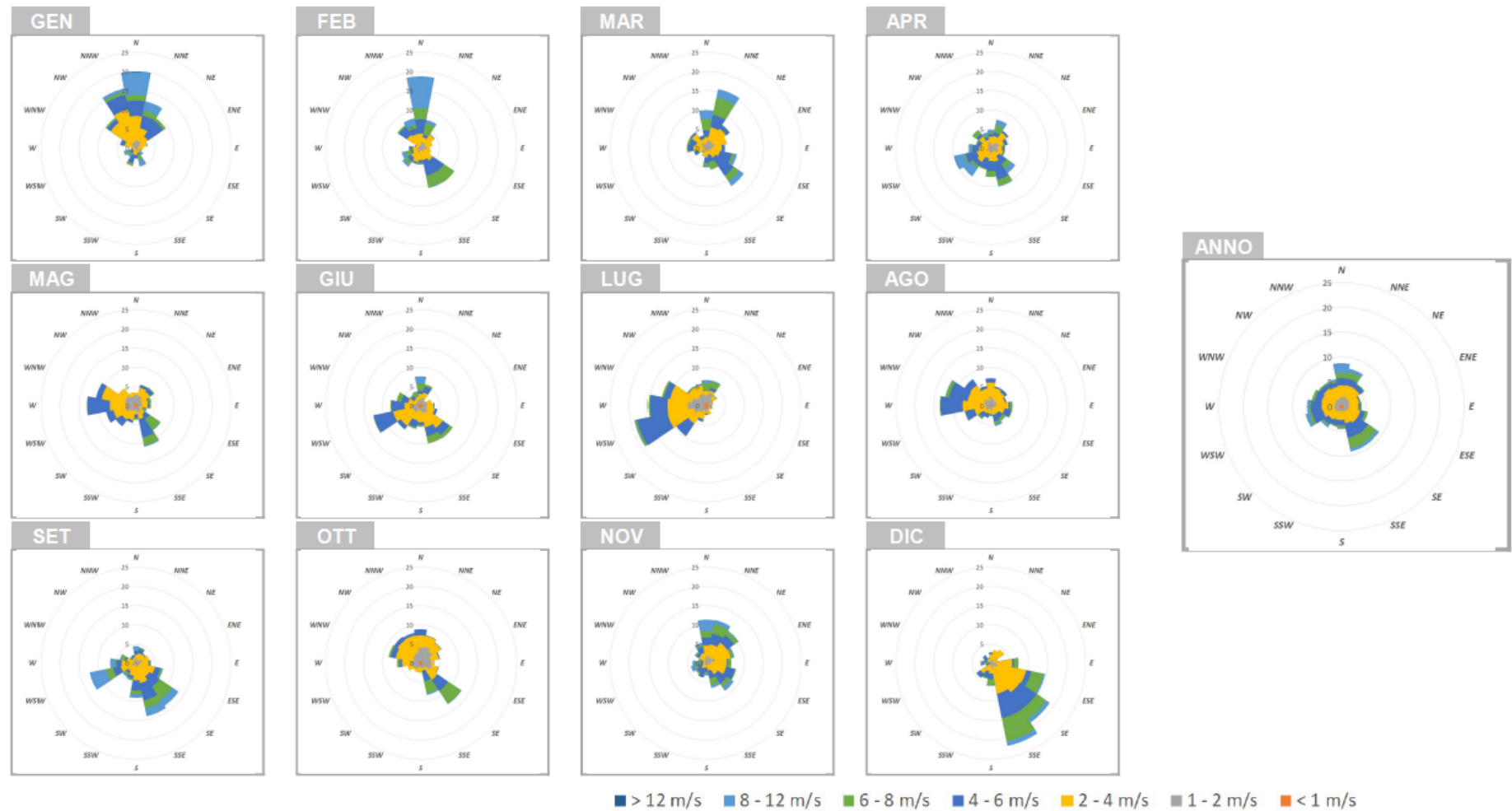


Figura 5.8: Rose dei venti mensili presso il punto di coordinate UTM 33 N = 271352 m, Y = 4625675 m

## 6 ANALISI DI DISPERSIONE INQUINANTI

### 6.1 ASSUNZIONI MODELLISTICHE

Per quanto riguarda le impostazioni delle simulazioni della dispersione degli inquinanti derivante dalle attività di cantiere e di esercizio del porto di Fiumicino, si sottolinea come, a fini cautelativi, sia stata trascurata l'implementazione modellistica relativa ai fenomeni di rimozione secca ed umida.

### 6.2 LIMITI DI RIFERIMENTO

Le concentrazioni di inquinanti stimate con il modello di dispersione CALPUFF sono state riferite agli indicatori della normativa vigente per la qualità dell'aria (Allegati XI e XII al D.Lgs. 155/2010), riportati in Tabella 6.1.

Tabella 6.1. Limiti normativi considerati per gli inquinanti emessi (Allegato XI al D.Lgs. 155/2020)

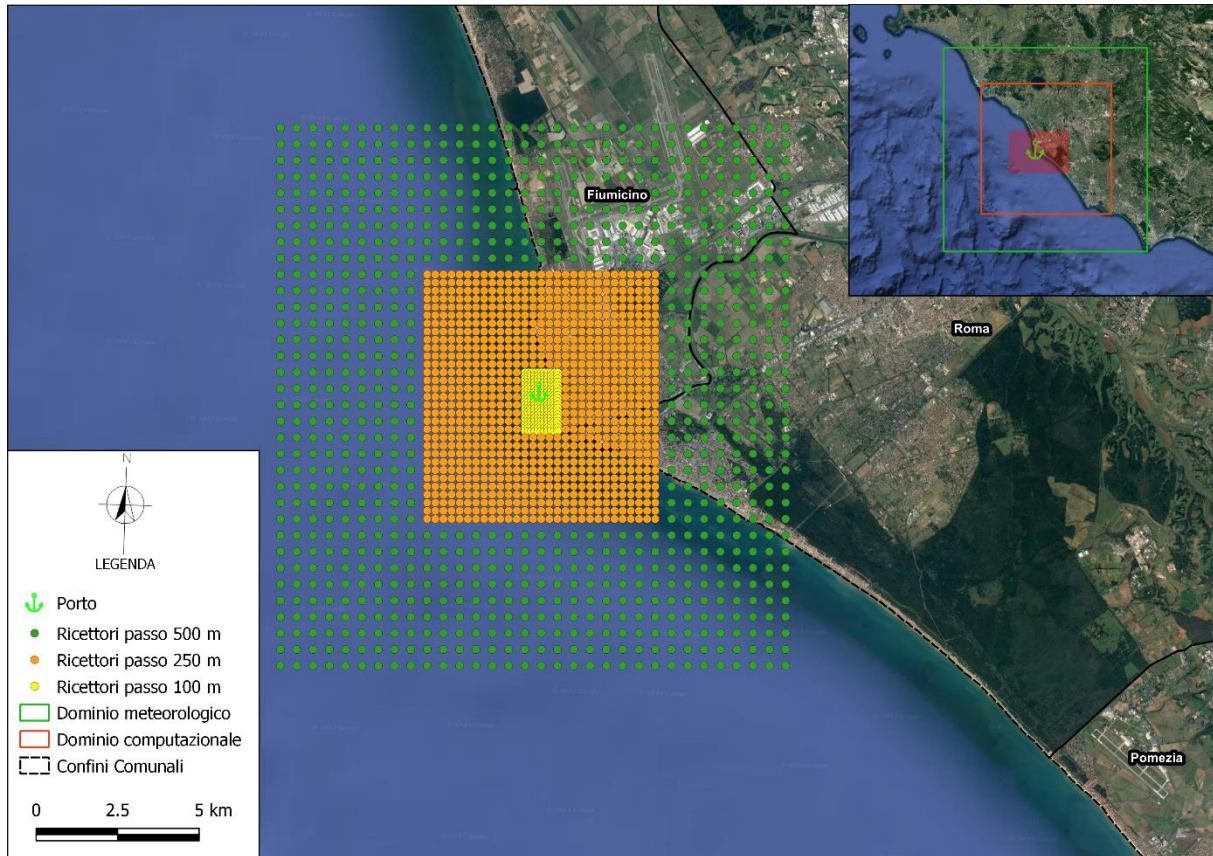
Inquinante	Limite	Periodo di mediazione	Valore limite	Superamenti annui
Biossido di zolfo (SO <sub>x</sub> )	Valore limite per la protezione della salute umana	1 ora	350 µg/m <sup>3</sup>	massimo 24 (99.7° percentile)
	Valore limite per la protezione della salute umana	1 giorno	125 µg/m <sup>3</sup>	massimo 3 volte (99.2° percentile)
	Livello critico per la vegetazione	Anno civile	20 µg/m <sup>3</sup>	-
Ossidi di azoto (NO <sub>x</sub> )	Valore limite per la protezione della salute umana	1 ora	200 µg/m <sup>3</sup>	massimo 18 volte (99.8° percentile)
	Valore limite per la protezione della salute umana	Anno civile	40 µg/m <sup>3</sup>	-
	Livello critico per la vegetazione	Anno civile	30 µg/m <sup>3</sup>	-
Polveri sottili (PM10)	Valore limite per la protezione della salute umana	1 giorno	50 µg/m <sup>3</sup>	massimo 35
	Valore limite per la protezione della salute umana	Anno civile	40 µg/m <sup>3</sup>	Valore limite per la protezione della salute umana
Monossido di carbonio (CO)	Valore limite per la protezione della salute umana	8 ore	10 mg/m <sup>3</sup>	Valore limite per la protezione della salute umana

### 6.3 RICETTORI

Ai fini della valutazione delle concentrazioni di inquinanti al suolo, si è proceduto come segue:

- ✓ si è creata una griglia di ricettori a passo variabile, in modo da caratterizzare lo scenario emissivo sulla totalità del territorio di interesse nei pressi del porto, ossia l'abitato di Fiumicino e di Ostia. Tale griglia, centrata sull'area del porto di Fiumicino, ha passo pari a 100 m nell'area corrispondente al porto di Fiumicino; passo

pari a 250 m all'interno di un buffer di 3 km rispetto all'area del porto; passo pari a 500 m nella zona di buffer posta tra 3 e 7 km rispetto all'area del porto. In tal modo, sono stati individuati 1916 ricettori, illustrati in Figura 6.1.



**Figura 6.1: Ricettori a passo variabile nei dintorni del porto di Fiumicino**

- ✓ si sono individuati ricettori discreti, ossia ricettori sensibili e centraline di monitoraggio. I ricettori sensibili sono posti in corrispondenza di ospedali, scuole, Residenze Sanitarie Assistenziali (RSA) localizzati negli abitati di Fiumicino ed Ostia. Oltre a tale tipologia di ricettori, sono state incluse le 2 centraline considerate per il monitoraggio della qualità dell'aria localizzate nel comune di Fiumicino. In totale sono stati individuati 23 ricettori discreti, elencati in Tabella 6.2 e illustrati nella figura seguente.

Tabella 6.2: Elenco dei ricettori discreti

ID	Recettore	X [km UTM <sup>33</sup> ]	Y [km UTM <sup>33</sup> ]	Elevazione [m s.l.m.]	ID	Recettore	X [m UTM <sup>33</sup> ]	Y [m UTM <sup>33</sup> ]	Elevazione [m s.l.m.]
1	I.C. Porto Romano - Scuola Primaria dell'Infanzia	270.630	4627.304	3.6	13	I.C. Vivaldi	275.108	4623.820	10
2	Poliambulatorio ASL Roma 3 Coni Zugna	270.422	4627.288	3.6	14	I.C. Mar dei Caraibi	275.640	4623.354	7.5
3	Centro Salute Mentale - Distretto Sanitario	270.207	4628.404	2.2	15	I.C. Viale Vega	275.087	4622.794	7.5
4	Ospedale G.B. Grassi	275.375	4623.180	7.5	16	I.C. Quinqueremi - ITCG Toscanelli	274.865	4622.760	7.5
5	I.C. Lido del Faro	270.006	4627.535	2.2	17	I.C. Colombo	270.032	4628.810	1.7
6	I.C. Porto Romano	269.976	4627.651	2.2	18	I.C. via delle Azzorre	273.609	4624.770	6.8
7	I.C. G.B. Grassi	269.930	4628.320	2.2	19	Istituto Ugo Foscolo	273.297	4624.317	8.3
8	RSA Villa Carla	269.468	4628.904	0.8	20	Istituto Giovanni Paolo II	273.007	4623.857	8.3
9	Istituto Statale d'Istruzione Carlo Urbani	271.817	4624.536	1.3	21	Istituto Pallotti	273.851	4623.553	8.3
10	I. C. Internazionale Parini	272.906	4624.653	6.8	22	Stazione ARPAL - Fiumicino Porto	269.227	4628.513	1
11	I. C. Giuliano da Sangallo	273.186	4623.718	8.3	23	Stazione ARPAL - Villa Guglielmi	270.339	4627.734	2.2
12	Liceo Scientifico Labriola	274.511	4624.513	8.5					



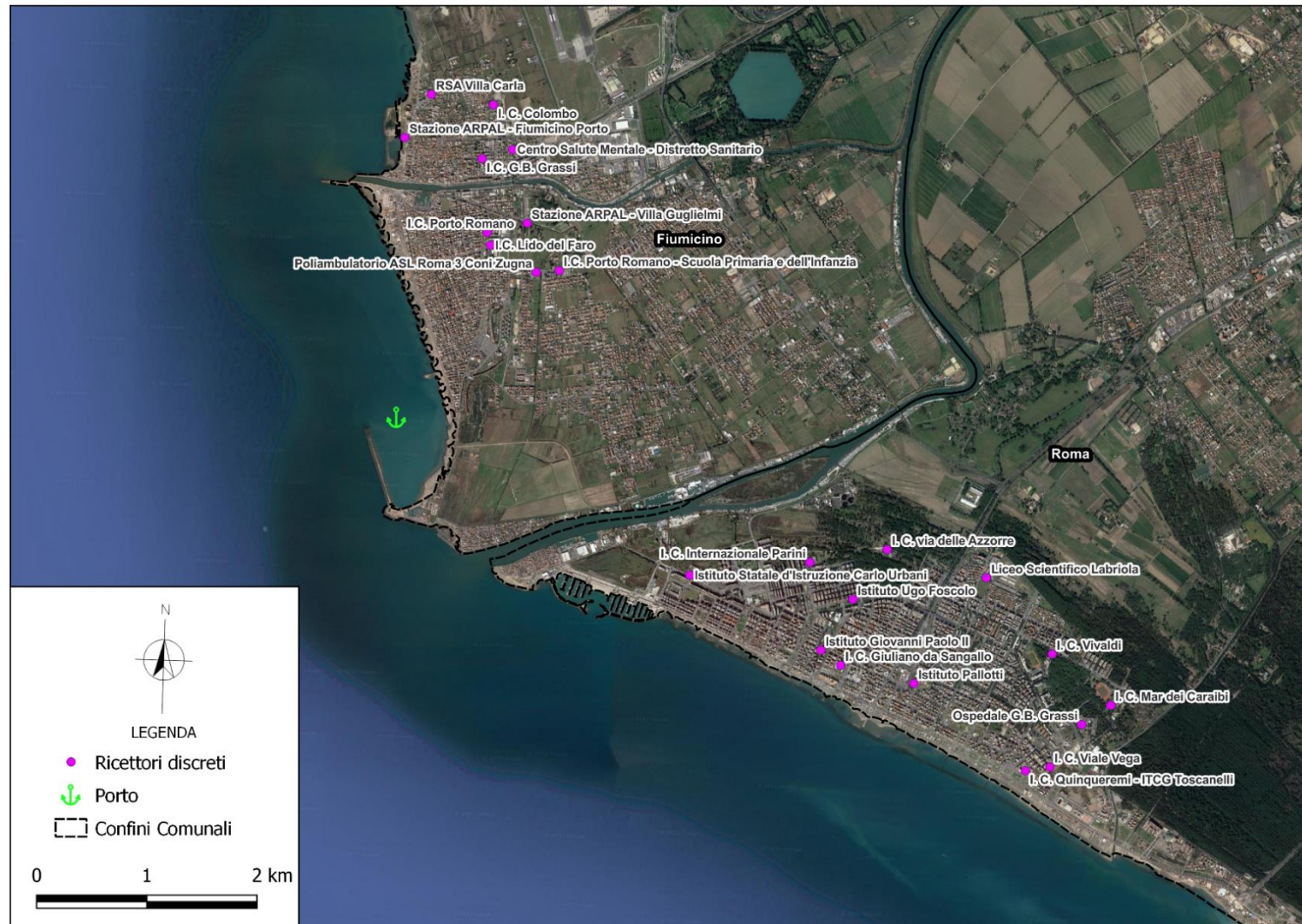


Figura 6.2: Ricettori discreti localizzati negli abitati di Fiumicino e Ostia

## 6.4 FASE DI CANTIERE: RISULTATI

Nel presente paragrafo si riportano i risultati ottenuti dalle simulazioni su base annua delle emissioni in atmosfera dovute alle operazioni afferenti alla fase di cantiere, ossia l'operazione dei mezzi di cantiere terrestri e marittimi e il traffico dei camion e dei lavoratori del sito, suddivisi per ogni inquinante simulato. L'analisi dei risultati è volta a determinare i valori di concentrazione (definiti dalla normativa vigente) e a confrontare gli stessi con gli standard di qualità dell'aria previsti dal D. Lgs.155/2010 (riportati al paragrafo 6.2).

Sinteticamente, le massime concentrazioni al suolo dei principali inquinanti dovute alle emissioni dalle attività in fase di cantiere sono inserite nella Tabella 6.3 riportata di seguito.

**Tabella 6.3: Concentrazioni massime rilevate dovute alle emissioni dalle attività in fase di cantiere**

	SO <sub>x</sub>			NO <sub>x</sub>		PM10		CO
	99.7° perc.le*	99.2° perc.le**	Media annuale	99.8° perc.le*	Media annuale	90.4° perc.le	Media annuale	Media 8 ore
	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>
<b>Valore</b>	27.8	7.9	2.38	144.9	9.36	6.1	3.12	0.132
<b>Limite</b>	350	125	20 (veg.)	200	40 - 30 (veg.)	50	40	10

Come si può osservare, tutti i limiti normativi sono ovunque pienamente rispettati. È inoltre utile sottolineare che l'approccio modellistico seguito è estremamente conservativo, in quanto è stata ipotizzata una contemporaneità del 70% di tutte le attività di cantiere, mentre nella realtà tali fasi sono sequenziali e possono essere intervallate da periodi caratterizzati da assenza di attività.

Sulla base di queste considerazioni è possibile concludere che non si riscontrano criticità per quanto riguarda la salute pubblica o ambientale.

Per quanto riguarda l'analisi sui principali recettori sensibili presenti in un buffer di 7 km dall'area di lavoro, in Tabella 6.4 sono riportati gli impatti delle emissioni di inquinanti connessi alla fase di cantiere del porto di Fiumicino.



Tabella 6.4: Concentrazioni di inquinanti sui recettori sensibili, fase di cantiere.

ID	Recettore	SO <sub>x</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]			NO <sub>x</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]		PM10 [µg/m <sup>3</sup> ]		CO [mg/m <sup>3</sup> ]
		99.7° perc.le*	99.2° perc.le**	Media annuale	99.8° perc.le*	Media annuale	90.4° perc.le**	Media annuale	Media 8 ore
01	I.C. Porto Romano - Scuola Primaria e dell'Infanzia	4.33	1.27	0.15	18.95	0.66	0.45	0.14	0.02
02	Poliambulatorio ASL Roma 3 Coni Zugna	4.17	1.14	0.14	16.41	0.49	0.38	0.12	0.02
03	Centro Salute Mentale - Distretto Sanitario	4.52	1.29	0.15	20.30	0.62	0.47	0.14	0.02
04	Ospedale GB Grassi	4.87	1.58	0.18	23.45	0.77	0.55	0.17	0.02
05	I.C. Lido del Faro	3.13	0.80	0.09	13.09	0.36	0.28	0.08	0.01
06	I.C. Porto Romano	1.27	0.30	0.03	6.22	0.12	0.12	0.03	0.01
07	I.C. G.B. Grassi	6.91	2.10	0.25	27.94	0.97	0.67	0.22	0.03
08	RSA Villa Carla	6.40	1.87	0.22	24.80	0.88	0.62	0.20	0.03
09	Istituto Statale d'Istruzione Carlo Urbani	3.51	0.95	0.11	14.50	0.43	0.32	0.10	0.01
10	I. C. Internazionale Parini	3.04	0.79	0.09	12.30	0.35	0.29	0.08	0.01
11	I. C. Giuliano da Sangallo	3.15	0.75	0.08	14.29	0.37	0.31	0.09	0.01
12	Liceo Scientifico Labriola	2.48	0.51	0.05	11.12	0.26	0.23	0.06	0.01
13	I.C. Vivaldi	2.07	0.42	0.05	9.86	0.21	0.20	0.05	0.01

ID	Recettore	SO <sub>x</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]			NO <sub>x</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]		PM10 [µg/m <sup>3</sup> ]		CO [mg/m <sup>3</sup> ]
		99.7° perc.le*	99.2° perc.le**	Media annuale	99.8° perc.le*	Media annuale	90.4° perc.le**	Media annuale	Media 8 ore
14	I.C. Mar dei Caraibi	1.59	0.37	0.03	7.47	0.16	0.14	0.04	0.01
15	I.C. Viale Vega	1.43	0.33	0.03	6.42	0.13	0.12	0.03	0.01
16	I.C. Quinqueremi - ITCG Toscanelli	1.24	0.30	0.03	5.78	0.12	0.11	0.03	0.01
17	I.C. Colombo	1.29	0.32	0.03	6.14	0.13	0.13	0.03	0.01
18	I.C. via delle Azzorre	1.33	0.31	0.03	6.30	0.13	0.13	0.03	0.01
19	Istituto Ugo Foscolo	2.92	0.63	0.08	11.13	0.30	0.24	0.07	0.01
20	Istituto Giovanni Paolo II	2.08	0.47	0.04	10.33	0.20	0.18	0.05	0.01
21	Istituto Pallotti	2.20	0.45	0.05	10.03	0.22	0.20	0.05	0.01
22	Stazione ARPAL - Fiumicino Porto	1.87	0.39	0.04	8.16	0.18	0.18	0.04	0.01
23	Stazione ARPAL - Villa Guglielmi	2.39	0.52	0.05	10.94	0.25	0.21	0.06	0.01
Valori limite di riferimento		350	125	20 (veg.)	200	40	50	40	10
						30 (veg.)			

\*percentile calcolato su base oraria, \*\*percentile calcolato su base giornaliera

Come si rileva dai risultati esposti, l'impatto della fase di cantiere su tali ricettori discreti risulta trascurabile. Per valutare il contributo delle emissioni di inquinanti connesse alle attività di cantiere alla qualità dell'aria del territorio del comune di Fiumicino, si fa riferimento alle medie annue rilevate nel corso delle campagne di monitoraggio della qualità dell'aria eseguite da ARPA Lazio. Si riportano di seguito le concentrazioni di inquinanti medie annue rilevate da ARPAL nella campagna dell'anno 2022 "Valutazione della qualità dell'aria della regione Lazio 2022", i risultati della simulazione CALPUFF relativi alla sola fase di cantiere e i due valori cumulati, in corrispondenza delle centraline della rete di monitoraggio laziale, ossia Fiumicino Porto e Fiumicino Villa Guglielmi.

**Tabella 6.5: Valori delle concentrazioni medie annue in corrispondenza delle centraline di monitoraggio di qualità dell'aria ARPAL, fase di cantiere.**

ID	Recettore	Valore	SO <sub>x</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	NO <sub>x</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	PM <sub>10</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
			Media annuale	Media annuale	Media annuale
22	Stazione ARPAL - Fiumicino Porto	Valori da campagna ARPAL	Non misurato	16	20
		Valori da simulazione fase di cantiere	0.04	0.18	0.04
		Valori cumulati	-	16.18	20.04
		Incremento %	-	1.1%	0.2%
23	Stazione ARPAL - Villa Guglielmi	Valori da campagna ARPAL	-	24	21
		Valori da simulazione fase di cantiere	0.05	0.25	0.06
		Valori cumulati	-	24.25	21.06
		Incremento %	-	1.0%	0.3%
Valori limite di riferimento			20 (veg.)	40 30 (veg.)	40

Come si nota dai risultati esposti in tabella, il contributo della fase di cantiere alla media annuale delle concentrazioni degli inquinanti monitorati risulta, presso la centralina di Fiumicino Villa Guglielmi, pari ad un incremento dell'1.0% della concentrazione media annua di NO<sub>x</sub>, corrispondente a 0.25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , e ad un incremento dello 0.3% di PM<sub>10</sub>, corrispondente a 0.06  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Tale contributo risulta dunque trascurabile. In merito ai SO<sub>x</sub>, le centraline di monitoraggio non hanno misurato tale valore. Il contributo alla concentrazione media annua di SO<sub>x</sub> afferente alla fase di cantiere risulta pari a 0.05  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , pari allo 0.25% del valore massimo consentito; si può quindi affermare che il contributo delle emissioni associate alla fase di cantiere sia da ritenersi trascurabile. Analoghe considerazioni possono essere fatte anche per la centralina di monitoraggio di Fiumicino Porto.

Si riporta di seguito l'analisi dei valori massimi monitorati sulla totalità dei ricettori considerati (griglia a passo variabile e ricettori discreti).

#### 6.4.1 SO<sub>x</sub>

Per quanto riguarda la SO<sub>x</sub> sono stati ottenuti i seguenti risultati (da Figura 6.3: SO<sub>x</sub> – 99.7° percentile su base oraria [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ], fase di cantiere. a Figura 6.5):

- ✓ Il limite per le concentrazioni orarie, pari a  $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e non deve essere superato per più di 24 volte nell'arco di un anno. Tale limite è quindi attribuibile al 99.7° percentile delle concentrazioni orarie. Il massimo valore ottenuto nei pressi del porto di Fiumicino è pari a circa  $27.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ben al di sotto della soglia di legge.
- ✓ Il limite per le concentrazioni giornaliere, pari a  $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$  non deve essere superato per più di 3 volte nell'arco di un anno. Tale limite è quindi attribuibile al 99.2° percentile delle concentrazioni giornaliere. I massimi valori ottenuti sono pari a circa  $7.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nella zona dell'abitato di Fiumicino, quindi inferiori alla soglia di legge.
- ✓ Il limite normativo relativo alle concentrazioni medie annuali è pari a  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (valore limite per la protezione della vegetazione). I valori massimi sono pari a  $2.38 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per l'area di interesse, ben al di sotto del limite di riferimento.

All'esterno dell'area di cantiere, nei pressi dei recettori residenziali più vicini, si può notare come le concentrazioni medie annue di  $\text{SO}_x$  si assestino su valori inferiori a  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

#### 6.4.2 $\text{NO}_x$

Per quanto riguarda gli  $\text{NO}_x$ ,  $\text{NO}_x$ , derivanti esclusivamente dagli scarichi dei mezzi di cantiere, sono stati ottenuti i seguenti risultati (Figura 6.6 e Figura 6.7):

- ✓ il limite per le concentrazioni orarie, pari a  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  non deve essere superato per più di 18 volte nell'arco di un anno. Tale limite è quindi attribuibile al 99.8° percentile delle concentrazioni orarie. Il massimo valore ottenuto nei pressi del porto di Fiumicino è pari a circa  $144.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ben al di sotto della soglia di legge.
- ✓ il limite normativo relativo alle concentrazioni medie annuali è pari a  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per la protezione della salute umana e  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  come livello critico per la vegetazione. I valori massimi, superiori ai limiti di riferimento, i massimi valori ottenuti sono pari a circa  $9.36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , quindi inferiori alla soglia di legge.

All'esterno dell'area di cantiere, nei pressi dei recettori residenziali più vicini, si può notare come le concentrazioni medie annue di  $\text{NO}_x$  si assestino su valori prossimi a  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

#### 6.4.3 $\text{PM}_{10}$

Per quanto riguarda le polveri sottili  $\text{PM}_{10}$ , derivanti sia dalle attività di transito dei mezzi su strade non asfaltate che dagli scarichi dei mezzi di cantiere, sono stati ottenuti i seguenti risultati (Figura 6.8 e Figura 6.9):

- ✓ il limite normativo relativo al 90.4° percentile delle medie giornaliere, da non superare cioè più di 35 volte in un anno, è pari a  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . I valori massimi rilevati ai ricettori sono pari a circa  $6.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , notevolmente inferiori alla soglia.
- ✓ il limite normativo relativo alle concentrazioni medie annuali è pari a  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . I valori massimi, superiori al limite di riferimento, sono pari a circa  $3.12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , inferiori al limite normativo.

All'esterno dell'area di cantiere, nei pressi dei recettori residenziali più vicini, si può notare come le concentrazioni di  $\text{PM}_{10}$  siano ovunque su valori intorno a  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

#### 6.4.4 CO

Per la CO sono stati ottenuti i seguenti risultati (Figura 6.10):

- ✓ il limite normativo relativo alle concentrazioni mediate sulle 8 ore è pari a  $10 \text{mg}/\text{m}^3$ . Il valore massimo, ottenuto è pari a circa  $0.13 \text{mg}/\text{m}^3$ , ben al di sotto del limite di riferimento.

All'esterno dell'area di cantiere, nei pressi dei recettori residenziali più vicini, si può notare come le concentrazioni di CO siano ovunque su valori prossimi a  $0 \text{mg}/\text{m}^3$ .

Alla luce dei risultati ottenuti, integrati anche dall'analisi sui recettori discreti residenziali, è lecito affermare che non vi sono impatti sulla Qualità dell'Aria durante le fasi di cantiere.

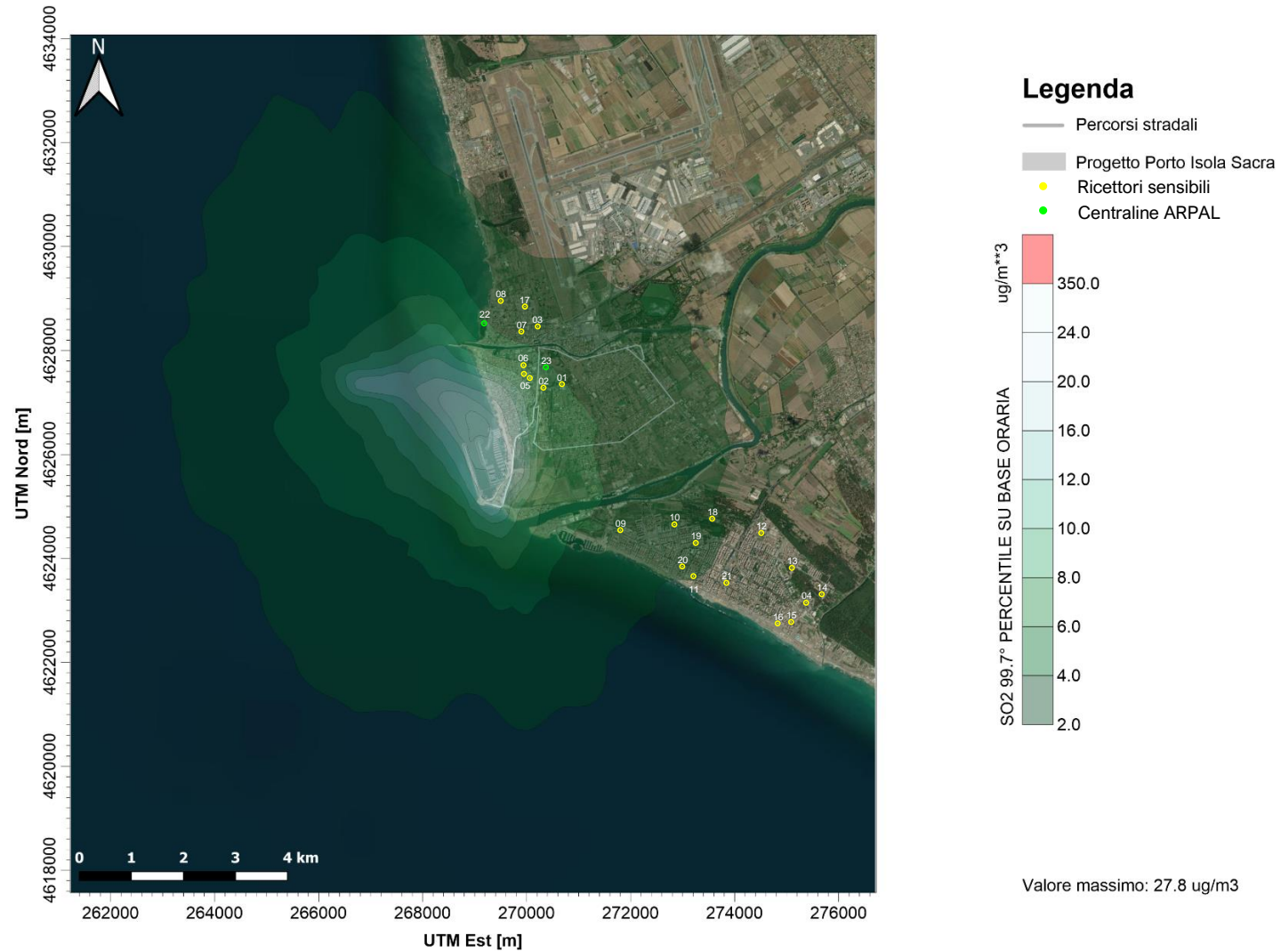


Figura 6.3: SO<sub>x</sub> – 99.7° percentile su base oraria [µg/m<sup>3</sup>], fase di cantiere.

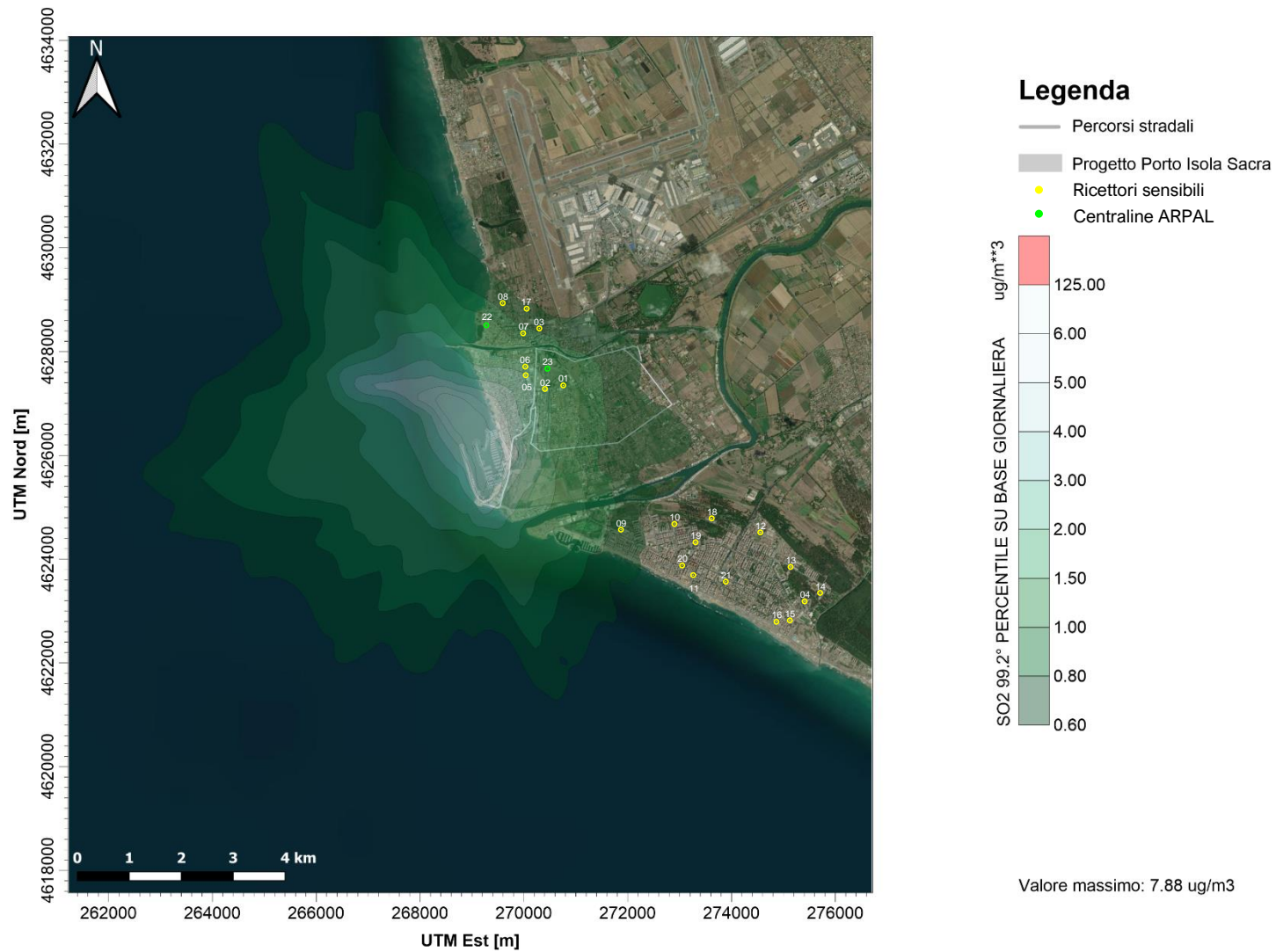


Figura 6.4: SO<sub>x</sub> – 99.2° percentile su base giornaliera [µg/m<sup>3</sup>], fase di cantiere.



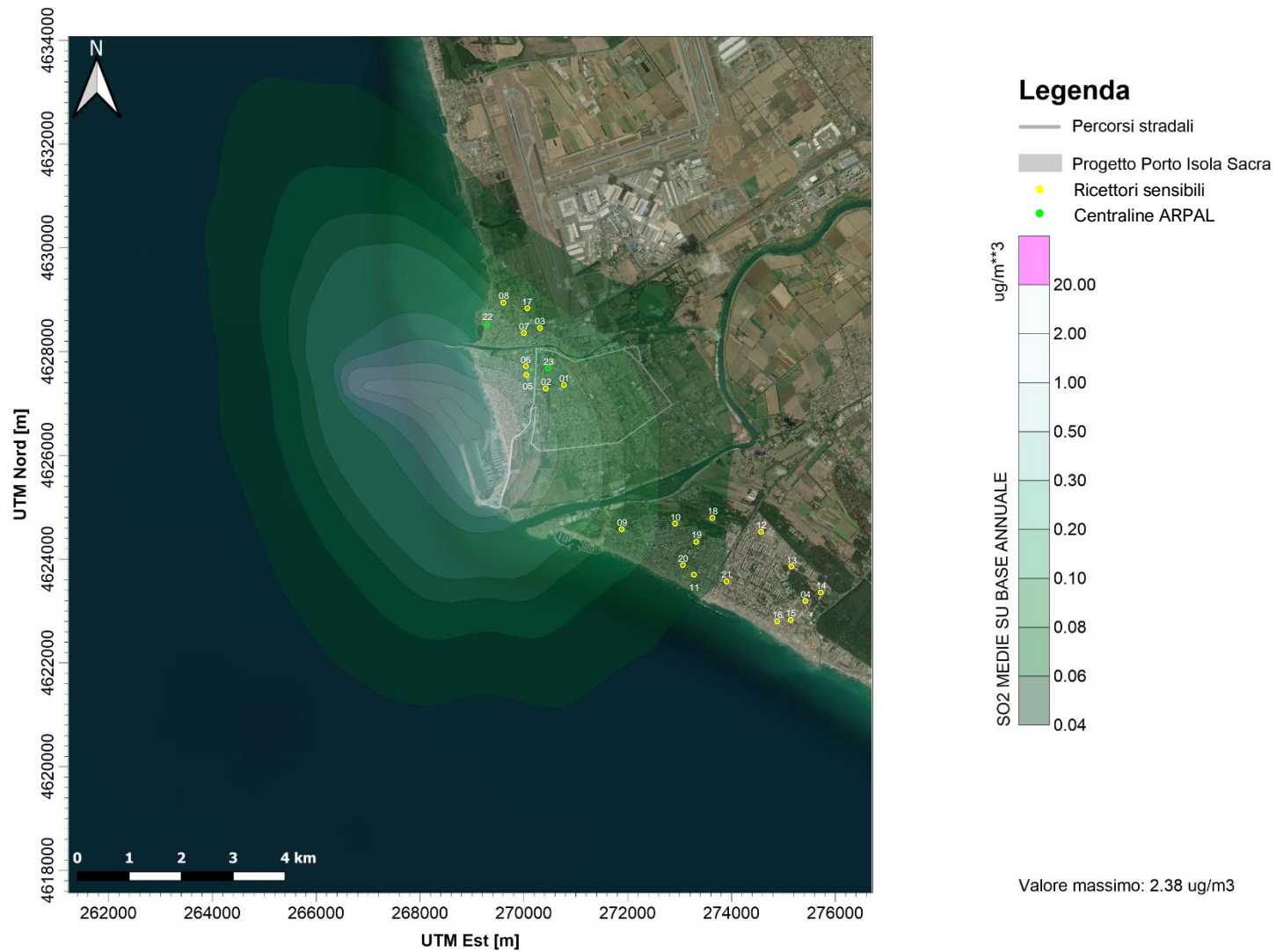


Figura 6.5: SO<sub>x</sub> – concentrazioni medie su base annuale [µg/m<sup>3</sup>], fase di cantiere.



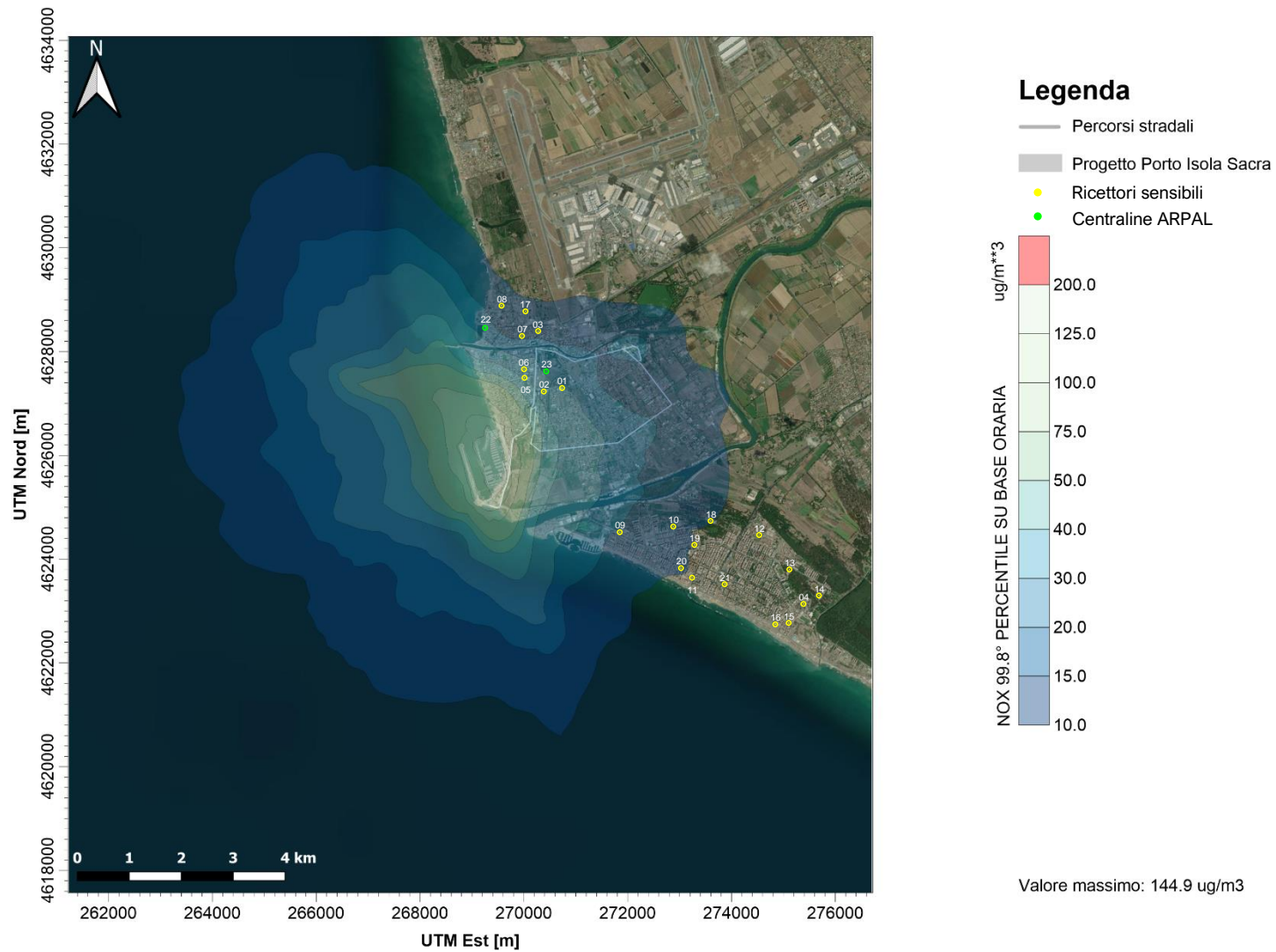


Figura 6.6: NOx – 99.8° percentile su base oraria [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ], fase di cantiere.

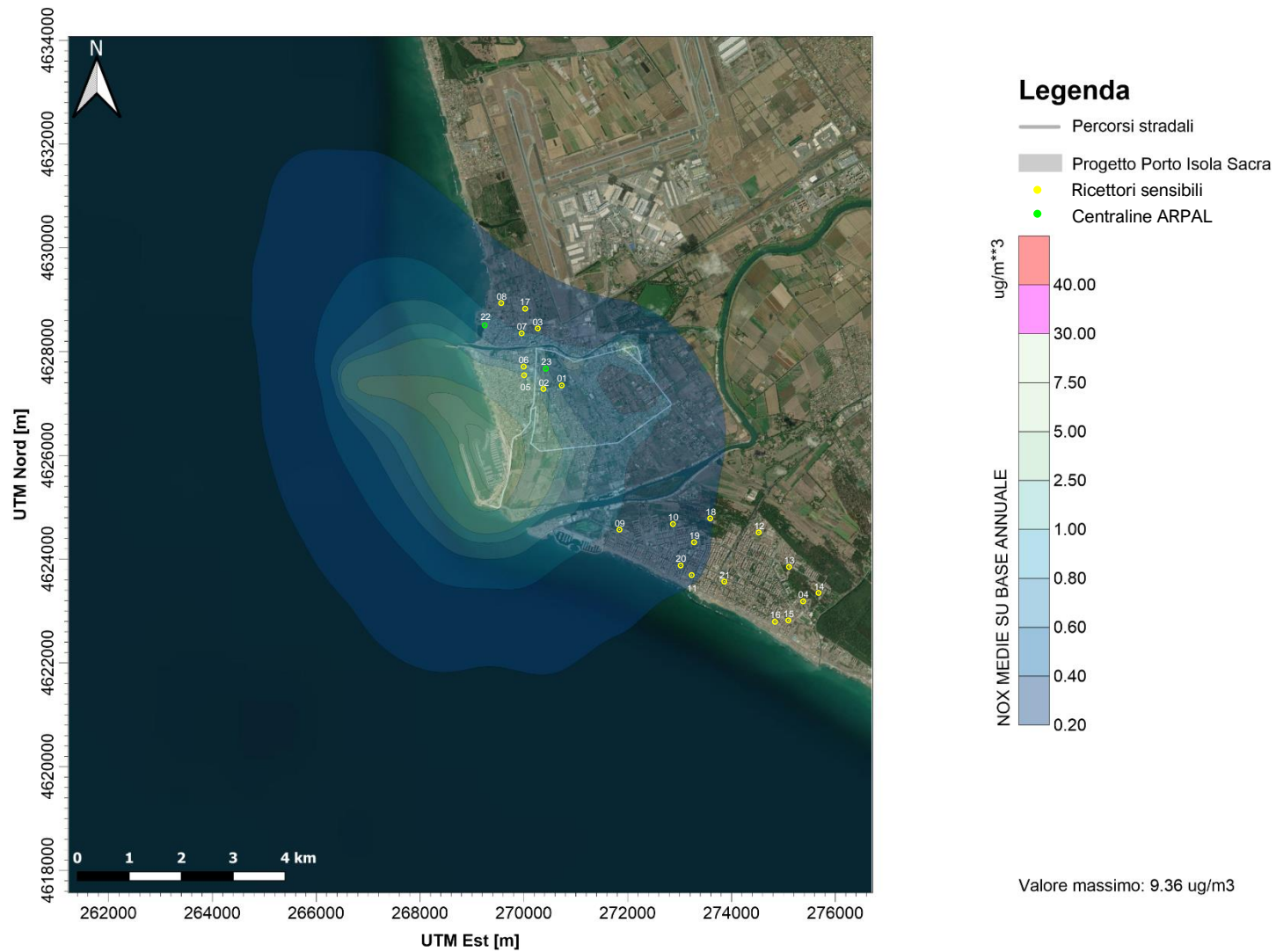


Figura 6.7: NO<sub>x</sub> – concentrazioni medie su base annuale [µg/m<sup>3</sup>], fase di cantiere.

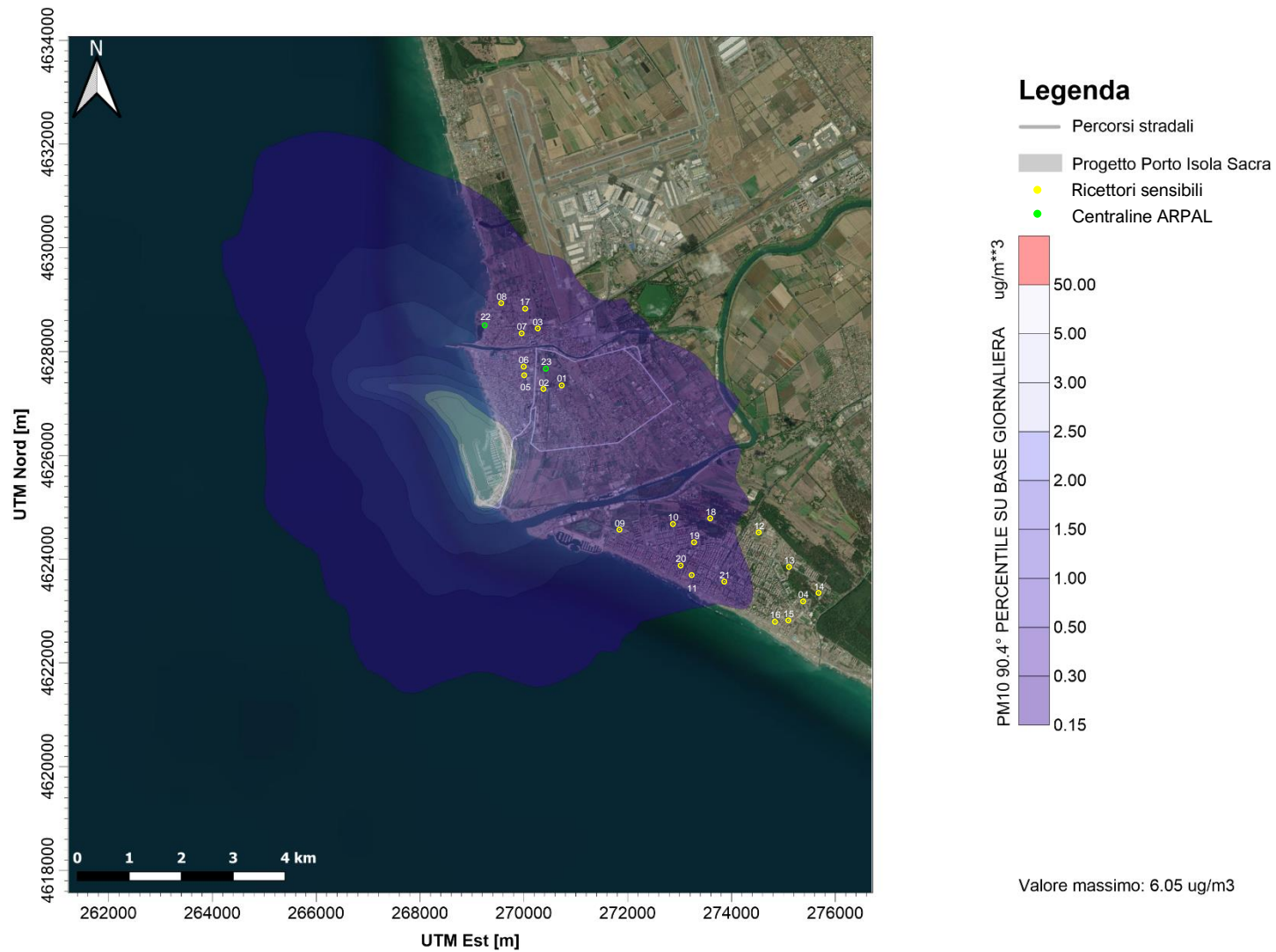


Figura 6.8: PM<sub>10</sub> – 90.4° percentile su base giornaliera [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ], fase di cantiere.

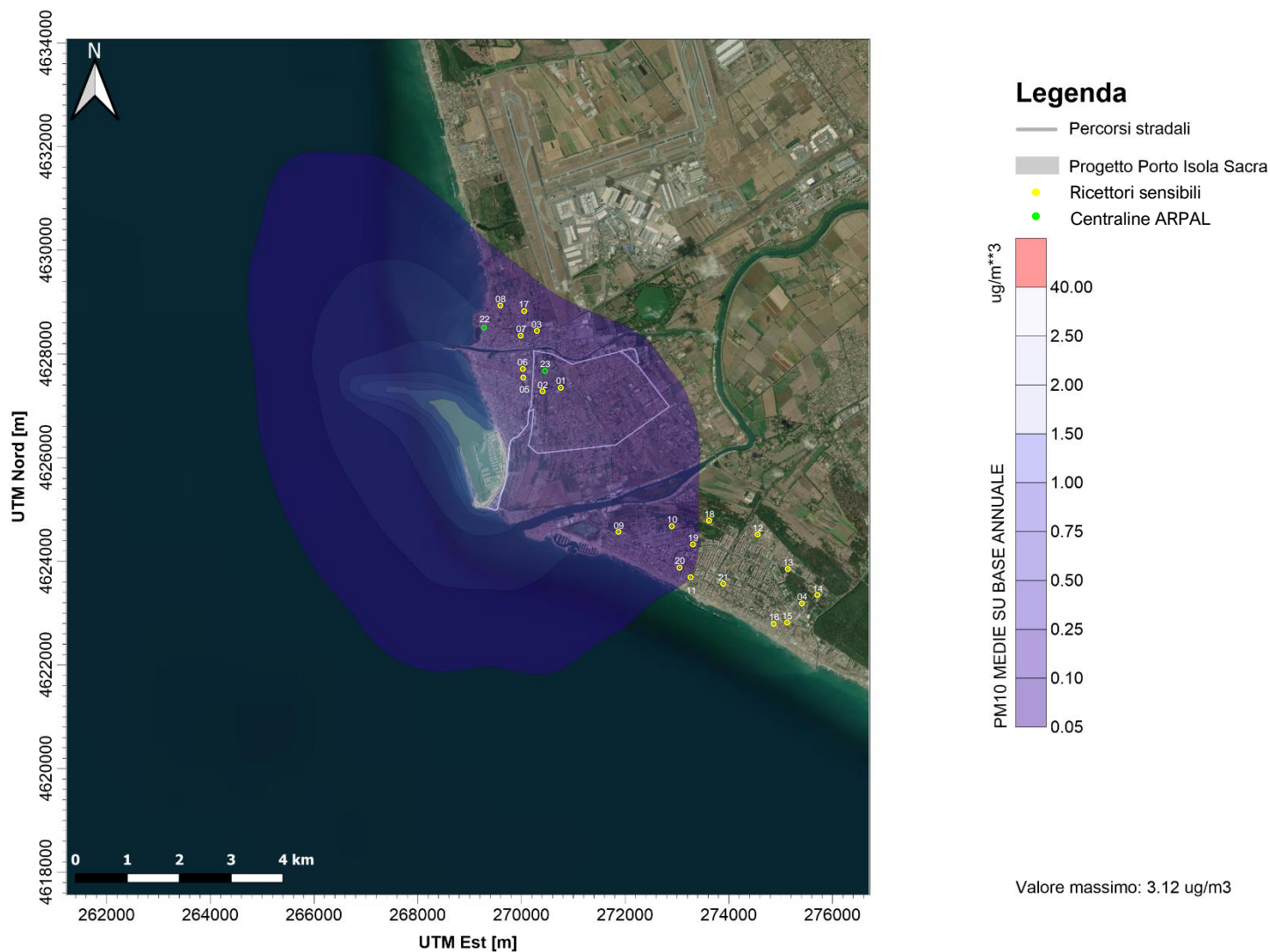


Figura 6.9: PM<sub>10</sub> – concentrazioni medie su base annuale [µg/m<sup>3</sup>], fase di cantiere.



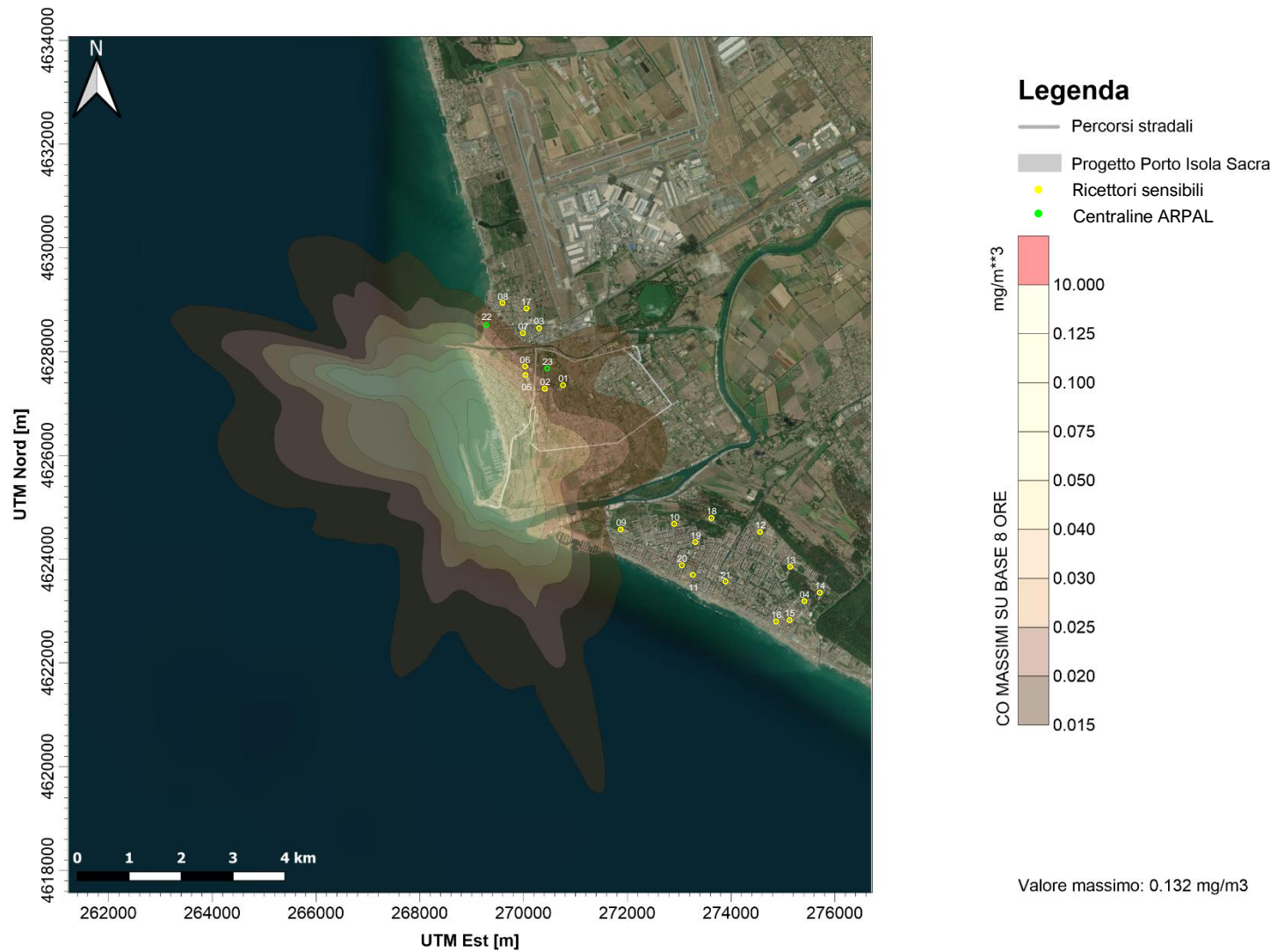


Figura 6.10: CO – concentrazioni massime su base 8 ore [mg/m<sup>3</sup>], fase di cantiere

## 6.5 FASE DI ESERCIZIO: RISULTATI

Nel presente paragrafo si riportano i risultati ottenuti dalle simulazioni su base annua delle emissioni in atmosfera dovute alle operazioni afferenti alla fase di esercizio del porto di Fiumicino, ossia le attività crocieristiche, di nautica da diporto e di traffico associate al trasporto dei passeggeri della crociera, dell'equipaggio, degli utenti della nautica da diporto e dei lavoratori del porto, suddivisi per ogni inquinante simulato. L'analisi dei risultati è volta a determinare i valori di concentrazione (definiti dalla normativa vigente) e a confrontare gli stessi con gli standard di qualità dell'aria previsti dal D. Lgs.155/2010 (riportati al paragrafo 6.2).

Sinteticamente, le massime concentrazioni al suolo dei principali inquinanti dovute alle emissioni dai motori dei mezzi navali sono inserite nella Tabella 6.6 riportata di seguito.

**Tabella 6.6: Concentrazioni massime rilevate dovute alle emissioni in fase di esercizio**

	SO <sub>x</sub>			NO <sub>x</sub>		PM10		CO
	99.7° perc.le*	99.2° perc.le**	Media annuale	99.8° perc.le*	Media annuale	90.4° perc.le	Media annuale	Media 8 ore
	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>
<b>Valore</b>	27.5	5.6	0.85	91.1	2.74	1.6	0.68	0.104
<b>Limite</b>	350	125	20 (veg.)	200	40 - 30 (veg.)	50	40	10

Come si può osservare, tutti i limiti normativi sono ovunque pienamente rispettati.

Sulla base di queste considerazioni è possibile concludere che non si riscontrano criticità per quanto riguarda la salute pubblica o ambientale.

Per quanto riguarda l'analisi sui principali recettori sensibili presenti in un buffer di 7 km dall'area di lavoro, in Tabella 6.4 sono riportati gli impatti delle emissioni di inquinanti connessi alla fase di esercizio del porto di Fiumicino.

Tabella 6.7: Concentrazioni di inquinanti sui recettori sensibili, fase di esercizio

ID	Recettore	SO <sub>x</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]			NO <sub>x</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]		PM10 [µg/m <sup>3</sup> ]		CO [mg/m <sup>3</sup> ]
		99.7° perc.le*	99.2° perc.le**	Media annuale	99.8° perc.le*	Media annuale	90.4° perc.le**	Media annuale	Media 8 ore
01	I.C. Porto Romano - Scuola Primaria e dell'Infanzia	3.21	0.55	0.04	10.10	0.22	0.13	0.05	0.009
02	Poliambulatorio ASL Roma 3 Coni Zugna	2.86	0.73	0.04	10.43	0.14	0.10	0.04	0.019
03	Centro Salute Mentale - Distretto Sanitario	2.99	0.42	0.04	10.24	0.17	0.10	0.04	0.009
04	Ospedale GB Grassi	3.44	0.54	0.05	11.75	0.22	0.14	0.05	0.009
05	I.C. Lido del Faro	1.54	0.35	0.02	5.49	0.10	0.06	0.02	0.009
06	I.C. Porto Romano	0.62	0.12	0.01	1.96	0.03	0.01	0.01	0.002
07	I.C. G.B. Grassi	4.04	0.83	0.07	14.17	0.29	0.21	0.07	0.013
08	RSA Villa Carla	3.88	0.76	0.06	13.16	0.25	0.16	0.06	0.013
09	Istituto Statale d'Istruzione Carlo Urbani	1.97	0.38	0.03	6.87	0.12	0.07	0.03	0.012
10	I. C. Internazionale Parini	1.99	0.46	0.03	7.39	0.10	0.07	0.02	0.013
11	I. C. Giuliano da Sangallo	1.97	0.42	0.02	7.11	0.08	0.05	0.02	0.006
12	Liceo Scientifico Labriola	1.06	0.24	0.01	3.61	0.05	0.03	0.01	0.004
13	I.C. Vivaldi	1.11	0.26	0.01	3.71	0.05	0.03	0.01	0.004



ID	Recettore	SO <sub>x</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]			NO <sub>x</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]		PM10 [µg/m <sup>3</sup> ]		CO [mg/m <sup>3</sup> ]
		99.7° perc.le*	99.2° perc.le**	Media annuale	99.8° perc.le*	Media annuale	90.4° perc.le**	Media annuale	Media 8 ore
14	I.C. Mar dei Caraibi	0.62	0.16	0.01	2.22	0.03	0.02	0.01	0.003
15	I.C. Viale Vega	0.54	0.12	0.01	1.98	0.03	0.01	0.01	0.003
16	I.C. Quinqueremi - ITCG Toscanelli	0.50	0.11	0.01	1.83	0.02	0.01	0.01	0.003
17	I.C. Colombo	0.63	0.14	0.01	2.26	0.03	0.02	0.01	0.002
18	I.C. via delle Azzorre	0.62	0.14	0.01	2.27	0.03	0.02	0.01	0.003
19	Istituto Ugo Foscolo	1.41	0.32	0.02	5.04	0.08	0.05	0.02	0.009
20	Istituto Giovanni Paolo II	0.81	0.19	0.01	2.67	0.04	0.02	0.01	0.004
21	Istituto Pallotti	0.98	0.21	0.01	3.54	0.04	0.02	0.01	0.003
22	Stazione ARPAL - Fiumicino Porto	0.83	0.19	0.01	3.17	0.04	0.02	0.01	0.004
23	Stazione ARPAL - Villa Guglielmi	1.36	0.30	0.02	5.09	0.06	0.03	0.01	0.003
Valori limite di riferimento		350	125	20 (veg.)	200	40	50	40	10
						30 (veg.)			

\*percentile calcolato su base oraria, \*\*percentile calcolato su base giornaliera

Come si rileva dai risultati esposti, l'impatto della fase di esercizio su tali ricettori discreti risulta trascurabile. Per valutare il contributo delle emissioni di inquinanti connesse alla fase di esercizio alla qualità dell'aria del territorio del comune di Fiumicino, si fa riferimento alle medie annue rilevate nel corso delle campagne di monitoraggio della qualità dell'aria eseguite da ARPA Lazio. Si riportano di seguito le concentrazioni di inquinanti medie annue rilevate da ARPAL nella campagna dell'anno 2022 "Valutazione della qualità dell'aria della regione Lazio 2022", i risultati della simulazione CALPUFF relativi alla sola fase di esercizio e i due valori cumulati, in corrispondenza delle centraline della rete di monitoraggio laziale, ossia Fiumicino Porto e Fiumicino Villa Guglielmi.

**Tabella 6.8: Valori delle concentrazioni medie annue in corrispondenza delle centraline di monitoraggio di qualità dell'aria ARPAL, fase di esercizio.**

ID	Recettore	Valore	SO <sub>x</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	NO <sub>x</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	PM <sub>10</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]
			Media annuale	Media annuale	Media annuale
22	Stazione ARPAL – Fiumicino Porto	Valori da campagna ARPAL	Non misurato	16	20
		Valori da simulazione fase di esercizio	0.01	0.04	0.01
		Valori cumulati		16.04	20.01
		Incremento %	-	0.25%	0.05%
23	Stazione ARPAL – Villa Guglielmi	Valori da campagna ARPAL	-	24	21
		Valori da simulazione fase di esercizio	0.02	0.06	0.01
		Valori cumulati	-	24.06	21.01
		Incremento %	-	0.25%	0.05%
Valori limite di riferimento			20 (veg.)	40 30 (veg.)	40

Come si nota dai risultati esposti in tabella, il contributo della fase di esercizio alla media annuale delle concentrazioni degli inquinanti monitorati risulta, presso la centralina di Fiumicino Villa Guglielmi, pari ad un incremento dello 0.25% della concentrazione media annua di NO<sub>x</sub>, corrispondente a 0.06 µg/m<sup>3</sup>, e ad un incremento dello 0.05% di PM<sub>10</sub>, corrispondente a 0.01 µg/m<sup>3</sup>. Tale contributo risulta dunque trascurabile. In merito ai SO<sub>x</sub>, le centraline di monitoraggio non hanno misurato tale valore. Il contributo alla concentrazione media annua di SO<sub>x</sub> afferente alla fase di esercizio risulta pari a 0.02 µg/m<sup>3</sup>, pari allo 0.1% del valore massimo consentito; si può quindi affermare che il contributo delle emissioni associate alla fase di esercizio sia da ritenersi trascurabile. Analoghe considerazioni possono essere fatte anche per la centralina di monitoraggio di Fiumicino Porto.

Si riporta di seguito l'analisi dei valori massimi monitorati sulla totalità dei ricettori considerati (griglia a passo variabile e ricettori discreti).

### 6.5.1 SO<sub>x</sub>

Per quanto riguarda la SO<sub>x</sub> sono stati ottenuti i seguenti risultati (da Figura 6.11 a Figura 6.13):

- ✓ Il limite per le concentrazioni orarie, pari a  $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e non deve essere superato per più di 24 volte nell'arco di un anno. Tale limite è quindi attribuibile al 99.7° percentile delle concentrazioni orarie. Il massimo valore ottenuto nei pressi del porto di Fiumicino è pari a circa  $27.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ben al di sotto della soglia di legge.
- ✓ Il limite per le concentrazioni giornaliere, pari a  $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$  non deve essere superato per più di 3 volte nell'arco di un anno. Tale limite è quindi attribuibile al 99.2° percentile delle concentrazioni giornaliere. I massimi valori ottenuti sono pari a circa  $5.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nell'area di interesse, quindi inferiori alla soglia di legge.
- ✓ Il limite normativo relativo alle concentrazioni medie annuali è pari a  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (valore limite per la protezione della vegetazione). I valori massimi sono pari a circa  $0.85 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per l'area di interesse, ben al di sotto del limite di riferimento.

All'esterno dell'area di esercizio, nei pressi dei recettori residenziali più vicini, si può notare come le concentrazioni medie annue di  $\text{SO}_x$  si assestino su valori inferiori a  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### 6.5.2 $\text{NO}_x$

Per quanto riguarda gli  $\text{NO}_x$ , derivanti dall'attività di esercizio del porto di Isola Sacra, sono stati ottenuti i seguenti risultati (Figura 6.14 e Figura 6.15):

- ✓ il limite per le concentrazioni orarie, pari a  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  non deve essere superato per più di 18 volte nell'arco di un anno. Tale limite è quindi attribuibile al 99.8° percentile delle concentrazioni orarie. Il massimo valore ottenuto nei pressi del porto di Fiumicino è pari a circa  $91.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ben al di sotto della soglia di legge.
- ✓ il limite normativo relativo alle concentrazioni medie annuali è pari a  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per la protezione della salute umana e  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  come livello critico per la vegetazione. I massimi valori ottenuti sono pari a circa  $2.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , quindi inferiori alla soglia di legge.

All'esterno dell'area di esercizio, nei pressi dei recettori residenziali più vicini, si può notare come le concentrazioni medie annue di  $\text{NO}_x$  si assestino su valori inferiori a  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### 6.5.3 $\text{PM}_{10}$

Per quanto riguarda le polveri sottili  $\text{PM}_{10}$ , derivanti dalle attività di esercizio del porto di Isola Sacra, sono stati ottenuti i seguenti risultati (Figura 6.16 e Figura 6.17):

- ✓ il limite normativo relativo al 90.4° percentile delle medie giornaliere, da non superare cioè più di 35 volte in un anno, è pari a  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . I valori massimi rilevati ai ricettori sono pari a circa  $1.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , notevolmente inferiori alla soglia.
- ✓ il limite normativo relativo alle concentrazioni medie annuali è pari a  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . I valori massimi sono pari a circa  $0.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , inferiori al limite normativo.

All'esterno dell'area di esercizio, nei pressi dei recettori residenziali più vicini, si può notare come le concentrazioni di  $\text{PM}_{10}$  siano ovunque su valori intorno a  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### 6.5.4 CO

Per la CO sono stati ottenuti i seguenti risultati (Figura 6.18):

- ✓ il limite normativo relativo alle concentrazioni mediate sulle 8 ore è pari a  $10 \text{mg}/\text{m}^3$ . Il valore massimo, ottenuto è pari a circa  $0.1 \text{mg}/\text{m}^3$ , ben al di sotto del limite di riferimento.

All'esterno dell'area del porto, nei pressi dei recettori residenziali più vicini, si può notare come le concentrazioni di CO siano ovunque su valori prossimi a  $0 \text{mg}/\text{m}^3$ .

Alla luce dei risultati ottenuti, integrati anche dall'analisi sui recettori discreti residenziali, è lecito affermare che non vi sono impatti sulla Qualità dell'Aria durante le attività in fase di esercizio del porto di Isola Sacra.

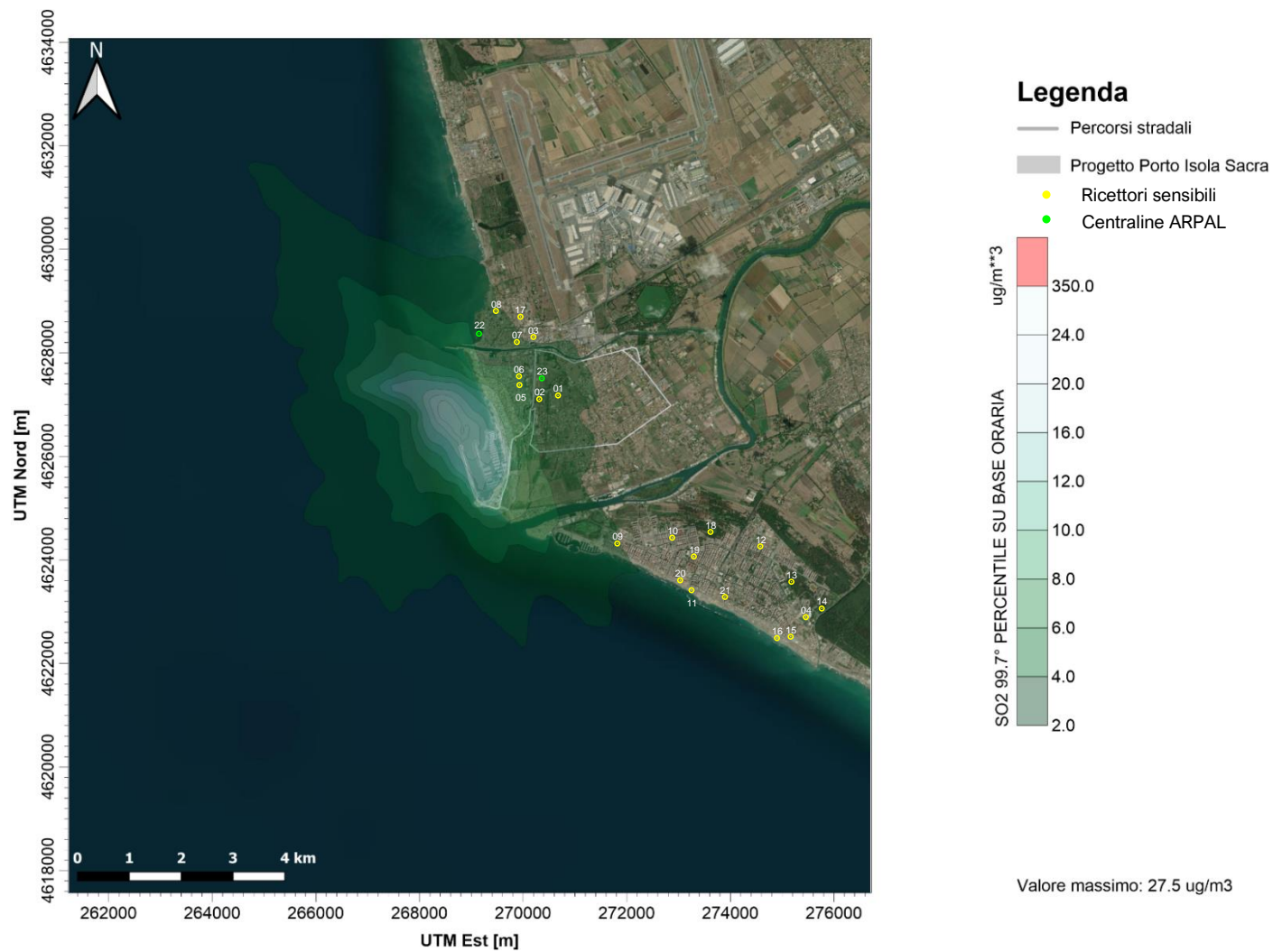


Figura 6.11: SO<sub>x</sub> – 99.7° percentile su base oraria [µg/m<sup>3</sup>], fase di esercizio.

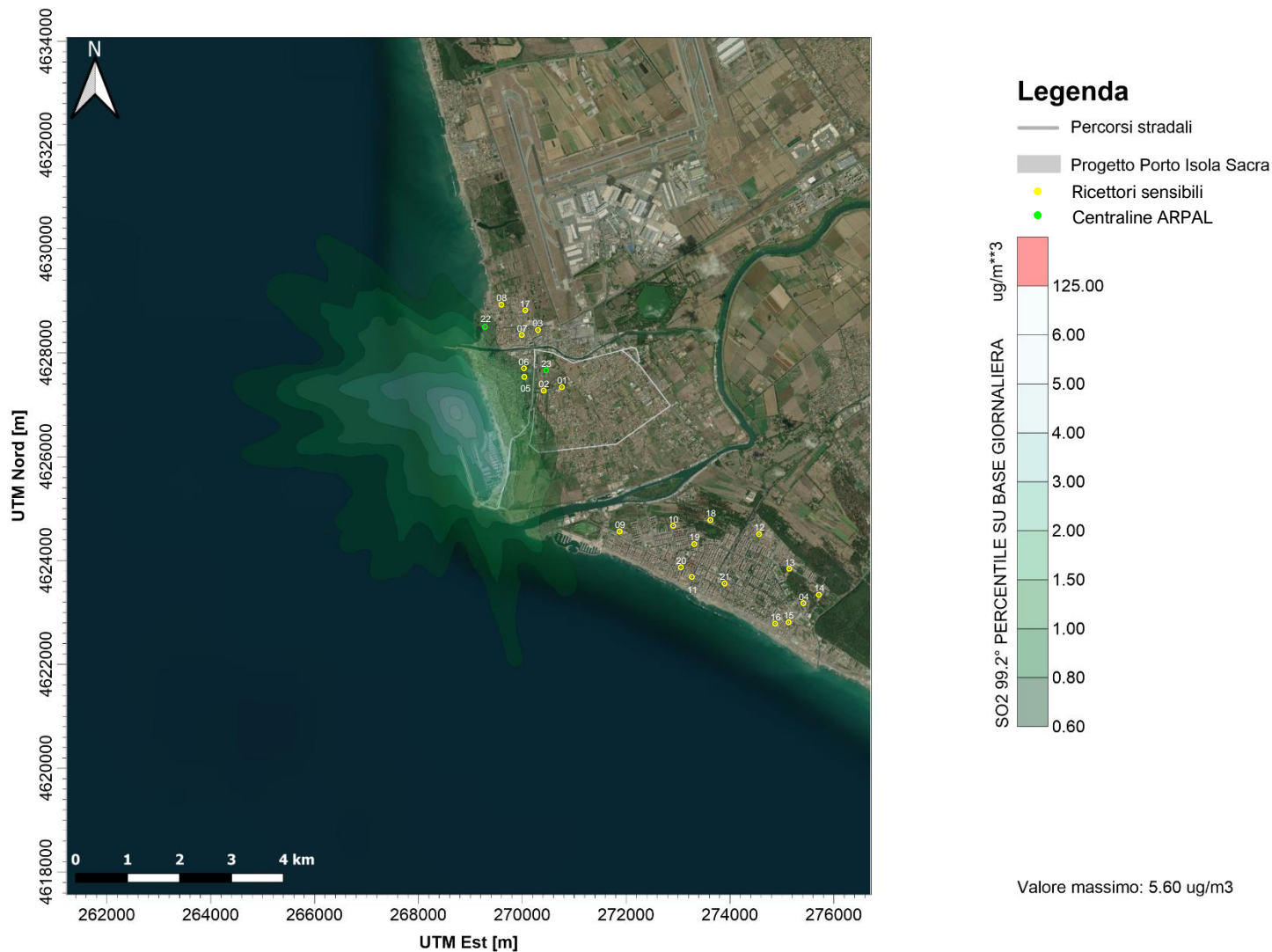


Figura 6.12: SO<sub>x</sub> – 99.2° percentile su base giornaliera [µg/m<sup>3</sup>], fase di esercizio.



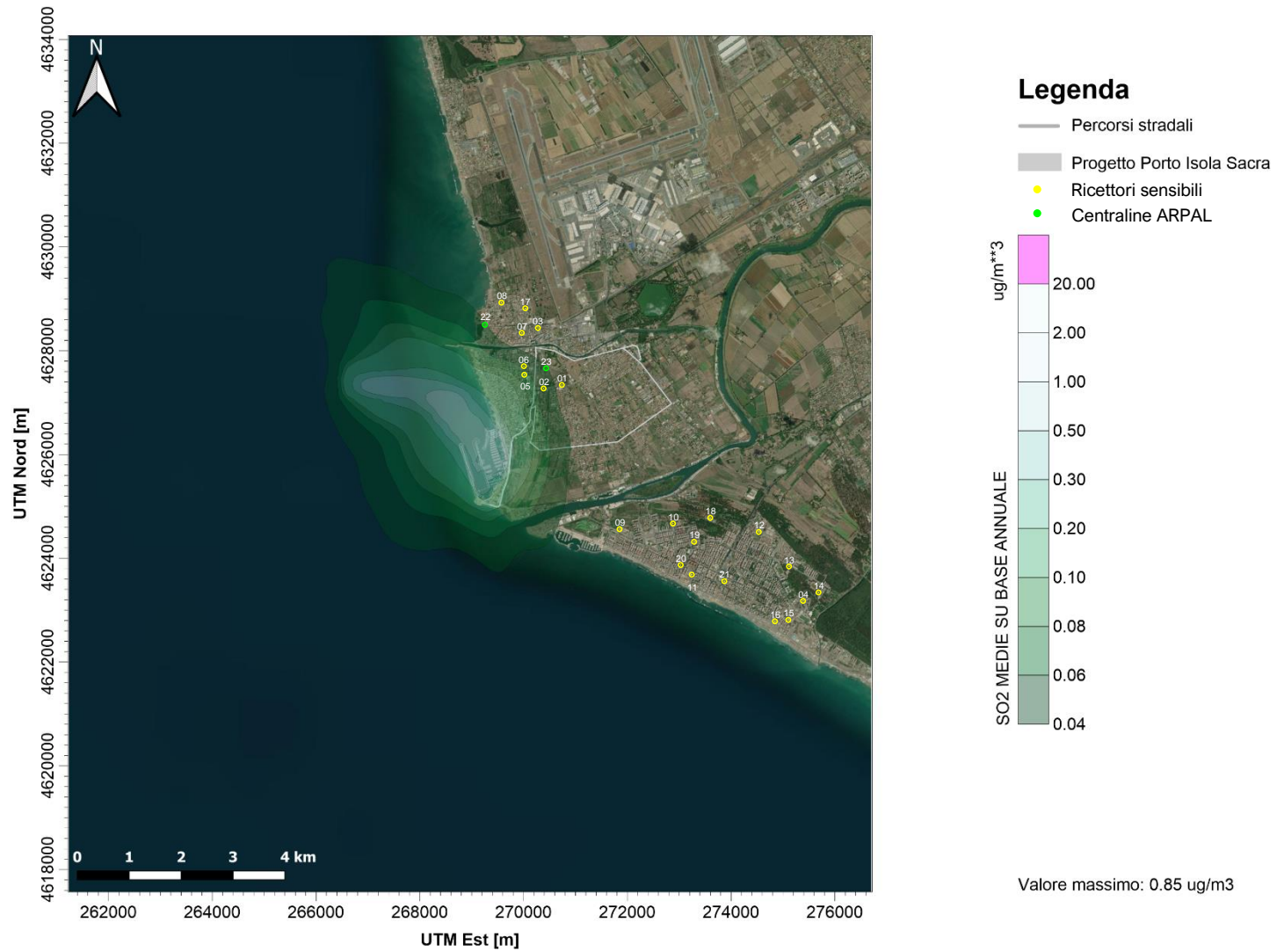


Figura 6.13: SO<sub>x</sub> – concentrazioni medie su base annuale [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ], fase di esercizio.



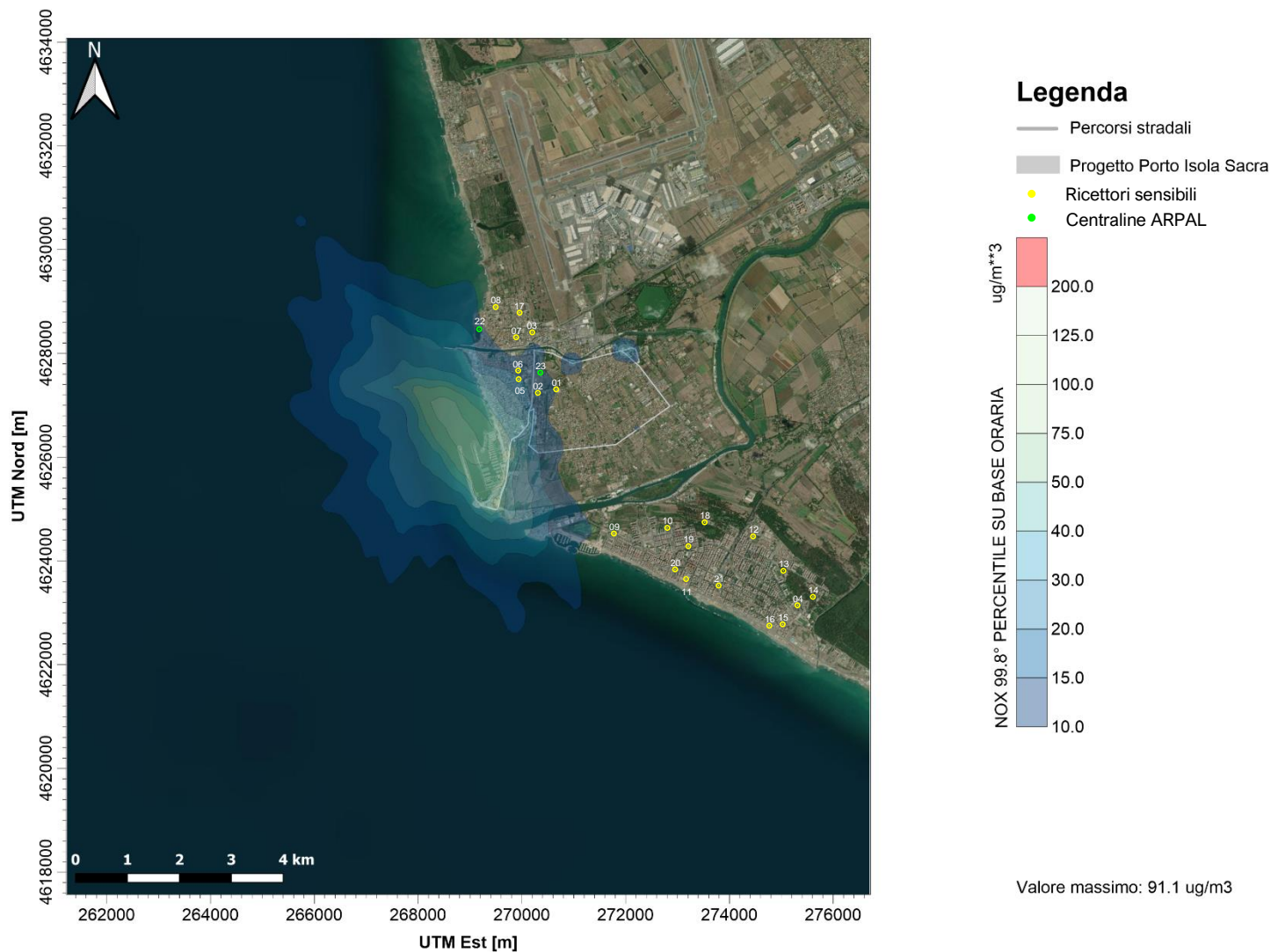


Figura 6.14: NOx – 99.8° percentile su base oraria [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ], fase di esercizio.

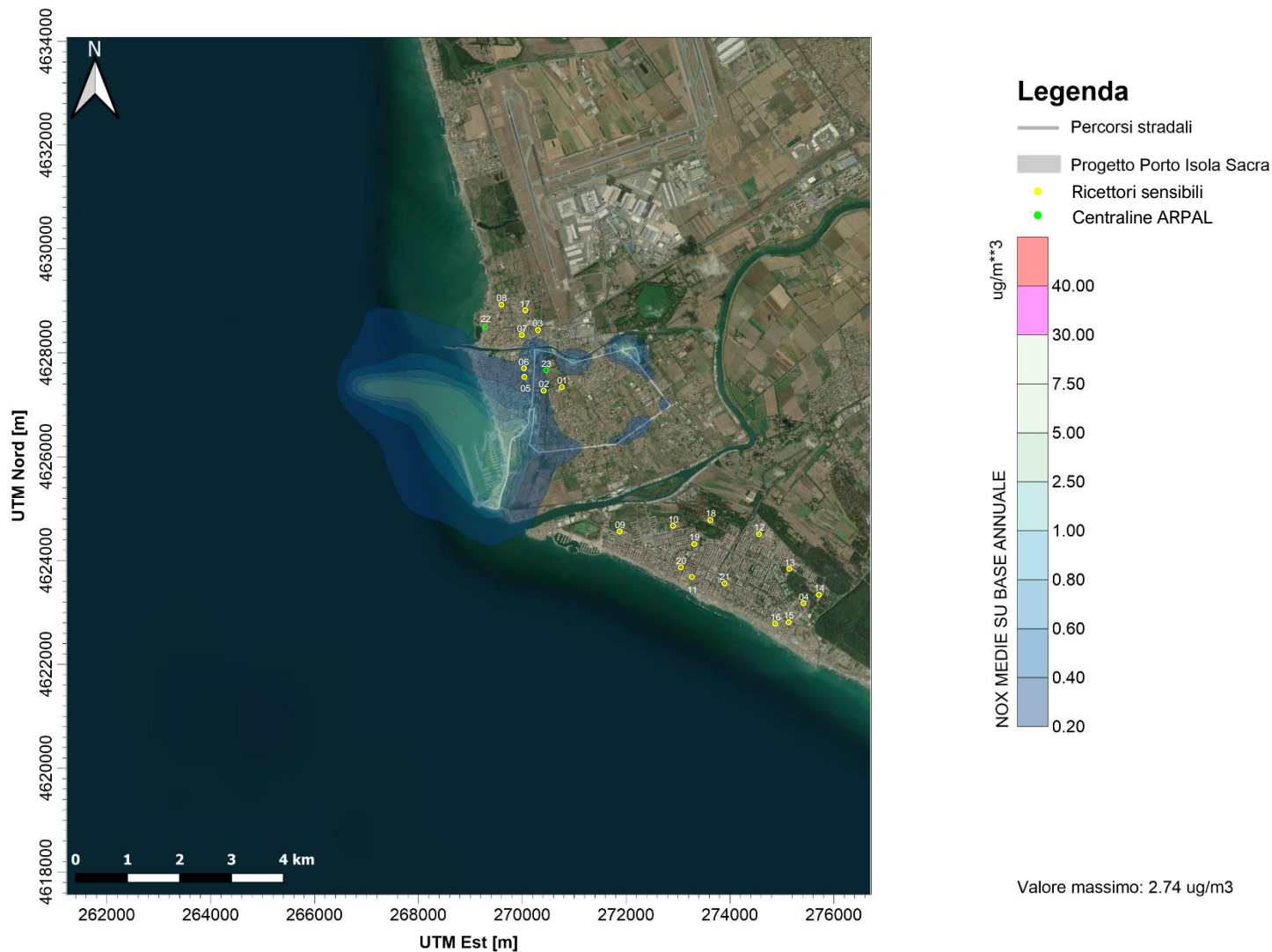


Figura 6.15: NO<sub>x</sub> – concentrazioni medie su base annuale [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ], fase di esercizio.

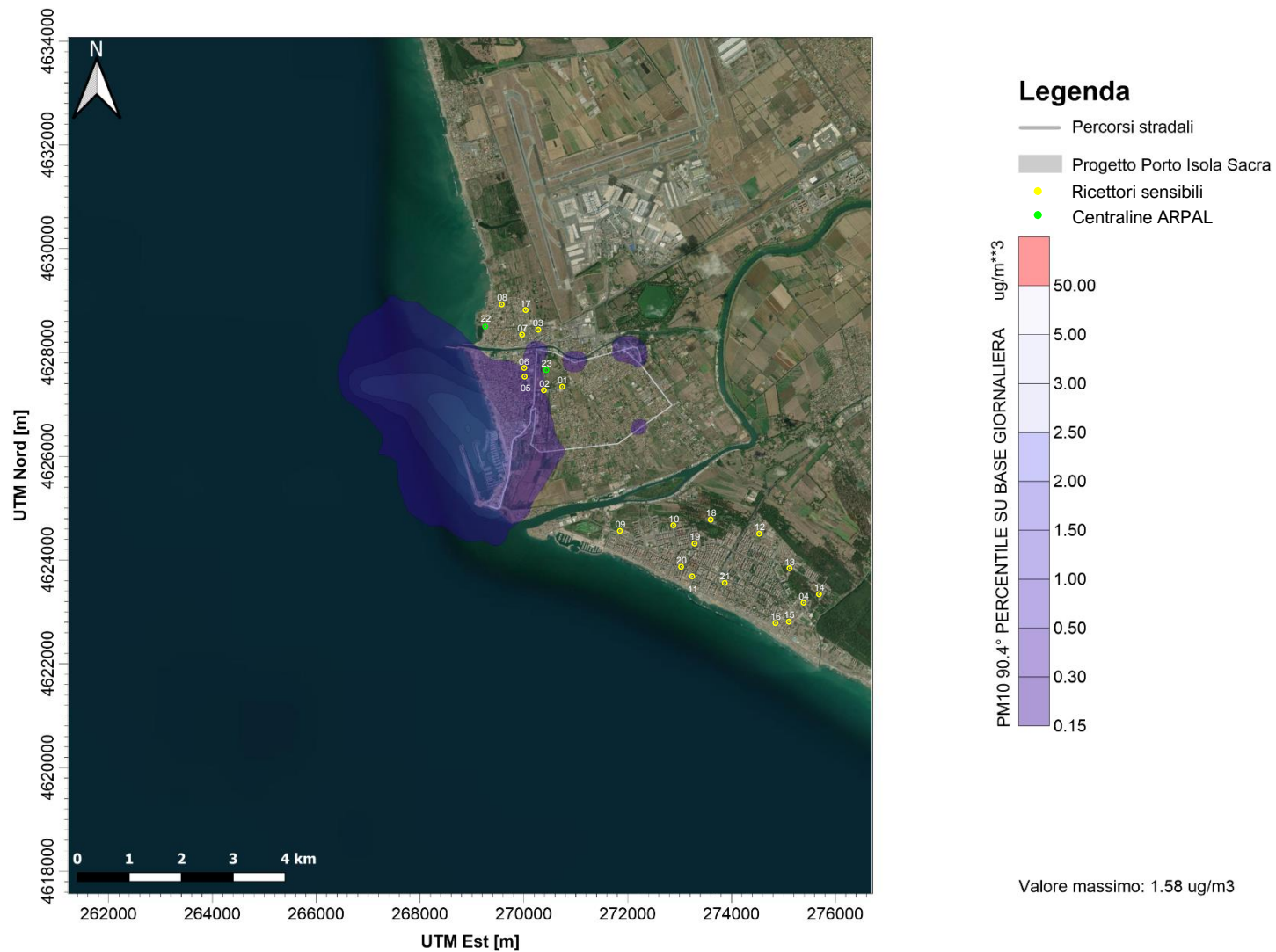


Figura 6.16: PM<sub>10</sub> – 90.4° percentile su base giornaliera [µg/m<sup>3</sup>], fase di esercizio.

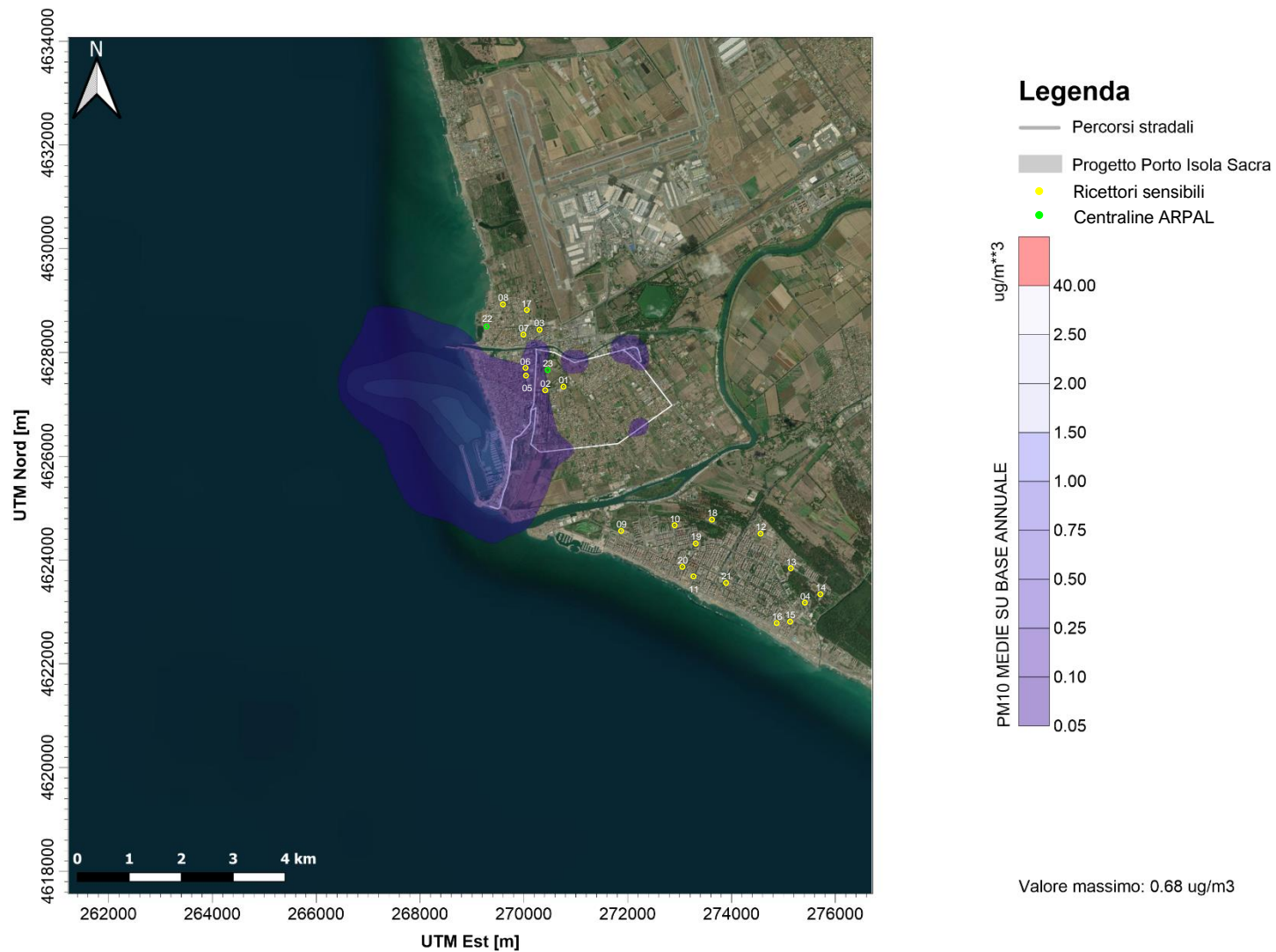


Figura 6.17: PM<sub>10</sub> – concentrazioni medie su base annuale [µg/m<sup>3</sup>], fase di esercizio.



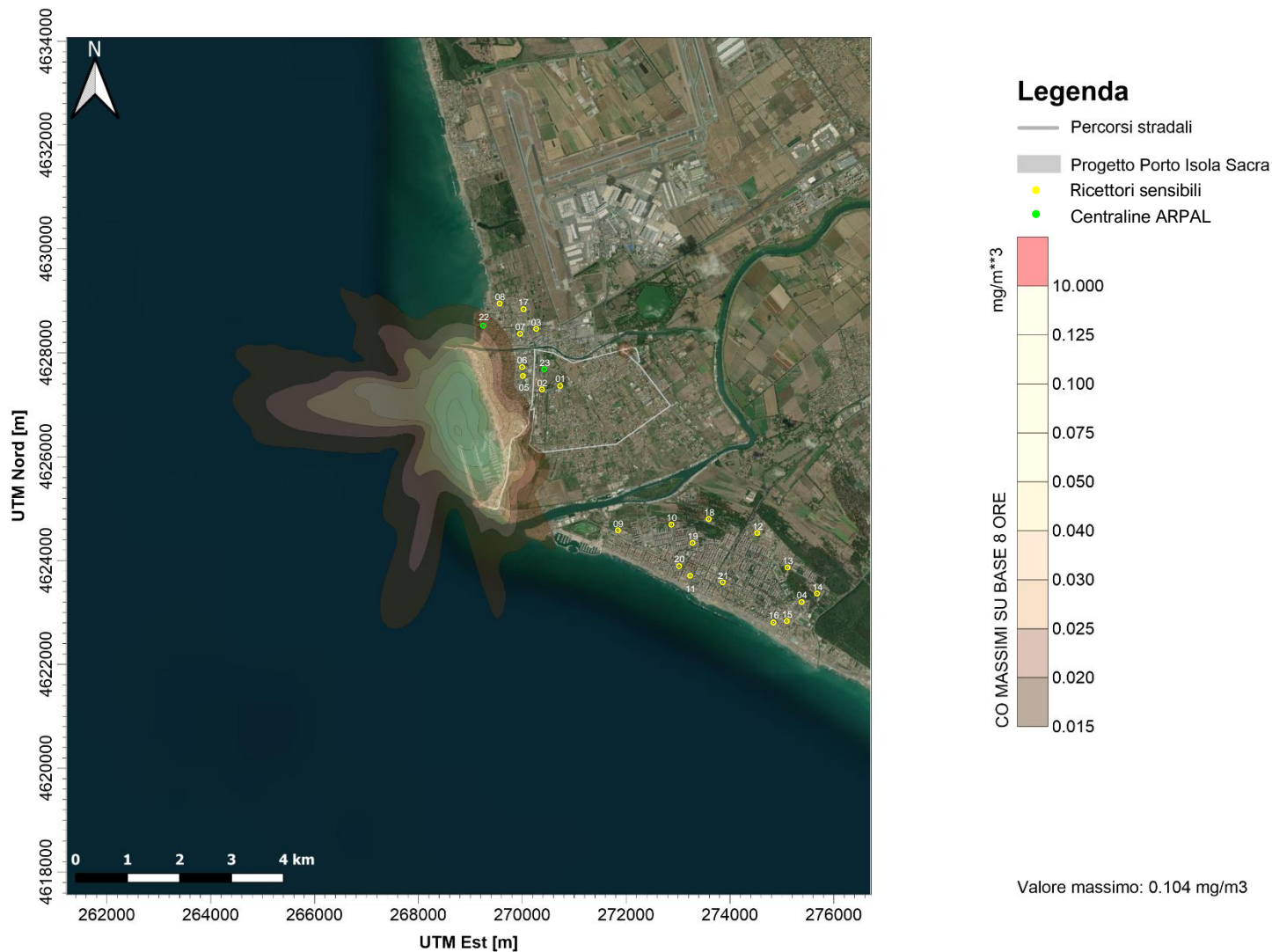


Figura 6.18: CO – concentrazioni massime su base 8 ore [mg/m<sup>3</sup>], fase di esercizio

## 7 CONCLUSIONI

Al fine di valutare gli impatti sulla qualità dell'aria dei gas di scarico dei mezzi a motore presenti in fase di cantiere e in fase di esercizio, e delle emissioni polverulente derivanti dalle attività svolte in cantiere, è stato eseguito uno studio modellistico di dispersione in atmosfera tramite i modelli di calcolo CALMET-CALPUFF.

L'impatto cumulativo è stato valutato confrontando le concentrazioni delle polveri, in termini di PM<sub>10</sub>, degli ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), del biossido di zolfo (SO<sub>x</sub>) e del monossido di carbonio (CO), con i limiti di qualità dell'aria riportati negli Allegati XI e XII al D.Lgs. 155/2010.

In fase di cantiere ed in fase di esercizio tutti i limiti normativi risultano rispettati.

Per quanto riguarda l'analisi sui principali recettori residenziali presenti entro un buffer di 7 km dall'area del porto, si può osservare che il contributo degli inquinanti PM<sub>10</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> e CO emessi dall'attività di cantiere e in esercizio è pressoché trascurabile.

Alla luce dei risultati ottenuti è lecito affermare che non vi sono impatti sulla Qualità dell'Aria durante le fasi di cantiere e di esercizio.

In merito alle attività di ricostruzione degli arenili di Fregene e rinaturalizzazione della riserva di Macchia Grande, dalla valutazione del numero notevolmente inferiore di mezzi coinvolti nonché l'inferiore durata di tali attività rispetto alle attività di cantiere del porto di Isola Sacra, si è ritenuto che l'impatto delle emissioni in atmosfera associate sia trascurabile. Infatti, i mezzi coinvolti sono 1 draga e 5 camion: la draga opererà per 90 giorni in maniera non continuativa, mentre i 5 camion compiranno complessivamente 19 viaggi al giorno, per 130 giorni lavorativi. Inoltre, la minima distanza del territorio di Fregene dal porto di Isola Sacra risulta pari a circa 8 km, tale da suggerire che non ci siano impatti cumulativi derivanti dalle attività di cantiere del porto sui ricettori di Fregene. Alla luce dei risultati delle simulazioni di dispersione degli inquinanti della fase di cantiere del porto, si è dunque concluso che l'impatto degli inquinanti durante le attività di ricostruzione degli arenili di Fregene e rinaturalizzazione della riserva di Macchia Grande sia da ritenersi trascurabile.



## REFERENZE

- [1] ENEA (2015). *“Definizione della metodologia e degli input necessari per l'esecuzione di analisi integrate CALPUFF-CALMET ai fini della valutazione della dispersione di inquinanti radioattivi in atmosfera”*.
- [2] Scire J. S., Robe F. R., Fernau M. E., Yamartino R. J. (2000). *“A User's Guide for the CALMET Meteorological Model (Version 5)”*.
- [3] Scire J. S., Strimaitis D. G., Yamartino R. J. (2000). *“A User's Guide for the CALPUFF Dispersion Model (Version 5)”*.
- [4] South Coast AQMD (2020). *“Off-Road – Model Mobile Source Emission Factor”*
- [5] US EPA – *“AP-42: Compilation of Air Emission Factors”*, 2023.
- [6] US-EPA (2012) *“Haul Road Workgroup Final Report Submission to EPA-OAQPS” Memorandum*.
- [7] Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana (ARPAT) – *“Linee Guida per la valutazione delle emissioni di polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali polverulenti”*, All. 1 e parte integrante e sostanziale della DGP n. 213 del 2009 della provincia di Firenze.
- [8] European Monitoring and Evaluation Programme / European Environment Agency (EMEP/EEA) – *“Air pollutant emission inventory guidebook 2019”*, aggiornato a dicembre 2021.
- [9] ARPA Lazio - *“Valutazione della qualità dell'aria della regione Lazio 2022”*, 2023, reperibile a: [https://www.arpalazio.it/documents/20124/55931/VQA\\_2022\\_web.pdf](https://www.arpalazio.it/documents/20124/55931/VQA_2022_web.pdf)

## SITOGRAFIA CONSULTATA

- [1] NASA: [www2.jpl.nasa.gov/srtm/](http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/)
- [2] USGS: [usgs.gov](http://usgs.gov)
- [3] EPA: [cfpub.epa.gov/webfire/](http://cfpub.epa.gov/webfire/)
- [4] Copernicus Corine Land Cover: [land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover](http://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover)
- [5] ECMWF ERA5: <https://www.ecmwf.int/en/forecasts/dataset/ecmwf-reanalysis-v5>

## **Appendice A: Caratterizzazione Anemologica e Meteorologica**

## A1. CARATTERIZZAZIONE ANEMOLOGICA

Nel presente paragrafo vengono riportati i risultati del processamento dei dati di velocità e direzione del vento provenienti dal database ERA5 per il periodo 2013-2022, estratti al punto di coordinate 12.25°E, 41.75°N (WGS84), il più vicino alla zona del porto di Fiumicino – Isola Sacra (come da figura e tabella seguente).

### ✓ Media decennale (2013-2022)

■ > 12 m/s ■ 8 - 12 m/s ■ 6 - 8 m/s ■ 4 - 6 m/s ■ 2 - 4 m/s ■ 1 - 2 m/s ■ < 1 m/s

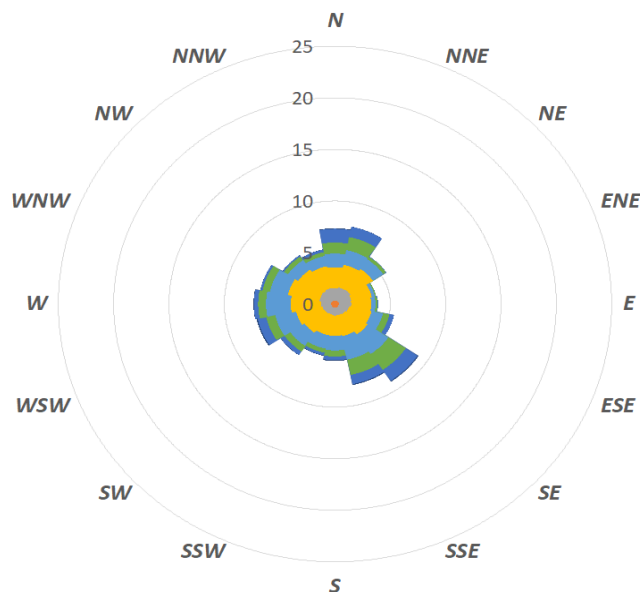


Figura A1.1: Rosa dei venti per il periodo 2012-2021. (12.25°E, 41.75°N).

Tabella A1.1: Distribuzione velocità del vento vs. direzione di provenienza (2013-2022). (12.25°E, 41.75°N).

2013 - 2022	< 1 m/s	1 - 2 m/s	2 - 4 m/s	4 - 6 m/s	6 - 8 m/s	8 - 12 m/s	> 12 m/s	Totale
N	0.43	1.21	2.02	1.32	1.07	1.33	0.06	7.44
NNE	0.40	1.27	2.27	1.45	1.29	1.01	0.02	7.71
NE	0.43	1.33	2.44	1.12	0.29	0.04	0.00	5.65
ENE	0.40	1.17	1.87	0.29	0.11	0.01	0.00	3.85
E	0.35	1.11	1.81	0.39	0.18	0.06	0.00	3.90
ESE	0.32	0.94	2.08	1.06	0.59	0.42	0.01	5.41
SE	0.32	0.80	2.39	2.28	1.89	1.28	0.09	9.05
SSE	0.30	0.75	2.08	2.33	1.51	0.90	0.09	7.97
S	0.26	0.76	1.98	1.42	0.59	0.35	0.09	5.44
SSW	0.25	0.71	2.01	1.34	0.40	0.26	0.05	5.02
SW	0.29	0.74	2.25	1.54	0.63	0.40	0.04	5.88
WSW	0.33	0.80	2.44	1.91	0.84	0.80	0.10	7.21
W	0.35	0.94	2.70	2.24	0.71	0.39	0.04	7.37
WNW	0.33	1.09	2.90	1.65	0.68	0.19	0.01	6.87
NW	0.36	1.16	2.51	1.12	0.43	0.14	0.01	5.74
NNW	0.40	1.24	2.16	1.01	0.38	0.26	0.02	5.45
<b>Totale</b>	<b>5.53</b>	<b>16.03</b>	<b>35.90</b>	<b>22.47</b>	<b>11.58</b>	<b>7.84</b>	<b>0.62</b>	<b>99.97</b>

### ✓ Anno 2013

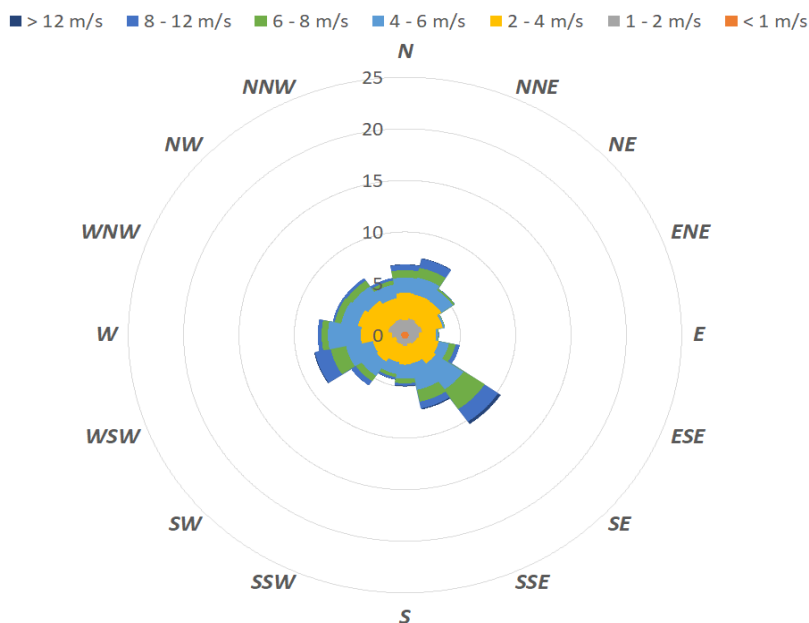


Tabella A1.2: Distribuzione velocità del vento vs. direzione di provenienza (2013). (12.25°E, 41.75°N).

Figura A1.2: Rosa dei venti per l'anno 2013. (12.25°E, 41.75°N).

2013	< 1 m/s	1 - 2 m/s	2 - 4 m/s	4 - 6 m/s	6 - 8 m/s	8 - 12 m/s	> 12 m/s	Totale
N	0.46	1.08	2.67	1.47	0.72	0.54	0.05	6.99
NNE	0.39	1.29	2.37	1.67	0.97	0.90	0.06	7.65
NE	0.43	1.13	2.48	1.26	0.18	0.03	0.00	5.51
ENE	0.47	1.23	1.91	0.17	0.05	0.00	0.00	3.82
E	0.30	0.95	1.51	0.19	0.06	0.03	0.00	3.04
ESE	0.25	0.76	2.00	0.96	0.59	0.39	0.00	4.95
SE	0.37	0.69	2.32	3.03	2.27	1.50	0.29	10.45
SSE	0.30	0.55	1.91	2.63	1.18	0.66	0.11	7.33
S	0.31	0.75	1.78	1.37	0.45	0.21	0.08	4.94
SSW	0.30	0.58	1.76	1.18	0.32	0.22	0.03	4.38
SW	0.22	0.65	2.09	1.66	0.63	0.50	0.01	5.75
WSW	0.21	0.49	2.12	2.48	1.42	1.45	0.08	8.24
W	0.25	0.87	2.79	2.97	0.57	0.35	0.00	7.80
WNW	0.38	1.22	2.77	1.53	0.59	0.19	0.00	6.69
NW	0.45	1.14	2.53	1.67	0.66	0.29	0.00	6.74
NNW	0.40	1.23	2.07	1.36	0.40	0.25	0.00	5.71
<b>Totale</b>	5.46	14.62	35.07	25.57	11.05	7.51	0.71	100.00

## ✓ Anno 2014

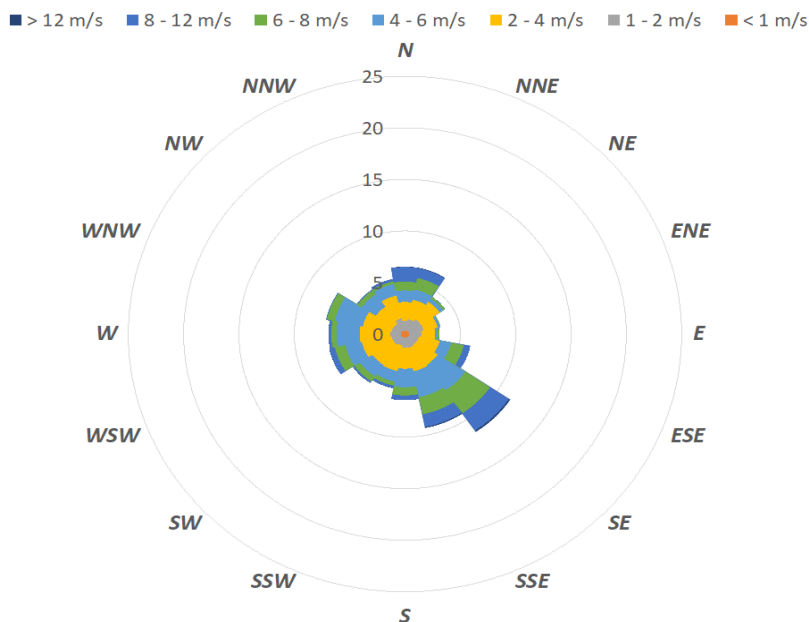


Figura A1.3: Rosa dei venti per l'anno 2014. (12.25°E, 41.75°N).

Tabella A1.3: Distribuzione velocità del vento vs. direzione di provenienza (2014). (12.25°E, 41.75°N).

2013 - 2022	< 1 m/s	1 - 2 m/s	2 - 4 m/s	4 - 6 m/s	6 - 8 m/s	8 - 12 m/s	> 12 m/s	Totale
<b>N</b>	0.33	0.92	1.84	1.12	0.86	1.42	0.03	6.52
<b>NNE</b>	0.33	1.10	1.95	0.98	1.16	0.94	0.06	6.52
<b>NE</b>	0.43	1.35	2.07	0.38	0.21	0.02	0.00	4.45
<b>ENE</b>	0.33	1.37	1.29	0.22	0.07	0.00	0.00	3.28
<b>E</b>	0.39	1.13	1.23	0.21	0.17	0.03	0.00	3.16
<b>ESE</b>	0.39	0.92	1.92	1.06	1.18	0.59	0.00	6.06
<b>SE</b>	0.38	0.91	2.31	2.99	2.71	2.03	0.16	11.48
<b>SSE</b>	0.38	1.03	2.31	2.56	1.70	1.26	0.10	9.33
<b>S</b>	0.27	0.99	2.02	1.79	0.80	0.46	0.01	6.35
<b>SSW</b>	0.31	0.78	2.51	1.06	0.40	0.24	0.02	5.32
<b>SW</b>	0.26	0.89	2.33	1.35	0.59	0.17	0.01	5.61
<b>WSW</b>	0.39	0.89	2.73	1.52	0.97	0.51	0.02	7.03
<b>W</b>	0.27	1.00	2.74	2.10	0.47	0.26	0.00	6.85
<b>WNW</b>	0.35	0.88	2.65	2.58	0.74	0.07	0.00	7.27
<b>NW</b>	0.35	0.84	1.97	1.51	0.47	0.09	0.00	5.24
<b>NNW</b>	0.43	1.19	2.26	1.14	0.26	0.25	0.00	5.54
<b>Totale</b>	5.61	16.20	34.12	22.56	12.75	8.34	0.42	100.00

✓ Anno 2015

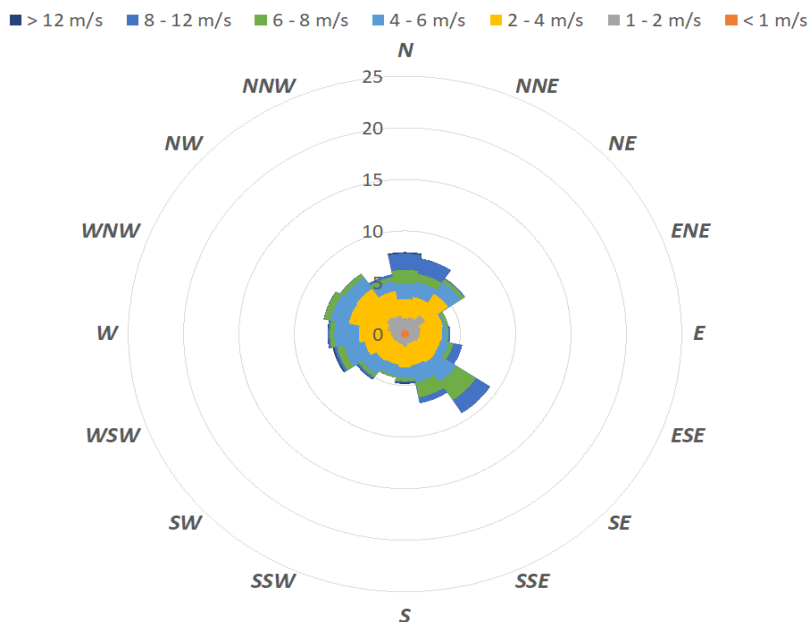


Figura A1.4: Rosa dei venti per l'anno 2015. (12.25°E, 41.75°N).

Tabella A1.4: Distribuzione velocità del vento vs. direzione di provenienza (2015). (12.25°E, 41.75°N).

2013 - 2022	< 1 m/s	1 - 2 m/s	2 - 4 m/s	4 - 6 m/s	6 - 8 m/s	8 - 12 m/s	> 12 m/s	Totale
<b>N</b>	0.48	1.13	1.89	1.51	1.32	1.58	0.14	8.05
<b>NNE</b>	0.54	1.29	2.01	1.47	0.81	1.47	0.03	7.63
<b>NE</b>	0.30	1.84	2.50	1.34	0.37	0.10	0.00	6.44
<b>ENE</b>	0.50	1.08	2.04	0.21	0.26	0.03	0.00	4.13
<b>E</b>	0.41	0.99	2.00	0.41	0.15	0.18	0.00	4.14
<b>ESE</b>	0.38	0.88	1.99	0.81	0.40	0.83	0.01	5.30
<b>SE</b>	0.30	0.65	2.28	2.27	2.15	1.47	0.03	9.16
<b>SSE</b>	0.34	0.59	2.12	1.70	1.50	0.56	0.00	6.82
<b>S</b>	0.19	0.82	2.03	1.03	0.32	0.15	0.11	4.66
<b>SSW</b>	0.29	0.66	1.99	1.08	0.19	0.03	0.00	4.25
<b>SW</b>	0.23	0.66	2.11	1.54	0.33	0.22	0.07	5.16
<b>WSW</b>	0.31	0.75	2.58	1.91	0.66	0.24	0.15	6.60
<b>W</b>	0.40	0.87	2.93	2.21	0.40	0.17	0.05	7.03
<b>WNW</b>	0.37	1.23	3.58	1.68	0.58	0.03	0.01	7.49
<b>NW</b>	0.45	1.61	3.31	1.31	0.42	0.05	0.00	7.15
<b>NNW</b>	0.48	1.46	2.43	0.99	0.40	0.25	0.00	6.02
<b>Totale</b>	5.95	16.53	37.81	21.47	10.26	7.37	0.61	100.00



## ✓ Anno 2016

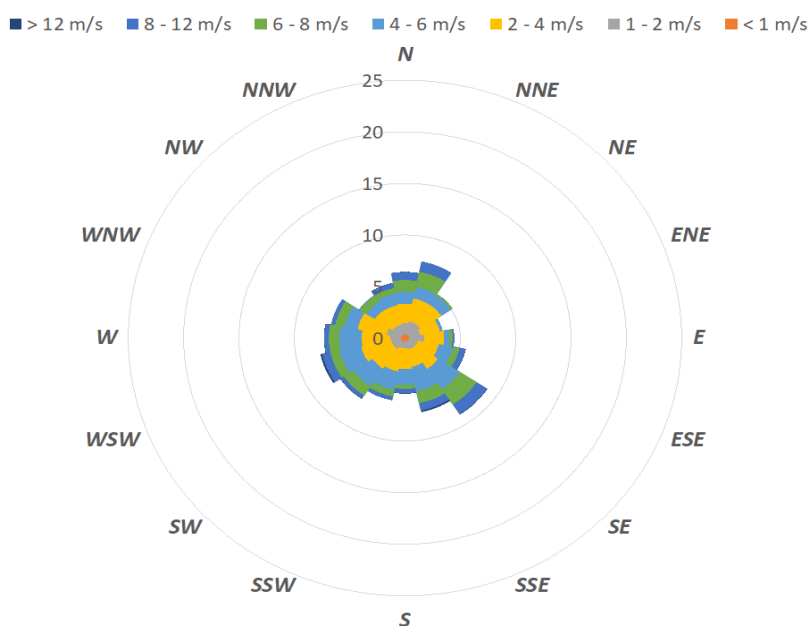


Figura A1.5: Rosa dei venti per l'anno 2016. (12.25°E, 41.75°N).

Tabella A1.5: Distribuzione velocità del vento vs. direzione di provenienza (2016). (12.25°E, 41.75°N).

2013 - 2022	< 1 m/s	1 - 2 m/s	2 - 4 m/s	4 - 6 m/s	6 - 8 m/s	8 - 12 m/s	> 12 m/s	Totale
<b>N</b>	0.49	1.10	1.88	1.15	1.14	0.79	0.01	6.56
<b>NNE</b>	0.51	1.32	2.24	1.14	1.51	1.01	0.00	7.74
<b>NE</b>	0.48	1.31	2.25	1.04	0.20	0.01	0.00	5.29
<b>ENE</b>	0.39	1.04	1.82	0.25	0.02	0.00	0.00	3.52
<b>E</b>	0.28	1.40	1.79	0.47	0.30	0.16	0.00	4.39
<b>ESE</b>	0.38	0.83	1.91	1.32	0.59	0.56	0.03	5.62
<b>SE</b>	0.31	0.80	2.44	2.38	1.80	1.12	0.06	8.89
<b>SSE</b>	0.33	0.75	1.75	2.39	1.20	0.73	0.16	7.31
<b>S</b>	0.24	0.65	2.02	1.53	0.39	0.43	0.03	5.28
<b>SSW</b>	0.23	0.64	2.30	1.81	0.67	0.36	0.01	6.02
<b>SW</b>	0.39	0.90	2.31	2.05	1.06	0.36	0.03	7.10
<b>WSW</b>	0.33	0.87	2.81	1.99	0.85	0.75	0.17	7.78
<b>W</b>	0.35	0.97	2.58	2.03	0.94	0.42	0.02	7.32
<b>WNW</b>	0.24	1.33	2.68	1.21	0.87	0.38	0.00	6.69
<b>NW</b>	0.33	0.99	1.95	0.92	0.69	0.06	0.00	4.94
<b>NNW</b>	0.42	1.00	1.89	1.16	0.54	0.48	0.05	5.53
<b>Totale</b>	5.69	15.89	34.62	22.83	12.77	7.62	0.58	100.00

✓ Anno 2017

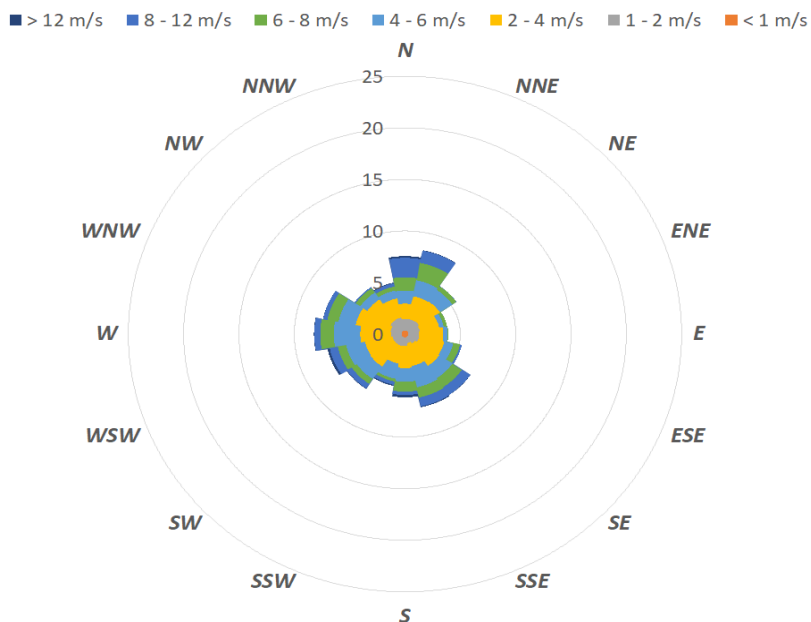


Figura A1.6: Rosa dei venti per l'anno 2017. (12.25°E, 41.75°N).

Tabella A1.6: Distribuzione velocità del vento vs. direzione di provenienza (2017). (12.25°E, 41.75°N).

2013 - 2022	< 1 m/s	1 - 2 m/s	2 - 4 m/s	4 - 6 m/s	6 - 8 m/s	8 - 12 m/s	> 12 m/s	Totale
<b>N</b>	0.42	1.14	1.48	1.27	1.30	1.87	0.17	7.66
<b>NNE</b>	0.34	1.16	2.26	1.58	1.71	1.21	0.05	8.31
<b>NE</b>	0.38	1.20	2.28	1.35	0.43	0.02	0.00	5.66
<b>ENE</b>	0.34	1.05	1.78	0.42	0.31	0.00	0.00	3.90
<b>E</b>	0.39	0.94	2.20	0.39	0.07	0.00	0.00	3.98
<b>ESE</b>	0.24	0.98	2.32	0.82	0.63	0.17	0.00	5.16
<b>SE</b>	0.31	0.80	2.59	1.44	1.05	0.90	0.02	7.11
<b>SSE</b>	0.18	0.58	2.25	2.12	1.00	0.88	0.08	7.10
<b>S</b>	0.25	0.83	2.16	1.32	0.95	0.33	0.23	6.07
<b>SSW</b>	0.25	0.86	1.74	1.51	0.27	0.33	0.10	5.06
<b>SW</b>	0.26	0.86	2.58	1.48	0.57	0.50	0.06	6.31
<b>WSW</b>	0.31	0.84	2.52	1.74	0.76	0.75	0.21	7.13
<b>W</b>	0.35	0.96	2.76	2.40	1.22	0.54	0.03	8.26
<b>WNW</b>	0.31	1.02	3.20	1.59	1.03	0.39	0.01	7.53
<b>NW</b>	0.38	1.26	2.50	0.78	0.51	0.13	0.00	5.55
<b>NNW</b>	0.41	1.30	1.91	0.78	0.40	0.32	0.07	5.18
<b>Totale</b>	5.13	15.78	36.53	20.97	12.23	8.34	1.03	100.00

✓ Anno 2018

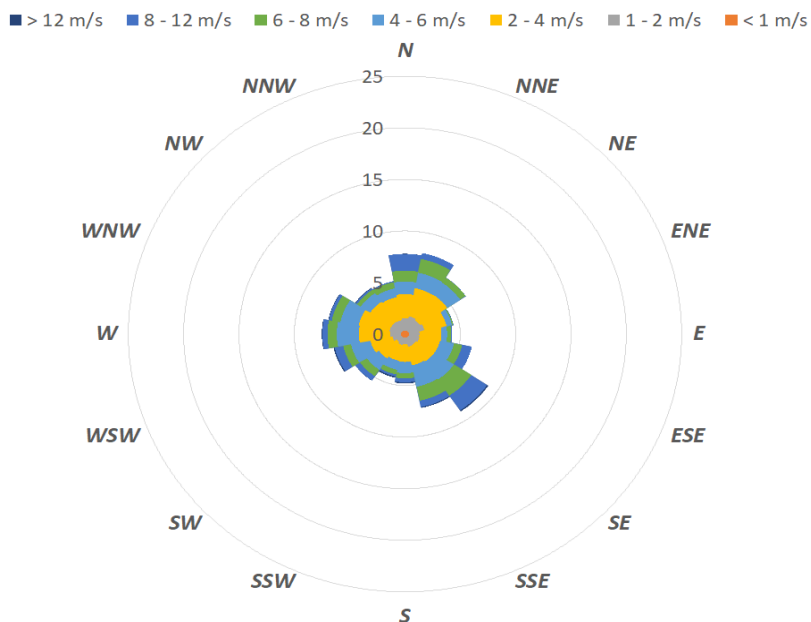


Figura A1.7: Rosa dei venti per l'anno 2018. (12.25°E, 41.75°N).

Tabella A1.7: Distribuzione velocità del vento vs. direzione di provenienza (2018). (12.25°E, 41.75°N).

2013 - 2022	< 1 m/s	1 - 2 m/s	2 - 4 m/s	4 - 6 m/s	6 - 8 m/s	8 - 12 m/s	> 12 m/s	Totale
<b>N</b>	0.40	1.19	2.33	1.23	1.06	1.61	0.01	7.83
<b>NNE</b>	0.40	1.40	2.79	1.52	1.36	0.58	0.00	8.05
<b>NE</b>	0.45	1.27	2.97	1.42	0.59	0.01	0.00	6.70
<b>ENE</b>	0.51	1.44	2.04	0.50	0.10	0.03	0.00	4.63
<b>E</b>	0.30	0.95	2.01	0.50	0.37	0.09	0.00	4.21
<b>ESE</b>	0.40	0.98	1.89	1.29	0.75	0.89	0.00	6.21
<b>SE</b>	0.31	0.84	2.02	2.10	1.87	1.72	0.13	9.00
<b>SSE</b>	0.33	0.91	1.83	2.12	1.38	0.63	0.09	7.29
<b>S</b>	0.33	0.66	1.70	1.08	0.50	0.38	0.11	4.77
<b>SSW</b>	0.25	0.74	1.55	0.89	0.46	0.21	0.13	4.22
<b>SW</b>	0.37	0.55	1.95	1.31	0.74	0.50	0.01	5.43
<b>WSW</b>	0.31	0.80	2.03	1.79	0.72	0.79	0.10	6.54
<b>W</b>	0.27	1.02	2.80	2.00	0.84	0.46	0.06	7.44
<b>WNW</b>	0.37	1.07	2.84	1.68	0.80	0.27	0.05	7.08
<b>NW</b>	0.29	1.06	2.36	1.03	0.40	0.16	0.06	5.35
<b>NNW</b>	0.34	1.03	2.27	0.87	0.62	0.10	0.00	5.23
<b>Totale</b>	5.62	15.91	35.39	21.34	12.57	8.44	0.74	100.00

✓ Anno 2019

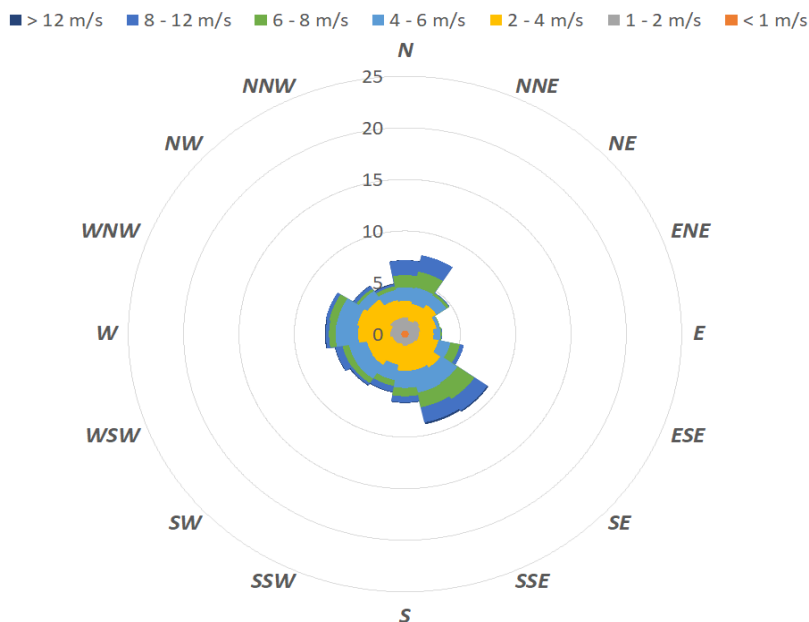


Figura A1.8: Rosa dei venti per l'anno 2019. (12.25°E, 41.75°N).

Tabella A1.8: Distribuzione velocità del vento vs. direzione di provenienza (2019). (12.25°E, 41.75°N).

2013 - 2022	< 1 m/s	1 - 2 m/s	2 - 4 m/s	4 - 6 m/s	6 - 8 m/s	8 - 12 m/s	> 12 m/s	Totale
<b>N</b>	0.55	1.28	1.60	1.31	1.19	1.44	0.02	7.39
<b>NNE</b>	0.33	0.99	1.66	1.62	1.56	1.61	0.00	7.77
<b>NE</b>	0.50	1.23	1.85	1.07	0.27	0.08	0.00	5.01
<b>ENE</b>	0.40	1.07	1.48	0.29	0.06	0.00	0.00	3.30
<b>E</b>	0.46	0.95	1.30	0.61	0.13	0.03	0.00	3.47
<b>ESE</b>	0.25	0.89	1.85	1.11	0.87	0.38	0.00	5.34
<b>SE</b>	0.26	0.76	2.77	1.82	1.87	1.42	0.13	9.03
<b>SSE</b>	0.30	0.72	2.53	2.20	1.45	1.51	0.18	8.89
<b>S</b>	0.29	0.80	2.43	1.66	0.81	0.58	0.07	6.63
<b>SSW</b>	0.22	0.65	2.04	1.53	0.57	0.57	0.07	5.65
<b>SW</b>	0.24	0.78	2.47	1.62	0.51	0.23	0.08	5.92
<b>WSW</b>	0.31	0.78	2.40	1.66	0.59	0.65	0.06	6.44
<b>W</b>	0.38	1.00	2.89	2.04	0.59	0.29	0.09	7.28
<b>WNW</b>	0.22	0.97	3.08	1.85	0.73	0.32	0.01	7.18
<b>NW</b>	0.42	1.27	2.47	0.97	0.25	0.33	0.05	5.75
<b>NNW</b>	0.27	1.23	1.78	0.99	0.38	0.19	0.08	4.93
<b>Totale</b>	5.39	15.38	34.60	22.34	11.84	9.62	0.83	100.00

✓ Anno 2020

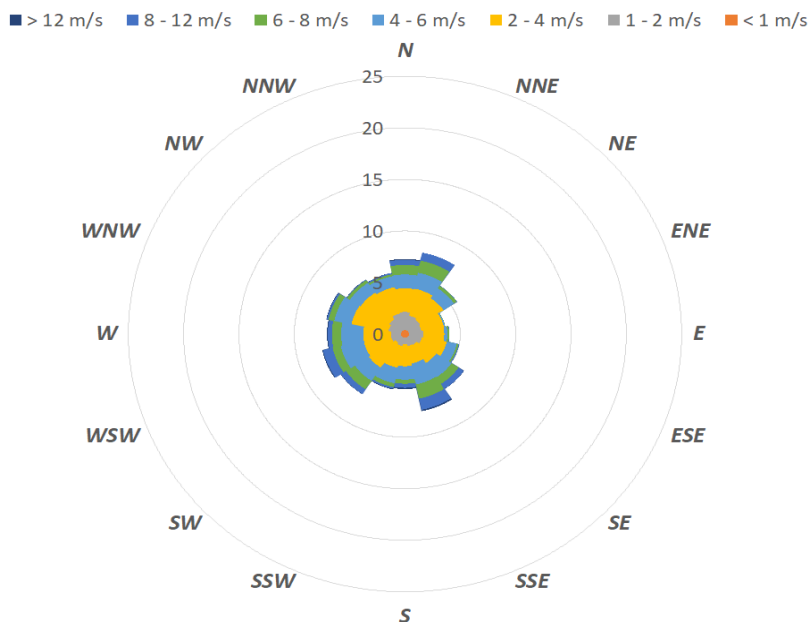


Figura A1.9: Rosa dei venti per l'anno 2020. (12.25°E, 41.75°N).

Tabella A1.9: Distribuzione velocità del vento vs. direzione di provenienza (2020). (12.25°E, 41.75°N).

2013 - 2022	< 1 m/s	1 - 2 m/s	2 - 4 m/s	4 - 6 m/s	6 - 8 m/s	8 - 12 m/s	> 12 m/s	Totale
<b>N</b>	0.40	1.78	2.29	1.34	0.93	0.49	0.09	7.32
<b>NNE</b>	0.46	1.45	2.66	1.58	1.20	0.80	0.00	8.14
<b>NE</b>	0.43	1.28	2.54	1.15	0.30	0.03	0.00	5.73
<b>ENE</b>	0.31	1.15	2.06	0.11	0.03	0.00	0.00	3.67
<b>E</b>	0.30	1.30	1.89	0.27	0.16	0.03	0.00	3.95
<b>ESE</b>	0.36	1.21	2.27	0.93	0.16	0.08	0.00	5.01
<b>SE</b>	0.35	0.89	2.14	1.67	0.76	0.56	0.03	6.41
<b>SSE</b>	0.32	0.83	1.73	2.06	1.40	1.10	0.14	7.58
<b>S</b>	0.25	0.65	2.11	1.30	0.40	0.40	0.13	5.23
<b>SSW</b>	0.24	0.82	2.15	1.53	0.39	0.16	0.07	5.35
<b>SW</b>	0.33	0.66	2.90	1.53	0.98	0.54	0.03	6.97
<b>WSW</b>	0.40	0.91	2.50	2.13	0.76	0.89	0.08	7.67
<b>W</b>	0.42	0.88	2.53	1.99	0.84	0.36	0.08	7.10
<b>WNW</b>	0.43	1.16	3.40	1.58	0.54	0.15	0.06	7.32
<b>NW</b>	0.31	1.37	3.10	1.16	0.30	0.06	0.02	6.31
<b>NNW</b>	0.56	1.66	2.61	1.08	0.19	0.14	0.01	6.25
<b>Totale</b>	5.86	17.98	38.88	21.43	9.34	5.78	0.74	100.00

## ✓ Anno 2021

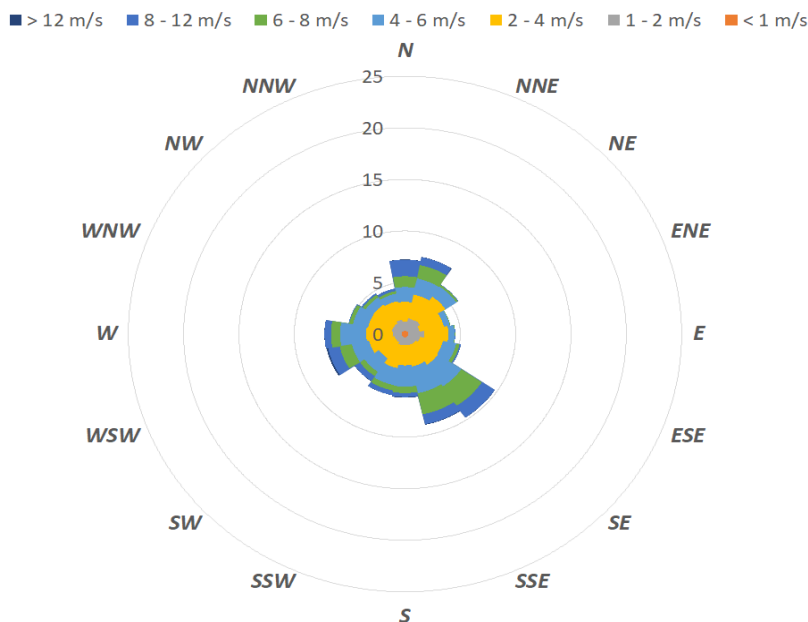


Figura A1.10: Rosa dei venti per l'anno 2021. (12.25°E, 41.75°N).

Tabella A1.10: Distribuzione velocità del vento vs. direzione di provenienza (2021). (12.25°E, 41.75°N).

2013 - 2022	< 1 m/s	1 - 2 m/s	2 - 4 m/s	4 - 6 m/s	6 - 8 m/s	8 - 12 m/s	> 12 m/s	Totale
<b>N</b>	0.34	0.91	1.89	1.44	1.05	1.60	0.02	7.26
<b>NNE</b>	0.27	1.23	2.36	1.59	1.32	0.79	0.02	7.59
<b>NE</b>	0.47	1.31	2.75	1.19	0.18	0.05	0.00	5.95
<b>ENE</b>	0.30	1.03	2.24	0.56	0.05	0.00	0.00	4.17
<b>E</b>	0.34	1.42	2.19	0.56	0.05	0.02	0.00	4.58
<b>ESE</b>	0.29	1.06	2.11	1.23	0.31	0.13	0.01	5.14
<b>SE</b>	0.30	0.86	2.41	2.55	2.26	1.37	0.02	9.76
<b>SSE</b>	0.29	0.81	2.08	2.66	2.09	0.98	0.06	8.96
<b>S</b>	0.31	0.79	1.94	2.07	0.62	0.39	0.07	6.18
<b>SSW</b>	0.24	0.81	2.25	1.68	0.54	0.45	0.01	5.97
<b>SW</b>	0.29	0.64	1.87	1.58	0.50	0.57	0.03	5.48
<b>WSW</b>	0.38	0.65	2.34	1.59	1.13	1.06	0.14	7.28
<b>W</b>	0.32	0.81	2.39	2.35	0.83	0.58	0.01	7.29
<b>WNW</b>	0.24	0.91	2.17	1.40	0.34	0.07	0.00	5.14
<b>NW</b>	0.32	0.91	2.21	0.86	0.30	0.16	0.00	4.76
<b>NNW</b>	0.30	1.10	1.85	0.74	0.25	0.25	0.01	4.50
<b>Totale</b>	4.98	15.25	35.06	24.03	11.82	8.46	0.41	100.00



## ✓ Anno 2022

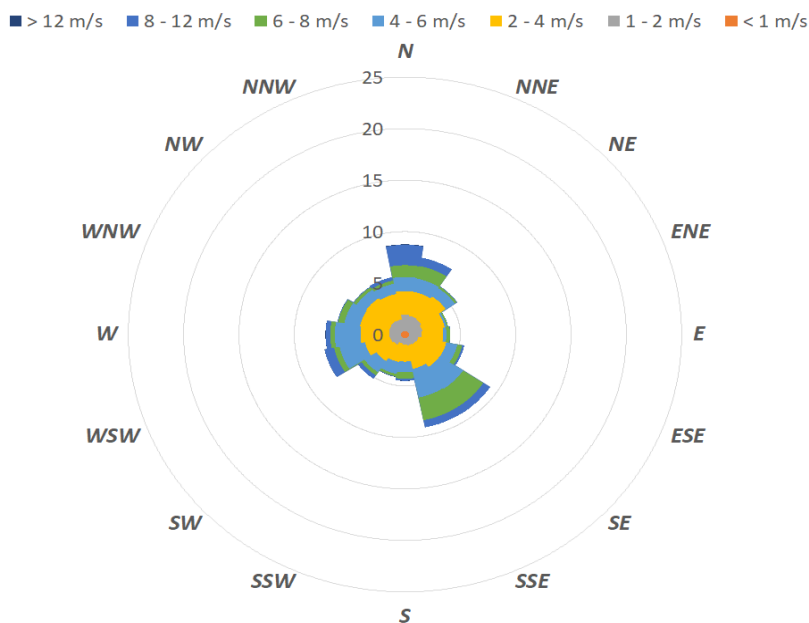


Figura A1.11: Rosa dei venti per l'anno 2022 (12.25°E, 41.75°N).

Tabella A1.11: Distribuzione velocità del vento vs. direzione di provenienza (2022). (12.25°E, 41.75°N).

2013 - 2022	< 1 m/s	1 - 2 m/s	2 - 4 m/s	4 - 6 m/s	6 - 8 m/s	8 - 12 m/s	> 12 m/s	Totale
<b>N</b>	0.47	1.59	2.28	1.37	1.14	1.97	0.05	8.87
<b>NNE</b>	0.43	1.50	2.35	1.34	1.24	0.83	0.00	7.69
<b>NE</b>	0.43	1.40	2.67	0.98	0.21	0.05	0.00	5.74
<b>ENE</b>	0.48	1.24	2.05	0.18	0.13	0.01	0.00	4.10
<b>E</b>	0.35	1.13	1.96	0.30	0.33	0.03	0.00	4.11
<b>ESE</b>	0.26	0.89	2.56	1.03	0.45	0.18	0.00	5.37
<b>SE</b>	0.35	0.79	2.65	2.52	2.18	0.73	0.00	9.22
<b>SSE</b>	0.24	0.73	2.32	2.84	2.25	0.71	0.00	9.09
<b>S</b>	0.17	0.66	1.62	1.04	0.63	0.19	0.01	4.33
<b>SSW</b>	0.15	0.54	1.84	1.18	0.24	0.05	0.02	4.01
<b>SW</b>	0.30	0.84	1.89	1.30	0.35	0.39	0.01	5.09
<b>WSW</b>	0.34	0.99	2.34	2.34	0.50	0.88	0.01	7.41
<b>W</b>	0.53	1.05	2.63	2.32	0.41	0.42	0.01	7.36
<b>WNW</b>	0.45	1.12	2.67	1.45	0.57	0.06	0.01	6.32
<b>NW</b>	0.35	1.18	2.72	1.00	0.31	0.06	0.00	5.62
<b>NNW</b>	0.34	1.15	2.51	1.00	0.32	0.34	0.00	5.67
<b>Totale</b>	5.65	16.80	37.07	22.19	11.26	6.91	0.13	100.00

## A2. CARATTERIZZAZIONE METEOROLOGICA

Nel presente paragrafo vengono riportati i risultati del processamento dei dati di temperatura dell'aria e di precipitazione provenienti dal database ERA5 per il periodo 2013-2022, estratti al punto di coordinate 12.25°E, 41.75°N (WGS84), il più vicino alla zona del porto di Fiumicino – Isola Sacra (da Figura A2.1 a Figura e da Tabella a Tabella).

### ✓ Media decennale

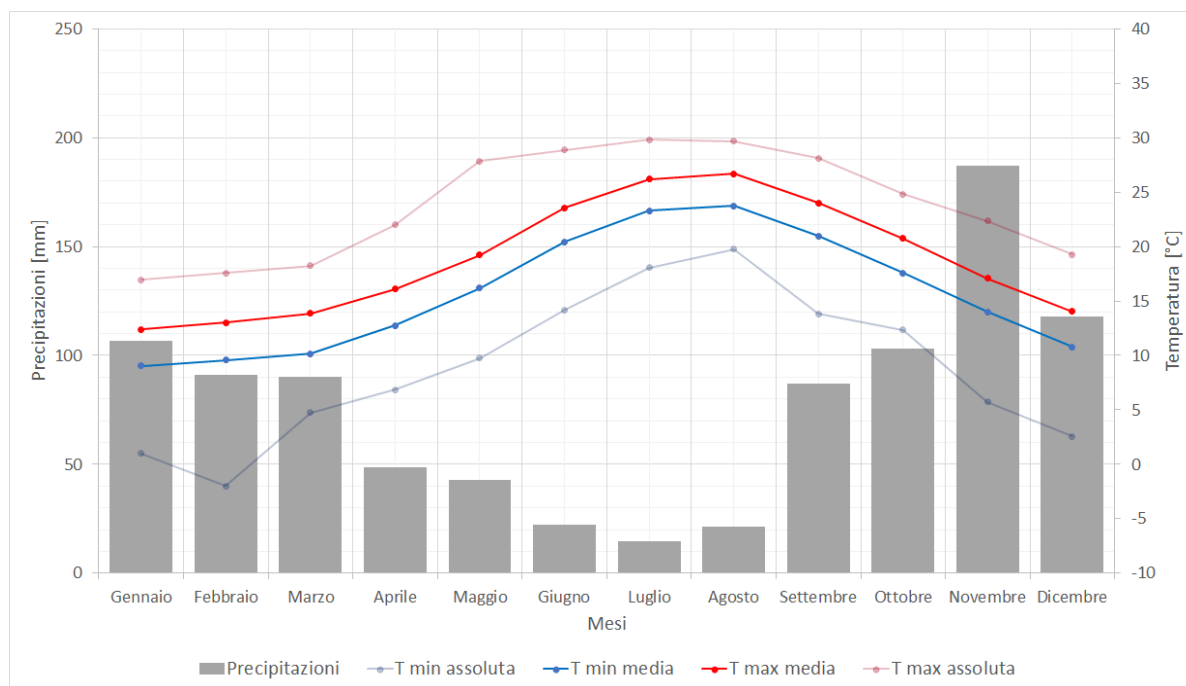


Figura A2.12: Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2013-2022). (12.25°E, 41.75°N).

Tabella A2.12: Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2013-2022). (12.25°E, 41.75°N).

2013 - 2022	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
T minime assolute [°C]	1.0	-2.0	4.7	6.9	9.8	14.2	18.0	19.7	13.8	12.3	5.7	2.6
T minime medie [°C]	9.0	9.6	10.2	12.8	16.2	20.4	23.3	23.8	21.0	17.6	14.0	10.8
T massime medie [°C]	12.4	13.0	13.9	16.1	19.2	23.6	26.2	26.7	24.0	20.8	17.1	14.1
T massime assolute [°C]	16.9	17.6	18.2	22.0	27.8	28.9	29.8	29.7	28.1	24.8	22.3	19.3
Precipitazioni [mm]	106.5	90.9	90.1	48.6	42.9	22.1	14.9	21.5	87.2	103.2	187.1	118.0

✓ Anno 2013

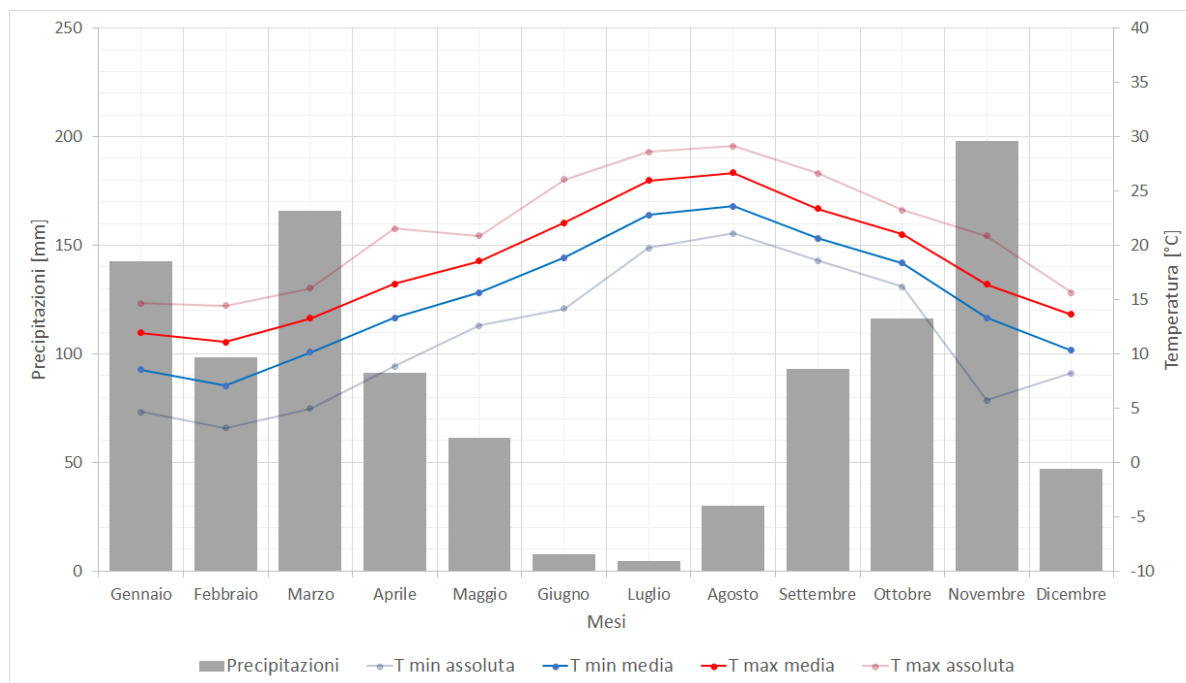


Figura A2.13 Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2013). (12.25°E, 41.75°N).

Tabella A2.13: Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2013). (12.25°E, 41.75°N).

2013	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
T minime assolute [°C]	4.7	3.2	4.9	8.8	12.6	14.2	19.7	21.1	18.6	16.2	5.7	8.2
T minime medie [°C]	8.5	7.0	10.2	13.3	15.7	18.8	22.8	23.6	20.6	18.4	13.3	10.3
T massime medie [°C]	11.9	11.1	13.3	16.4	18.6	22.1	26.0	26.7	23.4	21.0	16.4	13.6
T massime assolute [°C]	14.7	14.4	16.1	21.5	20.9	26.1	28.6	29.1	26.6	23.2	20.9	15.7
Precipitazioni [mm]	142.6	98.2	166.1	91.4	61.3	7.9	4.6	29.8	93.1	116.4	198.0	46.8

✓ Anno 2014

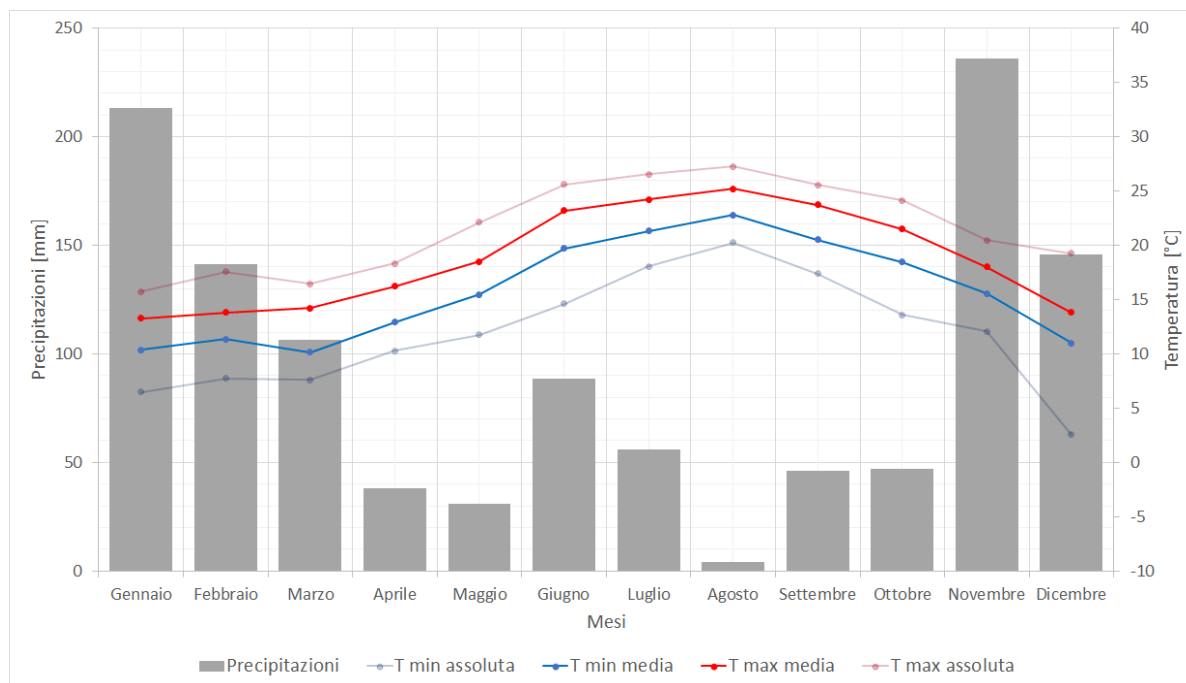


Figura A2.14: Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2014). (12.25°E, 41.75°N).

Tabella A2.14: Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2014). (12.25°E, 41.75°N).

2014	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
T minime assolute [°C]	6.5	7.7	7.6	10.3	11.8	14.6	18.0	20.3	17.4	13.6	12.1	2.6
T minime medie [°C]	10.4	11.3	10.1	12.9	15.5	19.7	21.3	22.8	20.5	18.5	15.5	11.0
T massime medie [°C]	13.3	13.8	14.2	16.2	18.5	23.2	24.2	25.2	23.7	21.5	18.0	13.8
T massime assolute [°C]	15.7	17.6	16.4	18.3	22.1	25.6	26.6	27.2	25.6	24.1	20.5	19.3
Precipitazioni [mm]	213.4	141.1	106.3	38.0	31.0	88.6	55.8	4.0	46.2	47.1	235.9	146.0

✓ Anno 2015

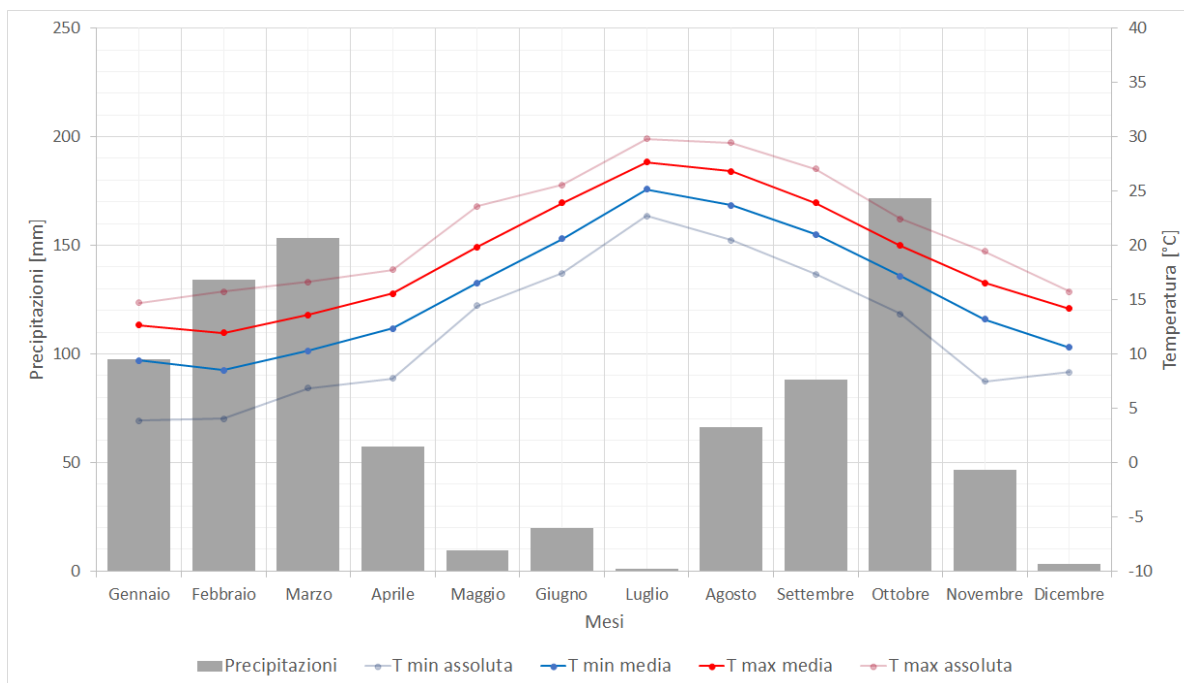


Figura A2.15: Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2015). (12.25°E, 41.75°N).

Tabella A2.15: Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2015). (12.25°E, 41.75°N).

2015	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
T minime assolute [°C]	3.9	4.0	6.8	7.8	14.4	17.4	22.7	20.5	17.3	13.7	7.5	8.3
T minime medie [°C]	9.4	8.5	10.3	12.3	16.5	20.6	25.2	23.7	21.0	17.2	13.2	10.6
T massime medie [°C]	12.6	11.9	13.6	15.5	19.8	23.9	27.7	26.8	23.9	20.0	16.5	14.2
T massime assolute [°C]	14.7	15.7	16.6	17.8	23.6	25.6	29.8	29.4	27.0	22.4	19.4	15.7
Precipitazioni [mm]	97.3	134.3	153.5	57.3	9.3	19.7	0.8	66.2	88.0	171.5	46.4	3.1

✓ Anno 2016

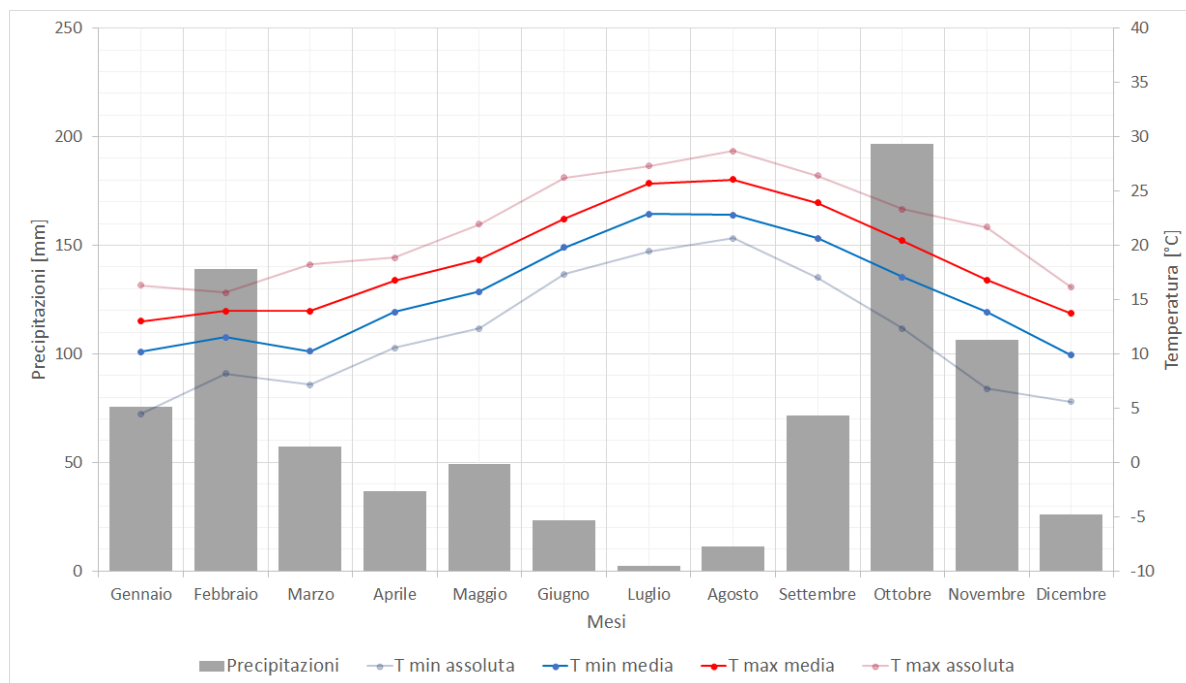


Figura A2.16 Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2016). (12.25°E, 41.75°N).

Tabella A2.16: Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2016). (12.25°E, 41.75°N).

2016	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
T minime assolute [°C]	4.5	8.2	7.2	10.6	12.4	17.3	19.4	20.6	17.0	12.3	6.8	5.6
T minime medie [°C]	10.2	11.5	10.2	13.9	15.7	19.8	22.9	22.8	20.7	17.1	13.9	9.9
T massime medie [°C]	13.0	13.9	14.0	16.8	18.7	22.4	25.7	26.0	23.9	20.4	16.8	13.7
T massime assolute [°C]	16.3	15.6	18.2	18.8	21.9	26.2	27.3	28.7	26.4	23.3	21.7	16.1
Precipitazioni [mm]	75.5	138.9	57.5	36.7	49.5	23.5	2.4	11.3	71.6	196.5	106.5	26.0



✓ Anno 2017

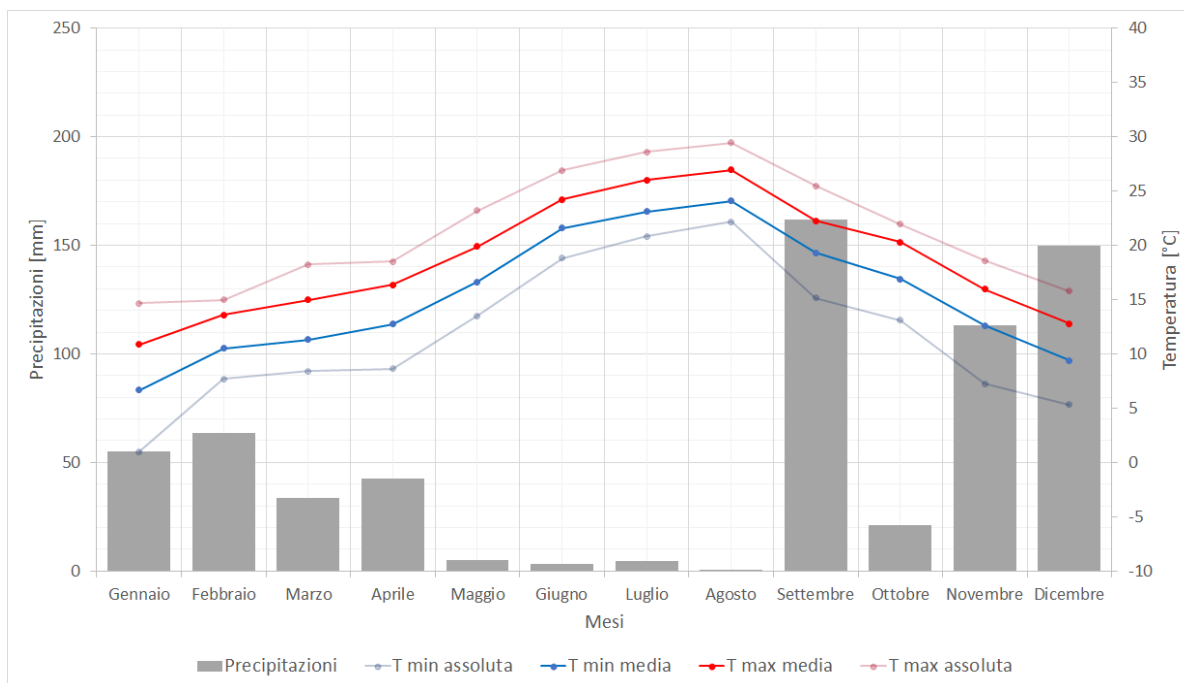


Figura A2.17 Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2017). (12.25°E, 41.75°N).

Tabella A2.17: Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2017). (12.25°E, 41.75°N).

2017	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
T minime assolute [°C]	1.0	7.7	8.4	8.6	13.5	18.8	20.8	22.2	15.1	13.1	7.2	5.3
T minime medie [°C]	6.7	10.5	11.3	12.7	16.6	21.6	23.1	24.1	19.3	16.9	12.6	9.4
T massime medie [°C]	10.8	13.6	15.0	16.4	19.9	24.2	26.0	26.9	22.3	20.3	16.0	12.8
T massime assolute [°C]	14.6	15.0	18.2	18.5	23.2	26.9	28.6	29.4	25.5	21.9	18.6	15.8
Precipitazioni [mm]	55.0	63.5	33.4	42.3	5.2	3.1	4.8	0.6	161.8	21.2	113.0	149.6

✓ Anno 2018

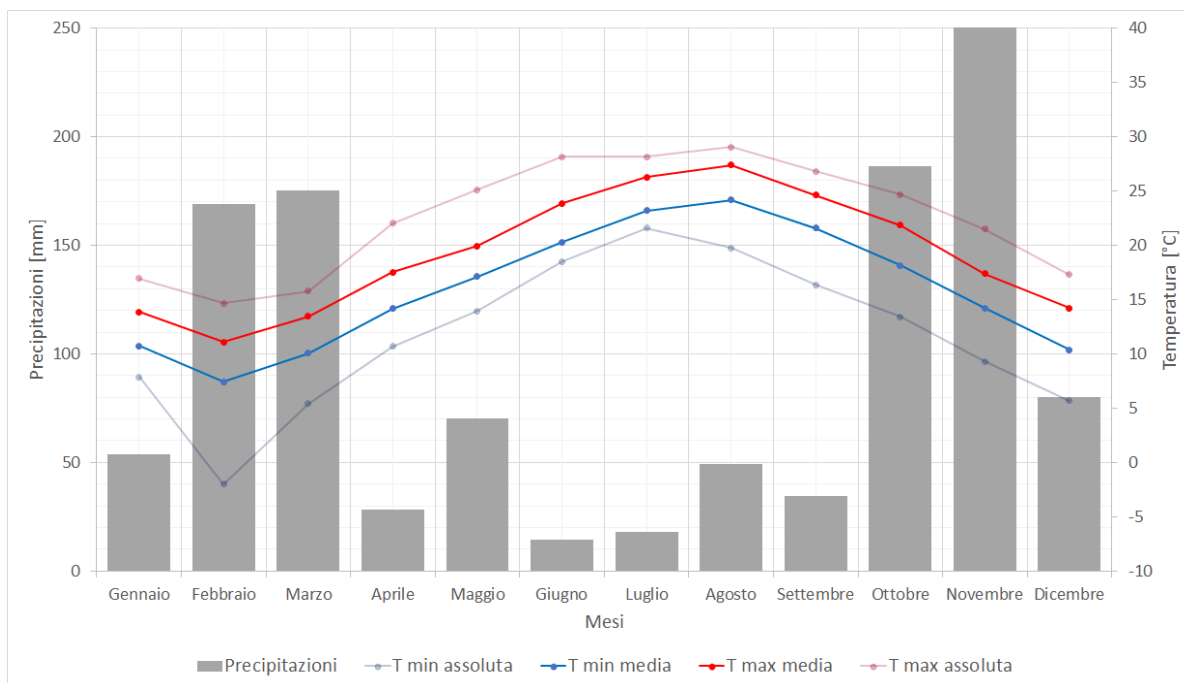


Figura A2.18: Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2018). (12.25°E, 41.75°N).

Tabella A2.18: Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2018). (12.25°E, 41.75°N).

2018	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
T minime assolute [°C]	7.9	-2.0	5.4	10.7	13.9	18.5	21.6	19.7	16.4	13.4	9.3	5.7
T minime medie [°C]	10.7	7.4	10.0	14.2	17.1	20.3	23.2	24.2	21.6	18.1	14.2	10.4
T massime medie [°C]	13.9	11.1	13.4	17.5	19.9	23.9	26.3	27.4	24.6	21.8	17.4	14.2
T massime assolute [°C]	16.9	14.7	15.8	22.0	25.1	28.1	28.1	29.1	26.8	24.7	21.5	17.3
Precipitazioni [mm]	53.8	169.0	175.4	28.0	70.3	14.4	18.2	49.4	34.3	186.3	282.1	80.1

✓ Anno 2019

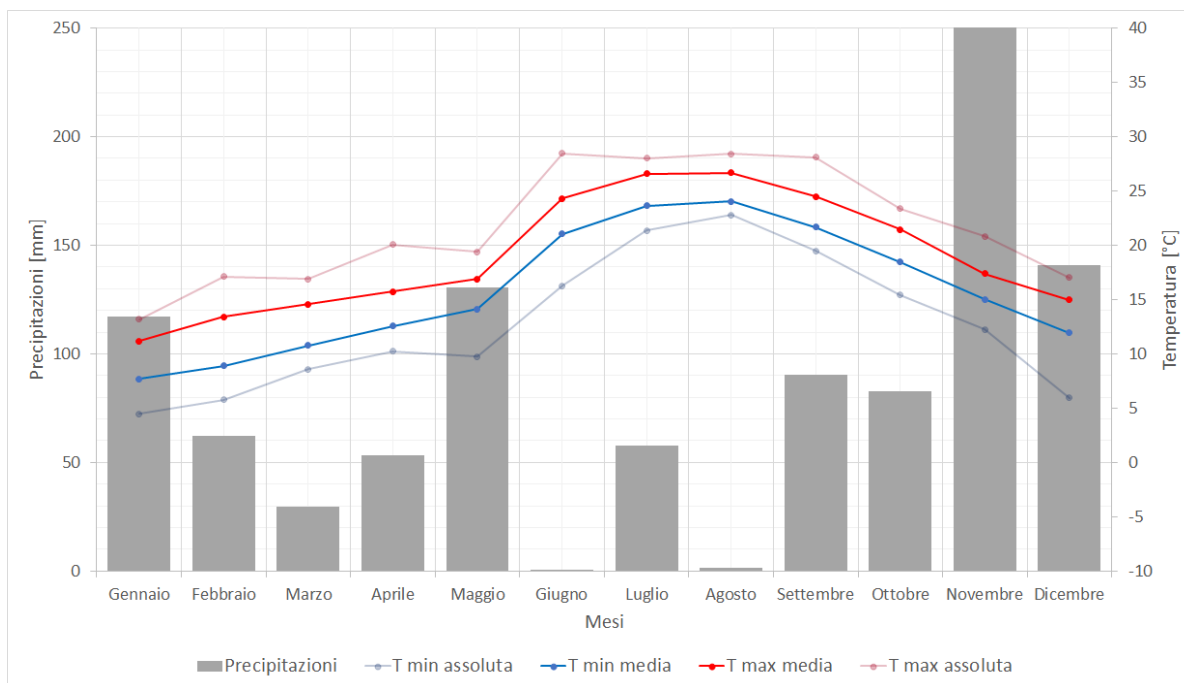


Figura A2.19 Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2019). (12.25°E, 41.75°N).

Tabella A2.19: Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2019). (12.25°E, 41.75°N).

2019	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
T minime assolute [°C]	4.5	5.8	8.6	10.2	9.8	16.3	21.4	22.8	19.5	15.4	12.2	6.0
T minime medie [°C]	7.7	8.9	10.8	12.6	14.1	21.1	23.6	24.0	21.7	18.4	15.0	12.0
T massime medie [°C]	11.2	13.4	14.6	15.7	16.9	24.3	26.6	26.7	24.5	21.4	17.4	15.0
T massime assolute [°C]	13.2	17.1	16.9	20.1	19.4	28.5	28.0	28.4	28.1	23.4	20.8	17.0
Precipitazioni [mm]	117.3	62.1	29.4	53.3	130.6	0.2	57.8	1.3	90.6	82.7	366.3	141.0

✓ Anno 2020

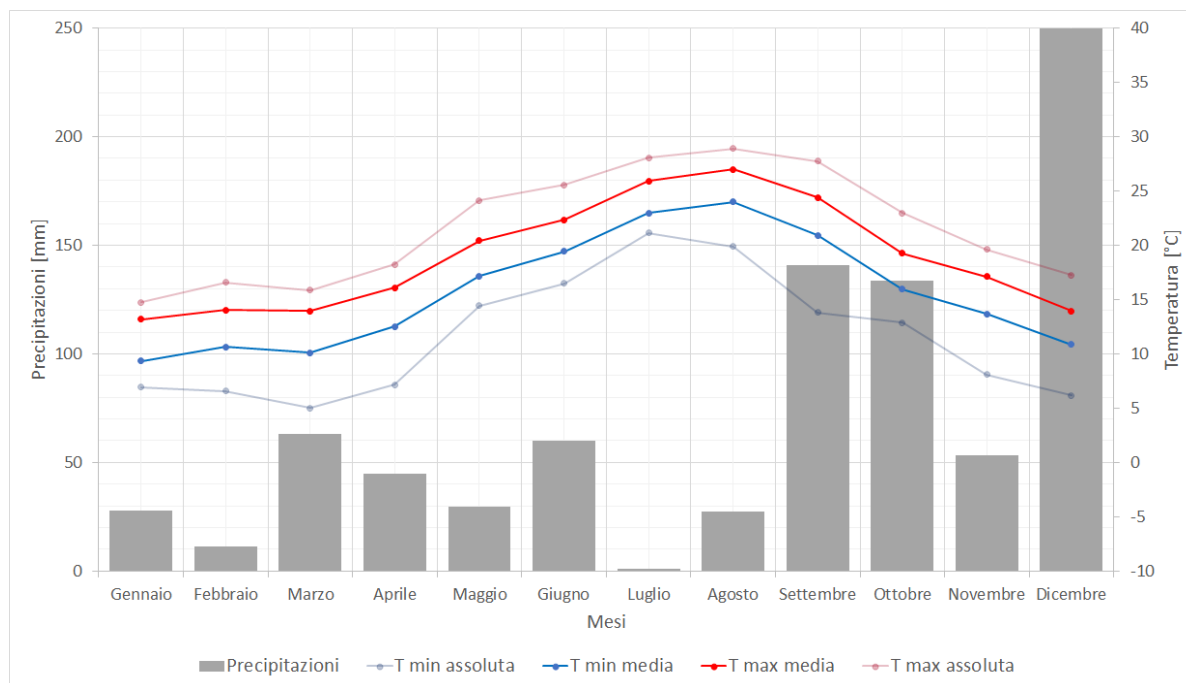


Figura A2.20 Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2020). (12.25°E, 41.75°N).

Tabella A2.20: Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2020). (12.25°E, 41.75°N).

2020	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
T minime assolute [°C]	6.9	6.6	5.0	7.2	14.4	16.5	21.1	19.9	13.8	12.9	8.1	6.2
T minime medie [°C]	9.3	10.6	10.1	12.5	17.2	19.5	23.0	24.0	20.9	16.0	13.7	10.9
T massime medie [°C]	13.2	14.1	13.9	16.1	20.4	22.3	25.9	27.0	24.4	19.3	17.1	13.9
T massime assolute [°C]	14.7	16.6	15.9	18.2	24.1	25.5	28.0	28.9	27.8	23.0	19.6	17.3
Precipitazioni [mm]	27.8	11.3	62.9	44.7	29.5	59.8	1.2	27.3	140.7	133.7	53.5	250.0

✓ Anno 2021

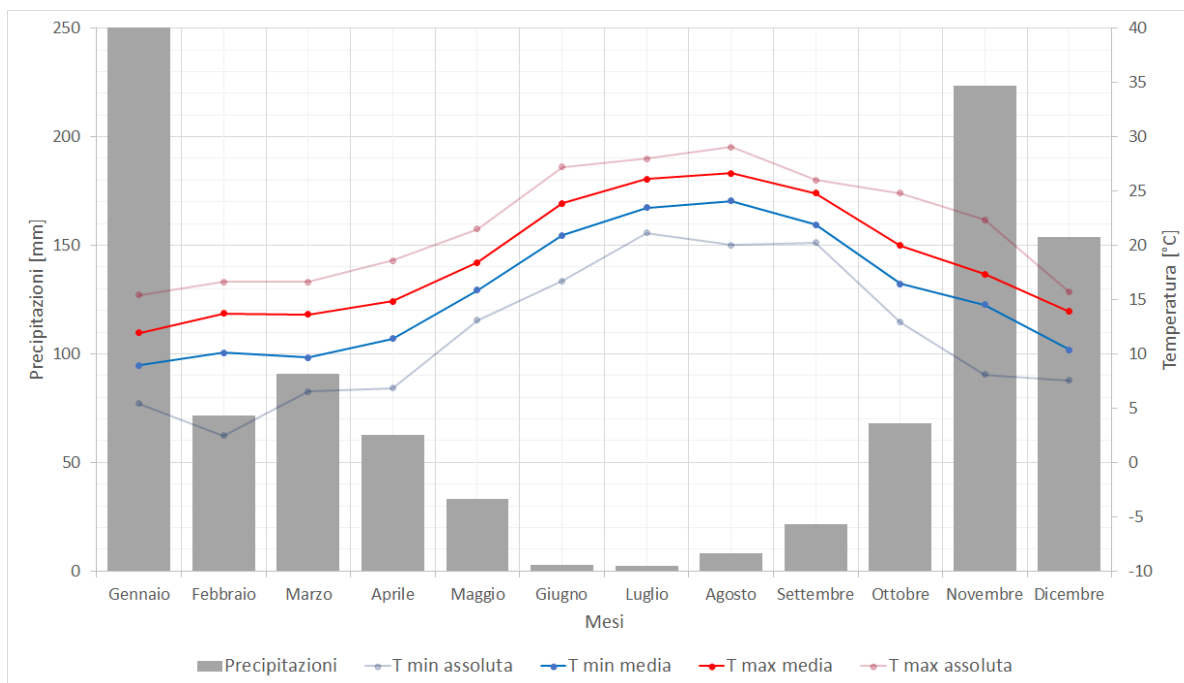


Figura A2.21: Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2021). (12.25°E, 41.75°N).

Tabella A2.21: Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2021). (12.25°E, 41.75°N).

2021	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
T minime assolute [°C]	5.4	2.5	6.5	6.9	13.1	16.7	21.1	20.0	20.2	12.9	8.1	7.6
T minime medie [°C]	8.9	10.1	9.6	11.4	15.8	20.9	23.5	24.1	21.9	16.5	14.5	10.4
T massime medie [°C]	11.9	13.7	13.6	14.8	18.4	23.9	26.1	26.6	24.8	20.0	17.4	13.9
T massime assolute [°C]	15.4	16.6	16.6	18.6	21.5	27.2	28.0	29.0	26.0	24.8	22.3	15.7
Precipitazioni [mm]	255.9	71.5	90.7	62.5	33.1	2.6	2.3	8.2	21.7	67.9	223.6	153.7

✓ Anno 2022

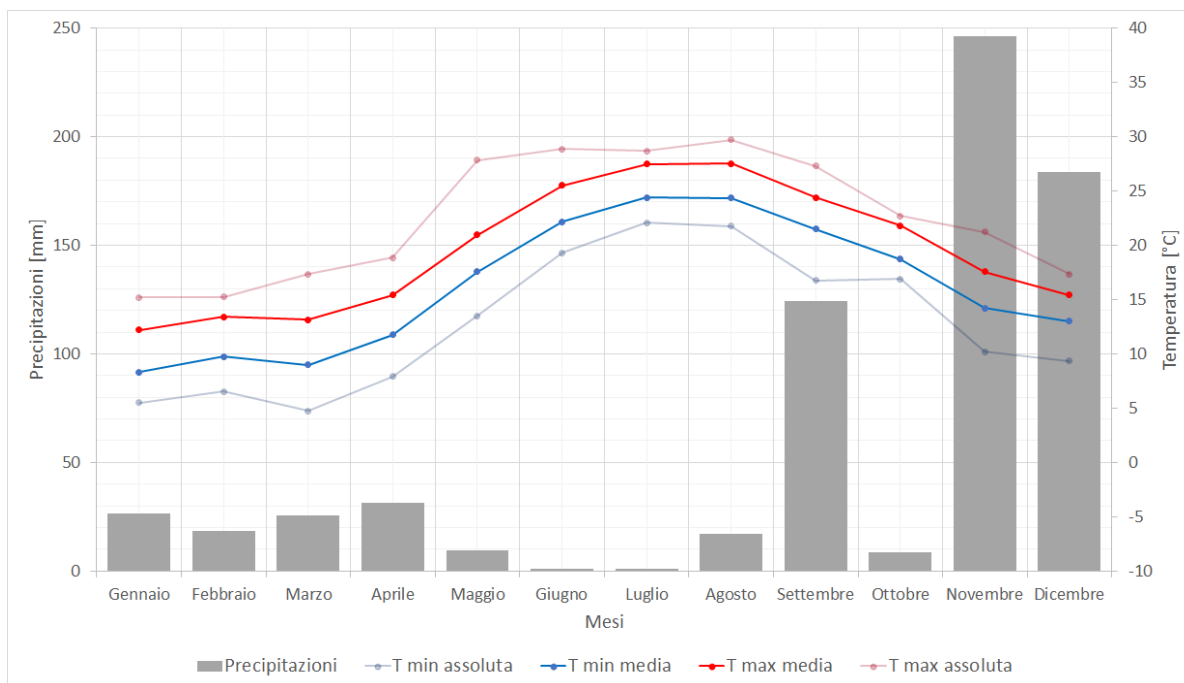


Figura A2.22: Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2022). (12.25°E, 41.75°N).

Tabella A2.22: Andamento mensile delle temperature e delle precipitazioni (2022). (12.25°E, 41.75°N).

2022	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
T minime assolute [°C]	5.5	6.5	4.7	7.9	13.5	19.3	22.1	21.8	16.8	16.9	10.2	9.3
T minime medie [°C]	8.3	9.7	9.0	11.8	17.6	22.2	24.4	24.4	21.5	18.7	14.2	13.0
T massime medie [°C]	12.2	13.4	13.1	15.4	20.9	25.5	27.5	27.5	24.4	21.8	17.6	15.4
T massime assolute [°C]	15.2	15.2	17.4	18.9	27.8	28.9	28.7	29.7	27.3	22.7	21.2	17.3
Precipitazioni [mm]	26.5	18.6	25.8	31.3	9.4	1.1	0.8	17.2	124.1	8.6	246.1	183.8