



# SERVIZI NELL'AMBITO DEL "PROGETTO INQUINAMENTO ATMOSFERICO (P.I.A.) ANCONA PER LA TUTELA DELLA POPOLAZIONE DALL'INQUINAMENTO AEROBIOLOGICO E DA POLVERI SOTTILI"

## Relazione finale – 1° e 2° Fase

### **Autori**

G.Brusasca, A.D'Allura, P.Radice, D.Barbero, S.Finardi, N.Pepe, C.Pozzi, C.Silibello, G.Tinarelli

### **Riferimento**

ARIANET 2021.10

Settembre 2021

**Cliente:**

**Comune di Ancona**

Affidamento diretto (art. 36, c. 2, lett. A, D.Lgs. 50/2016) CIG: ZB12AEF280

Il presente documento integra e completa la relazione provvisoria consegnata al termine della 1° Fase, come richiesto dal Comune di Ancona. Oltre alle attività completate nella 1° Fase, sono descritte tutte quelle svolte da ARIANET fino all'agosto 2021.

## **Sommario**

<b>1</b>	<b>Descrizione sintetica e datazione delle attività svolte.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Configurazione del Servizio .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Quadro Emissivo.....</b>	<b>4</b>
3.1	Raffineria API .....	7
3.2	Riscaldamento residenziale.....	7
3.3	Traffico navale.....	8
3.4	Traffico stradale .....	12
3.4.1	Stima top-down delle emissioni da traffico stradale.....	12
3.4.2	Stima del traffico stradale nelle aree afferenti al porto .....	16
3.5	Risospensione agricola .....	18
3.6	Risospensione da traffico .....	18
3.7	Sintesi del database emissivo usato per le catene modellistiche.....	19
<b>4</b>	<b>Modellistica Euleriana (dominio comunale) .....</b>	<b>24</b>
<b>5</b>	<b>Modellistica Lagrangiana (dominio locale) .....</b>	<b>28</b>
5.1	Ricostruzione meteorologica .....	29
5.2	Simulazione della dispersione degli inquinanti.....	33
5.2.1	Caso estivo.....	34
5.2.2	Caso invernale .....	38
5.2.3	Media annua stimata.....	42
5.2.4	Simulazione incendio 16 settembre 2020 .....	46
<b>6</b>	<b>Sistema previsionale .....</b>	<b>51</b>
<b>7</b>	<b>Valutazione annuale.....</b>	<b>53</b>
7.1	Analisi dati della rete di monitoraggio ARPAM.....	53
7.2	Simulazione annuale prima versione.....	56
7.3	Contributo delle polveri desertiche alle concentrazioni di PM10 .....	60
7.4	Test per l'individuazione del migliore setup modellistico.....	64
7.5	Valutazione dei risultati. ....	67
<b>8</b>	<b>Calcolo valori medi per isola censuaria .....</b>	<b>73</b>
<b>9</b>	<b>Conclusioni .....</b>	<b>76</b>



# 1 Descrizione sintetica e datazione delle attività svolte

I lavori sono partiti con una riunione tra il personale ARIANET e del Comune di Ancona il 14 gennaio 2020, in cui si è verificata la disponibilità di dati utili alla realizzazione del servizio che include le seguenti attività:

**Quadro emissivo:** preparazione dell'inventario emissivo, integrazione e armonizzazione delle banche dati emissive utilizzate.

**Sistema modellistico Euleriano su un dominio comunale di 30 km x 30 km<sup>2</sup>, centrato sul comune di Ancona (innestato nel corrispondente sistema modellistico regionale - Downscaling):**

1. Configurazione del modello meteorologico prognostico WRF sul dominio locale.
2. Configurazione del modello di interfaccia meteorologico SURFPro per il calcolo dei parametri di turbolenza atmosferica e il calcolo dinamico delle emissioni naturali biogeniche e prodotte dall'azione del vento sui suoli e sul mare.
3. Preparazione dell'input emissivo al modello FARM a partire dall'inventario emissivo di tutti i settori per mezzo del modulo EMMA.
4. Configurazione del modello Euleriano di qualità dell'aria FARM sul dominio locale (innestato nel dominio regionale).

**Sistema modellistico Lagrangiano su un dominio locale di 10 km x 10 km, centrato sul comune di Ancona (innestato nel corrispondente sistema modellistico comunale):**

1. Configurazione del modello meteorologico diagnostico Swift (focus sull'area del porto) a partire dai campi meteorologici prodotti dal modello WRF sul dominio comunale.
2. Configurazione del modello di interfaccia meteorologico SURFPro per il calcolo dei parametri di turbolenza atmosferica.
3. Configurazione del modello Lagrangiano di qualità dell'aria SPRAY.
4. Preparazione dell'input emissivo al modello SPRAY che include le sole emissioni legate alle attività portuali.
5. Verifica dei risultati prodotti dal modello SPRAY considerando due casi test: episodio estivo ed invernale.
6. Calcolo della media annuale sulla base dei risultati ottenuti relativamente ai due periodi test.
7. Simulazione dell'incendio verificatosi all'interno dell'area portuale di Ancona il 16 settembre 2020 (verifica della capacità del sistema modellistico di fornire una risposta in tempi brevi relativamente all'identificazione delle aree di impatto al suolo).

**Preparazione e pubblicazione dei risultati del sistema previsionale:**

1. Preparazione delle mappe per le specie inquinanti normate per le statistiche di riferimento. Nel capitolo 2 sono indicati i percorsi per identificare i file di output.
2. Invio attraverso protocollo ftp al server web che pubblica il sito per la visualizzazione delle mappe (sito <http://marche.aria-net.it/ancona/> e sul sito web del Comune).
3. Invio in area di archivio condivisa, di file binari in formato netCDF-CF georeferenziati per la creazione di mappe con strumenti di tipo GIS, contenenti i campi delle statistiche di riferimento per le specie inquinanti normate.

**Configurazione del sistema di gestione e controllo F-Air:**

1. Preparazione dell'ambiente software sul server di calcolo di Regione Marche: installazione di librerie di sistema, installazione dei codici di calcolo ARIANET e della suite ARIA Regional.

2. Configurazione del sistema di gestione e controllo per le due catene modellistiche Euleriana e Lagrangiana.
3. Schedulazione dei processi automatici su base giornaliera:
  - a. Download dei dati di input.
  - b. Avvio catena Euleriana.
  - c. Avvio catena Lagrangiana.
  - d. Invio delle mappe ai siti web per la pubblicazione.

### **Simulazioni annuali**

La valutazione delle prestazioni dei modelli va verificata sul periodo annuale di attività del sistema previsionale: a causa della pandemia di COVID-19 e delle misure prese per contenerla, le emissioni inquinanti a partire dal marzo 2020 sono anomale rispetto all'inventario e quindi non è stato possibile utilizzare le simulazioni di questo periodo. Per poter disporre di un intero anno di dati è stata eseguita una simulazione off-line per il periodo 9 marzo 2019 – 8 marzo 2020. Sono state svolte le seguenti attività:

1. Analisi dei dati misurati delle centraline di monitoraggio ARPAM, all'interno del dominio di calcolo.
2. Simulazione annuale con inventario emissivo standard.
3. Confronto misurato calcolato rispetto alla versione operativa del sistema.
4. Presentazione dei risultati in forma preliminare il giorno 8 febbraio 2021, durante la seduta della Commissione consiliare del Comune di Ancona; successivamente, nell'esaminare i dati con i responsabili del progetto PIA, si è deciso di rilanciare la simulazione annuale.
5. Effettuazione di test finalizzati alla calibrazione del sistema modellistico considerando due periodi campione, necessari per verificare le risposte del modello ad alcune variabili meteorologiche ed emissive.
6. Simulazione annuale con parametri meteorologici ed emissivi ricalibrati.

### **Medie pesate per isola censuaria del comune di Ancona per PM10, PM2.5, NO2, O3.**

I risultati delle simulazioni del modello Euleriano FARM sono stati ricondotti alle isole censuarie definite da ISTAT su tutto il territorio intercettato dal dominio di calcolo, per l'esecuzione delle analisi epidemiologiche previste nel contesto del progetto PIA.

### **Attività di formazione e addestramento**

Durante le giornate di martedì 30 marzo e giovedì 01 aprile 2021, sono state svolte in modalità da remoto, le attività di formazione ed addestramento del personale del Comune di Ancona e del personale ARPAM. Sono stati trattati i seguenti argomenti:

- Breve introduzione alla modellistica di qualità dell'aria
- Descrizione del sistema modellistico per il comune di Ancona
  - a. Input meteorologico
  - b. Input emissivo
  - c. Condizioni iniziali ed al contorno QualeAria
  - d. modello euleriano FARM
  - e. modello lagrangiano SPRAY
  - f. output dei modelli
- Pubblicazione dei risultati
- Fruizione e manipolazione dei risultati.

## 2 Configurazione del Servizio

Il sistema modellistico è stato installato sul server di calcolo di Regione Marche.

Le risorse di calcolo messe a disposizione sono le seguenti:

- Macchina virtuale:
  - Sistema operativo Linux Ubuntu
  - vCPU 64
  - disco di memoria 2Tb
  - memoria RAM 31G

Le risorse di calcolo sono accessibili sul server dedicato presso il centro di calcolo di regione Marche, previa autenticazione VPN al seguente indirizzo [sslvpn.regione.marche.it](https://sslvpn.regione.marche.it) e successivo accesso via SSH all'indirizzo privato IP: 10.101.10.79.

Le due catene di calcolo sono state installate nei seguenti percorsi all'interno del file system della macchina di calcolo:

- Catena Euleriana: /mnt/disk3/home/alessio\_dallura/FORECAST
- Catena Lagrangiana: /mnt/disk3/home/alessio\_dallura/SPRAY

I file di output prodotti dai modelli FARM e SPRAY sono in formato binario secondo la convenzione NETCDF-CF (<https://www.unidata.ucar.edu/software/netcdf/>) Questo formato consente di utilizzare le matrici tridimensionali di dati con una serie di strumenti tra i quali i più diffusi GIS (es. ArcGIS, QGIS) per la produzione ad esempio di mappe georeferenziate in associazione a diversi layer cartografici.

I file prodotti vengono archiviati nei seguenti percorsi all'interno del file system della macchina di calcolo:

- FARM: /mnt/disk3/home/alessio\_dallura/FORECAST/work
  - I file sono nominati secondo la seguente codifica:  
FARM\_conc\_g4\_AAAAMMDD+start-end.nc
    - AAAAMMDD data di inizio della previsione AAAA: anno, MM: mese, DD: giorno.
    - strat-end: ora di inizio e fine della previsione dall'inizio dell'esecuzione (es. 000-023 prime 24 ore di previsione)
- SPRAY: /mnt/disk3/home/alessio\_dallura/SPRAY/work
  - I file sono nominati secondo la seguente codifica: SURF\_g5\_AAAAMMDD.nc
    - AAAAMMDD data di inizio della previsione AAAA: anno, MM: mese, DD: giorno.

Le immagini prodotte vengono pubblicate giornalmente alla pagina del sito comunale dedicata al PIA: <https://www.comune.ancona.gov.it/ankonline/anconarespira/previsioni/> e alla pagina corrispondente sul sito di ARIANET: <http://marche.aria-net.it/ancona/> e sono aggiornate ogni giorno. Il servizio è operativo dal 30 marzo 2020 ed è attualmente funzionante<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Il sistema è stato presentato allo stato dell'arte da ARIANET durante il seminario tecnico organizzato dal Comune di Ancona il 21 Febbraio 2020, per condividere lo stato di avanzamento del progetto.

### 3 Quadro Emissivo

Presso il centro di calcolo Regionale è in funzione un Sistema Previsionale della Qualità dell'Aria (SPQA) per l'intera Regione Marche, che fornisce ogni ora i campi di concentrazione dei principali inquinanti a risoluzione orizzontale di 2 km. Il database emissivo che alimenta il sistema modellistico è stato realizzato da ARIANET per l'Università di Urbino all'inizio del 2019, partendo dall'inventario nazionale ISPRA2015 su base provinciale; su questi dati sono state effettuate una serie di integrazioni per i settori di maggior interesse attingendo alle migliori fonti possibili al momento.

Le informazioni contenute in un inventario coprono tutti i settori emissivi: i database sono strutturati in modo da fornire informazioni specifiche circa la tipologia di sorgente, la localizzazione, l'entità e la tipologia delle emissioni; questo risultato si ottiene tramite la classificazione dei dati che segue la metodologia standard europea EMEP-CORINAIR, che definisce le attività in base alle categorie SNAP (Selected Nomenclature for Air Pollution), articolate secondo "macrosettori", "settori" ed "attività".

I macrosettori sono 11 e vengono così definiti:

- macrosettore 1: "produzione energetica", riunisce le emissioni dovute ai processi di trasformazione dell'energia;
- macrosettore 2: "combustione non industriale", cioè le emissioni provenienti da impianti di riscaldamento commerciali ed istituzionali, residenziali ed agricoli stazionari;
- macrosettore 3: "combustione nell'industria", ovvero riscaldamento di capannoni e stabilimenti e tutti i processi che necessitano la presenza di forni di fusione o cottura dei materiali;
- macrosettore 4: "processi produttivi", è il macrosettore che comprende le emissioni legate alla produzione di un determinato bene o materiale;
- macrosettore 5: "estrazione, distribuzione combustibili fossili/geotermico", comprende le emissioni dovute ai processi di produzione, distribuzione, stoccaggio di combustibile solido, liquido e gassoso e riguarda sia le attività sul territorio che quelle off-shore.
- macrosettore 6: "uso di solventi", raggruppa le attività riconducibili all'uso di vernici, allo sgrassaggio alla lavorazione e sintesi dei prodotti chimici, ecc.
- macrosettore 7: "trasporti stradali", sono le emissioni (esauste e non) prodotte da automobili, mezzi leggeri e pesanti, motocicli, nei diversi cicli di guida;
- macrosettore 8: "altre sorgenti mobili", ovvero il trasporto ferroviario, i mezzi militari, il traffico marittimo, quello aereo, i mezzi agricoli, forestali ed i mezzi industriali;
- macrosettore 9: "trattamento e smaltimento rifiuti", raggruppa le attività di incenerimento, spargimento, interrimento di rifiuti, e gli aspetti ad essi collaterali come il trattamento delle acque reflue, il compostaggio, la produzione di biogas, lo spargimento di fanghi, ecc;
- macrosettore 10: "agricoltura", macrosettore in cui si raggruppano le emissioni legate agli allevamenti, alle attività agricole (con e senza fertilizzanti e/o antiparassitari, pesticidi, diserbanti) ed all'incenerimento di residui effettuato in loco;
- macrosettore 11: "altre sorgenti di emissione ed assorbimenti", comprende tutte quelle attività non antropiche che generano emissioni (attività fitologica di piante, arbusti ed erba, fulmini, emissioni spontanee di gas, emissioni dal suolo, vulcani, combustione naturale, ecc.).



Oltre alla suddivisione delle emissioni in base alle attività soggiacenti, è possibile un'ulteriore distinzione, fatta in base alle caratteristiche geometriche delle sorgenti: puntuali, lineari e areali.

La disaggregazione a livello comunale è stata effettuata utilizzando un approccio top-down. Questo prevede che il dato di partenza, riferito ad un determinato livello territoriale (in questo caso provinciale), venga dettagliato ad un livello territoriale più fine tramite l'uso di indicatori ausiliari, comunemente detti variabili surrogato o proxy, che si assumono rappresentativi della distribuzione spaziale delle attività responsabili delle emissioni.

A valle della disaggregazione spaziale la sintesi emissiva per i comuni compresi nel dominio di interesse (30 km x 30 km) e per il comune di Ancona sono riportati, rispettivamente, in Tabella 1 e Tabella 2, mentre in Figura 1 e Figura 2 sono riportati i corrispondenti contributi percentuali.

**Tabella 1. Emissioni dei comuni compresi nel dominio considerato (t/anno).**

	CO	NMVOC	NH3	NOX	PM10	SO2
<b>1-Prod.Energia</b>	100	20	0	320	9	135
<b>2-Comb. non industriale</b>	7092	858	8	406	535	20
<b>3-Comb. nell'industria</b>	75	11	0	95	6	9
<b>4-Proc.produttivi</b>	4	470	0	11	11	166
<b>5-Estr. e distr. di comb.fossili</b>	0	382	0	0	0	0
<b>6-Solventi</b>	0	2772	0	0	0	0
<b>7-Trasporto su strada</b>	2378	661	31	1965	105	2
<b>8-Altre sorgenti mobili</b>	1491	373	0	1099	68	53
<b>9-Tratt.smalt.rifiuti</b>	311	23	0	18	16	170
<b>10-Agricoltura</b>	123	6	1237	140	51	0
<b>Totale complessivo</b>	11575	5577	1276	4056	801	555

**Tabella 2. Emissioni del comune di Ancona (t/anno).**

	CO	NMVOC	NH3	NOX	PM10	SO2
2-Comb. non industriale	2509	304	3	140	189	7
3-Comb. nell'industria	17	2	0	9	1	1
4-Proc.produttivi	0	28	0	0	1	0
5-Estr. e distr. di comb.fossili	0	47	0	0	0	0
6-Solventi	0	907	0	0	0	0
7-Trasporto su strada	1007	289	9	657	37	1
8-Altre sorgenti mobili	843	218	0	691	44	33
9-Tratt.smalt.rifiuti	117	6	0	4	6	0
10-Agricoltura	46	2	389	52	8	0
<b>TOTALE</b>	4541	1803	401	1552	287	42

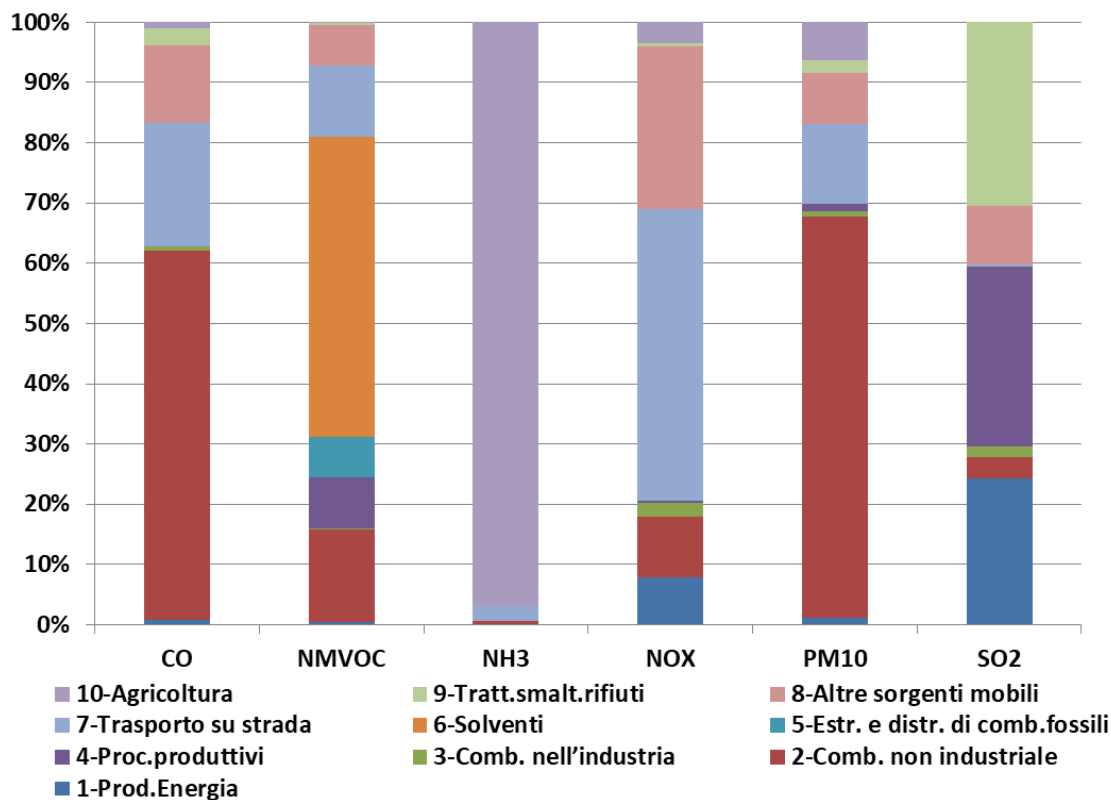


Figura 1. Contributi percentuali delle emissioni dei diversi inquinanti ai totali comunali

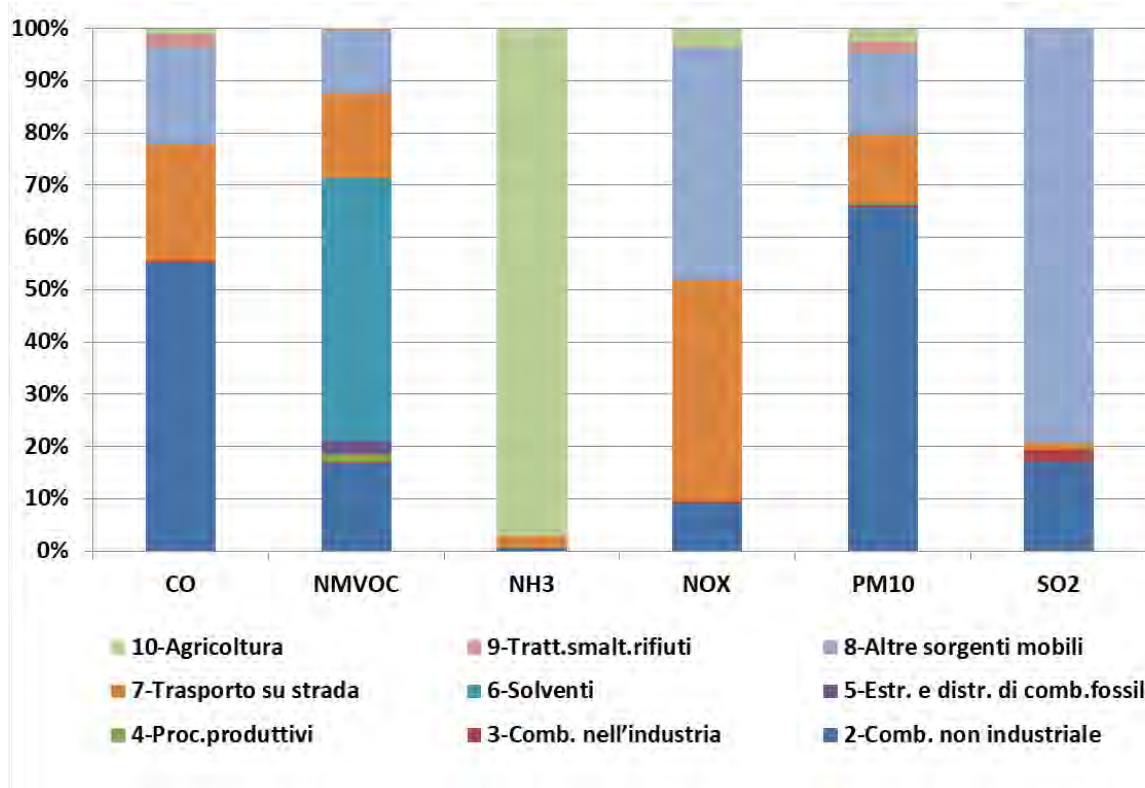


Figura 2. Contributi percentuali delle emissioni dei diversi inquinanti al totale del comune di Ancona

ARIANET ha aggiornato questo inventario con l'introduzione nel sistema previsionale dell'inventario regionale realizzato dall'Università di Ancona e reso disponibile nel corso del 2019.

In parallelo è stata eseguita una disaggregazione spaziale e temporale dei dati emissivi sui 2 domini oggetti del servizio, con l'utilizzo dei dati forniti dal Comune. Inoltre, sono inseriti i dati ottenuti dalla costruzione dell'inventario delle emissioni legate al traffico navale, eseguito per conto dell'Autorità Portuale (paragrafi 3.3 e 3.4.2).

Di seguito vengono dettagliate le modifiche fatte ad alcuni macrosettori emissivi e il quadro complessivo modificato che è stato introdotto nelle catene di downscaling come input emissivo.

Il Database emissivo è presente sul server di calcolo di Regione Marche al seguente percorso **/mnt/disk3/home/alessio\_dallura/FORECAST/work/emi** ed il file completo (in formato Exel) prodotto per le catene modellistiche già trasmesso in precedenza è disponibile al seguente percorso:

**/mnt/disk3/home/alessio\_dallura/archives/model/emissioni2015\_arianet/emissioni\_xcomune.xlsx**; le caratteristiche di dettaglio sono state illustrate durante la fase di formazione del personale specialistico incaricato a sovrintendere al sistema: come esempi di questi dati vengono riportate alcune visualizzazioni grafiche alla fine del Capitolo.

### 3.1 Raffineria API

All'interno del dominio di calcolo 30 km x 30 km, la più importante sorgente industriale è la raffineria API di Falconara Marittima; nell'inventario regionale vengono fornite le emissioni autorizzate: al fine di dettagliare meglio sono state ricercate e utilizzate informazioni dalle fonti più aggiornate, quali il catasto di ARPAM aggiornato al 2019 per NOX e SO<sub>2</sub>, il registro europeo EPRTR per NMVOC e le fonti legate alla raffineria API per CO e Polveri, che hanno definito il contesto emissivo riportato in Tabella 3:

**Tabella 3. Emissioni della raffineria API (t/anno)**

	CO	NMVOC	NOX	PM10	SO <sub>2</sub>
Produzione di energia	51.9	16.1	265.0	2.9	103.6
Processi produttivi	2.1	266.9	9.3	2.1	127.9
Totale raffineria	54.0	283.0	274.3	5.0	231.4

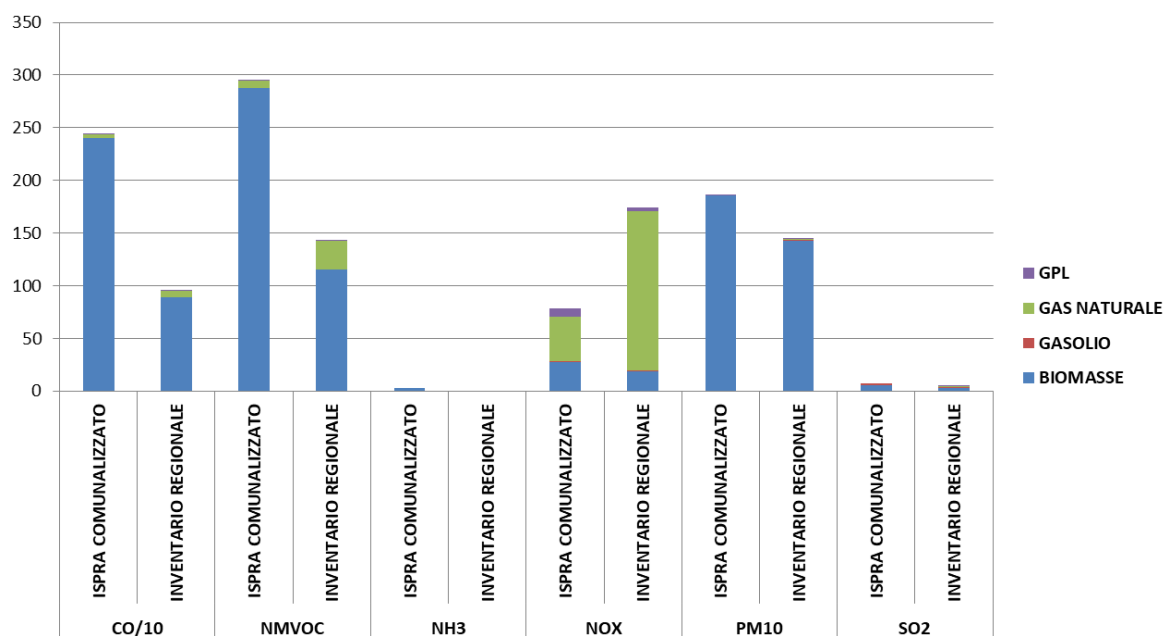
### 3.2 Riscaldamento residenziale

Per le emissioni prodotte dal riscaldamento civile, si è fatto riferimento alle stime riportate dall'inventario regionale realizzato dell'Università di Ancona durante il 2019, che seguono metodologie diverse in base al combustibile utilizzato.

Le emissioni da metano sono stimate in base al gas erogato a livello comunale al quale vengono applicati i fattori di emissione di fonte EMEP 2010. Per la stima delle emissioni da GPL del comune di Ancona sono state usate le informazioni presenti nel documento SECAP ("Piano d'azione per l'energia sostenibile e il clima"), mentre per la spazializzazione del gasolio si è tenuto conto della popolazione e dei gradi giorno caratterizzanti la città.

Per l'importanza relativa che hanno rispetto alle emissioni di particolato complessivamente prodotte, la combustione delle biomasse legnose per riscaldamento domestico viene analizzata in modo più approfondito, facendo riferimento all'indagine ISTAT relativa all'anno 2013 ("Indagine sui

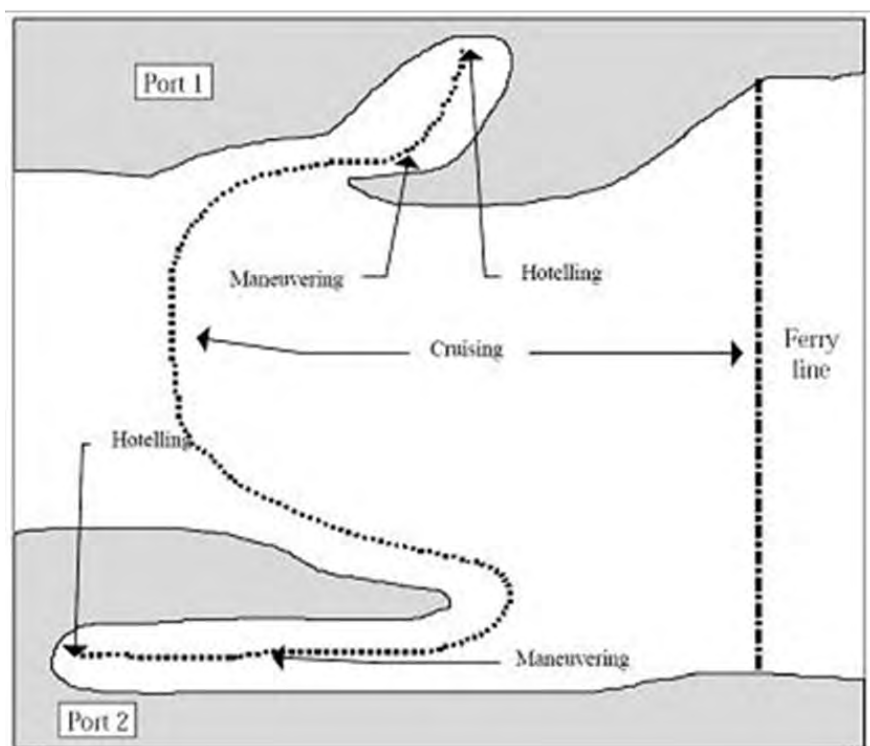
consumi energetici delle famiglie”, ISTAT, marzo 2013); il dato di partenza risulta dunque essere la percentuale delle famiglie che usano legna e pellets ed i consumi medi per famiglia, vengono poi stimati i fabbisogni corrispondenti. In Figura 3 il confronto tra le emissioni del settore residenziale nei due inventari per il comune di Ancona.



**Figura 3: Emissioni del settore residenziale del comune di Ancona, suddivise per combustibile: confronto tra inventari**

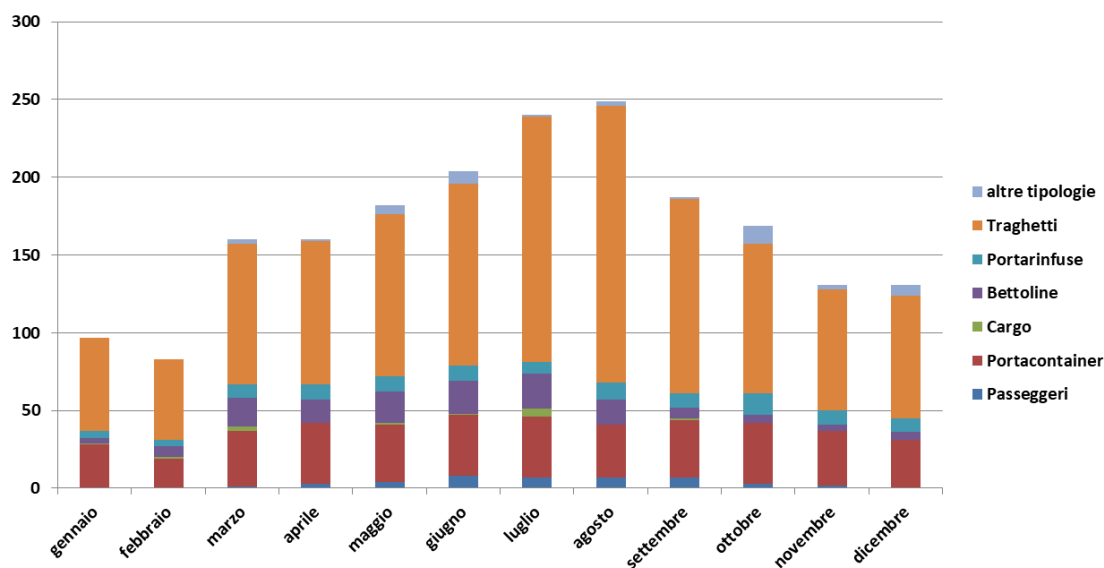
### 3.3 *Traffico navale*

Nell’ambito del progetto NEWBRAIN “Enhancing capacity for integrated transport and mobility services and multimodality in the Adriatic-Ionian area”, finanziato nel programma di cooperazione territoriale europea ADRION e di cui è capofila, l’Autorità di Sistema Portuale del Mare Adriatico Centrale (in seguito indicata per brevità come AdSP) ha commissionato ad ARIANET la stima bottom up delle emissioni navali. Viene qui di seguito riportata una sintesi del lavoro per dettagliare i dati che fanno parte dell’input emissivo delle due catene di simulazione predisposte per il downscaling comunale. I calcoli sono stati fatti distinguendo le varie fasi di attività delle navi in porto: stazionamento, manovra e crociera.



**Figura 4. Fasi dei movimenti navali considerate per la stima delle emissioni (da EMEP/EEA, 2016).**

Il lavoro ha seguito le linee guida riportate nell'Emission Inventory Guidebook ed ha utilizzato i dati resi disponibili dalla Capitaneria di Porto (IMO, tipo di nave, data e ora di arrivo e partenza, banchina di ormeggio) ed ha costruito un database con circa 2000 approdi. Nella figura seguente sono riportate le modulazioni temporali, relative all'anno 2018, utilizzate per le diverse tipologie di navi

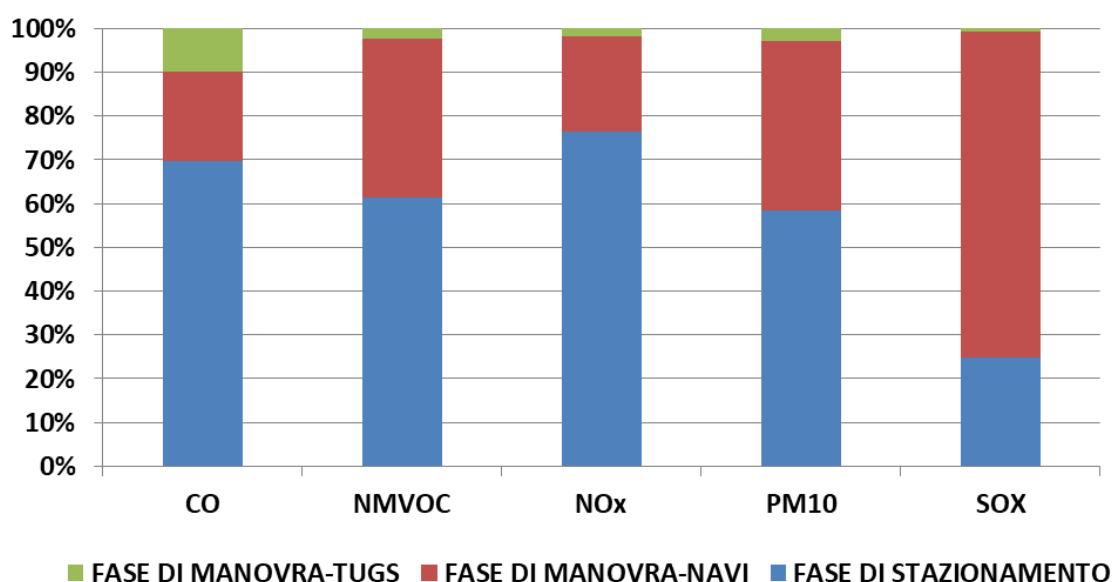


**Figura 5. Modulazioni temporali, anno 2018: andamento delle diverse tipologie di navi**

Le stime emissive hanno tenuto conto dei passaggi effettivi delle singole navi, dei tempi di stazionamento e della localizzazione del traffico navale. I dati sono sintetizzati in Tabella 4 mentre in Figura 6 e Figura 7 sono riportati i contributi percentuali alle emissioni all'interno del porto di Ancona, suddivise per fasi e per tipologia di navi, rispettivamente.

**Tabella 4. Emissioni totali (t/anno) per il traffico navale del porto di Ancona calcolate con l'approccio bottom-up (flotta 2018, regime Blue Agreement).**

		CO	NMVOC	NOx	PM10	SOX
FASE DI STAZIONAMENTO		114.1	32.9	790.6	40.6	37.0
FASE DI MANOVRA	NAVI	33.3	19.4	223.1	26.8	110.6
	TUGS (RIMORCHIATORI)	16.3	1.2	19.3	1.9	1.0
TOTALE AREA PORTO		163.7	53.5	1032.9	69.3	148.5
FASE DI CROCIERA (entro 5km dalle bocche di porto)		26.0	8.2	225.7	15.1	98.2



**Figura 6. Contributi percentuali alle emissioni prodotte all'interno del porto.**

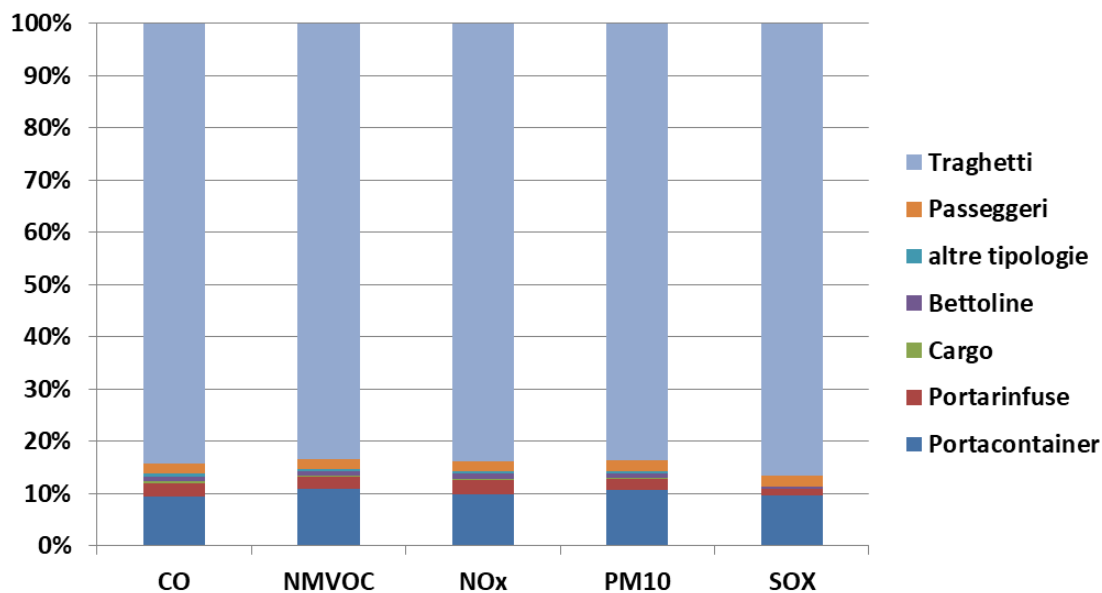


Figura 7. Contributi percentuali alle emissioni prodotte all'interno del porto dalle diverse tipologie di navi (esclusi i tugs).

In Figura 8 si riporta il confronto tra le emissioni stimate all'interno del porto (stazionamento e manovra) con la metodologia bottom-up e quelle presenti all'interno dell'inventario ISPRA2015, considerando esclusivamente le "Attività portuali"

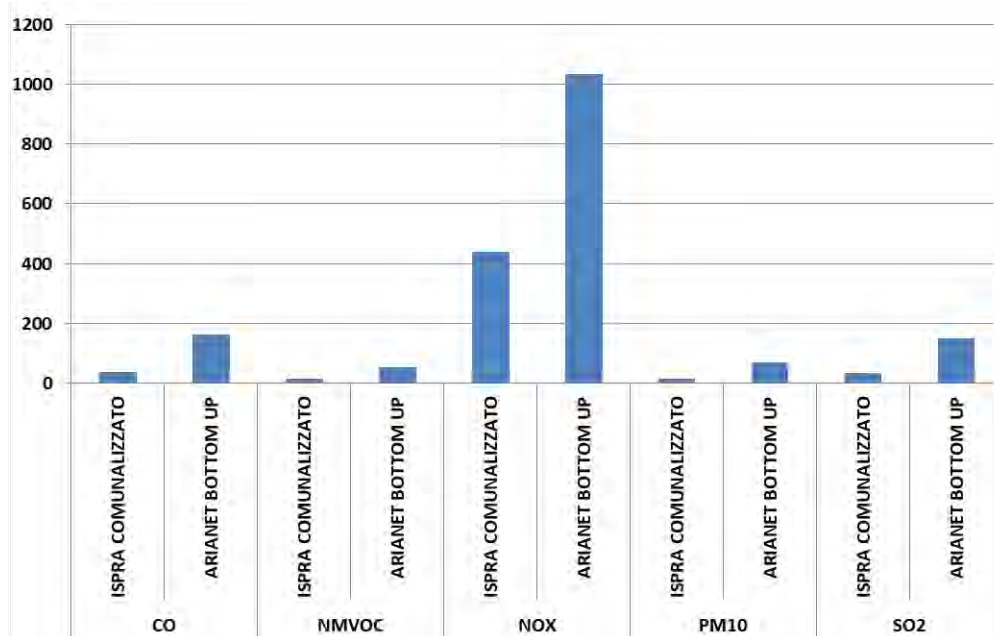


Figura 8. Confronto tra le emissioni (t/anno) prodotte nell'area portuale

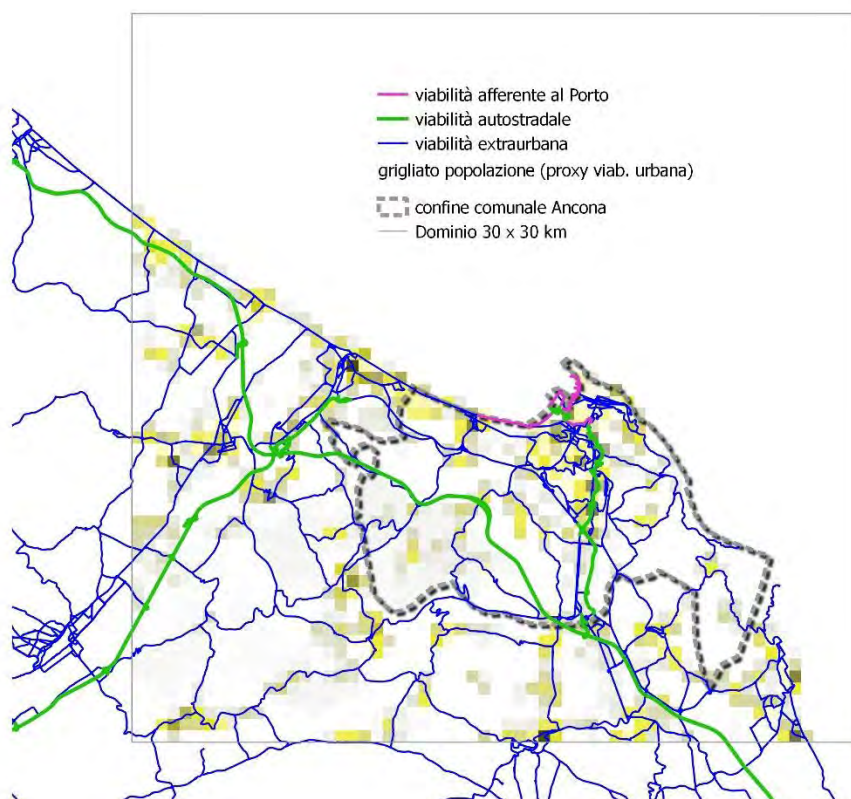


### 3.4 Traffico stradale

La disponibilità di diverse fonti di dati riguardanti il traffico stradale ha suggerito l'utilizzo della seguente metodologia integrata per il trattamento delle diverse componenti:

- le emissioni fornite dall'Inventario regionale a livello comunale sono state distribuite a livello spaziale utilizzando due diversi approcci:
  - il traffico extraurbano e autostradale è stato associato alla rete stradale corrispondente con pesatura dei singoli archi sulla base della gerarchia di importanza delle diverse strade;
  - il traffico urbano è stato spazializzato grazie ad una variabile proxy rappresentata dalla popolazione residente urbanizzata;
- le emissioni relative ai traffici portuali privati e commerciali sono state calcolate a partire da conteggi condotti sulla viabilità adiacente al porto;

Nella figura seguente si riporta il complesso delle tipologie di sorgenti da traffico stradale considerate nello studio:



**Figura 9. Sintesi di tutte le sorgenti emissive di traffico stradale**

#### 3.4.1 Stima top-down delle emissioni da traffico stradale

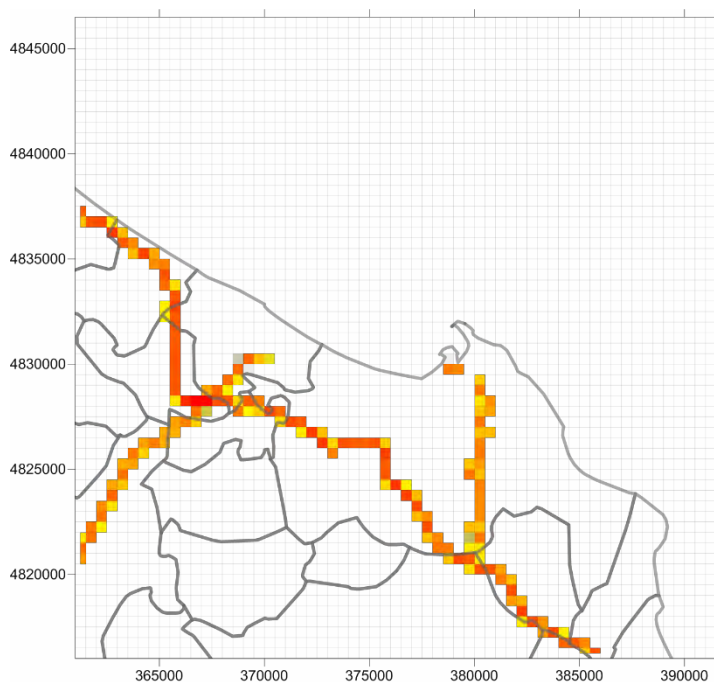
Si riporta la sintesi delle emissioni contenute nell'inventario provinciale comunalizzato classificate per tipologia di traffico:



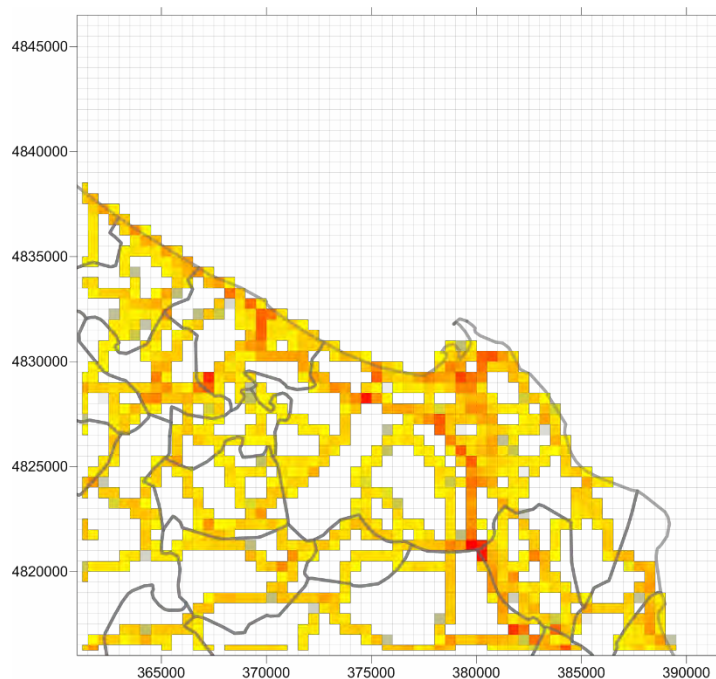
**Tabella 5. Emissioni da trasporto stradale del comune di Ancona**

<b>Emissioni [t/yr]</b>	<b>NOX</b>	<b>PM10</b>	<b>NMVOC</b>	<b>SO2</b>	<b>CO</b>
Autostrade	251.19	10.14	19.34	0.205	141.75
Extraurbane	116.53	7.52	25.55	0.114	102.45
Urbane	289.08	19.79	244.55	0.282	763.18
<b>Totale comunale</b>	<b>656.80</b>	<b>37.45</b>	<b>289.43</b>	<b>0.601</b>	<b>1007.38</b>

La spazializzazione del traffico autostradale si basa sulla rete autostradale compresa nel dominio di calcolo con pesatura dei singoli archi sulla base della classificazione gerarchica che li descrive (autostrade, svincoli autostradali, tangenziali, svincoli tangenziali). Le emissioni lineari così distribuite vengono successivamente grigliate sul dominio di riferimento.

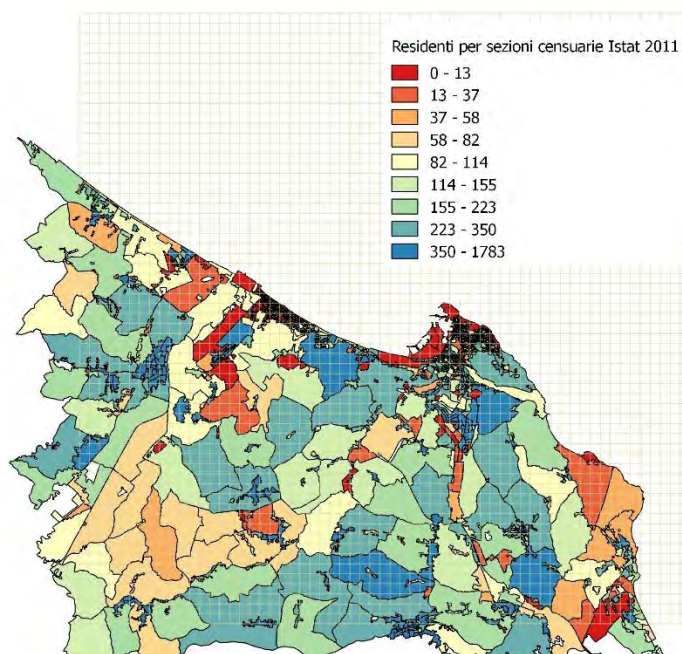

**Figura 10. Distribuzione delle emissioni da traffico autostradale su griglia di calcolo.**

Analogamente il traffico extraurbano si basa sulla corrispondente rete di viabilità con pesatura dei singoli archi sulla base del loro livello gerarchico (strada primaria, secondaria o terziaria), e le emissioni lineari così distribuite vengono a loro volta grigliate sul dominio.

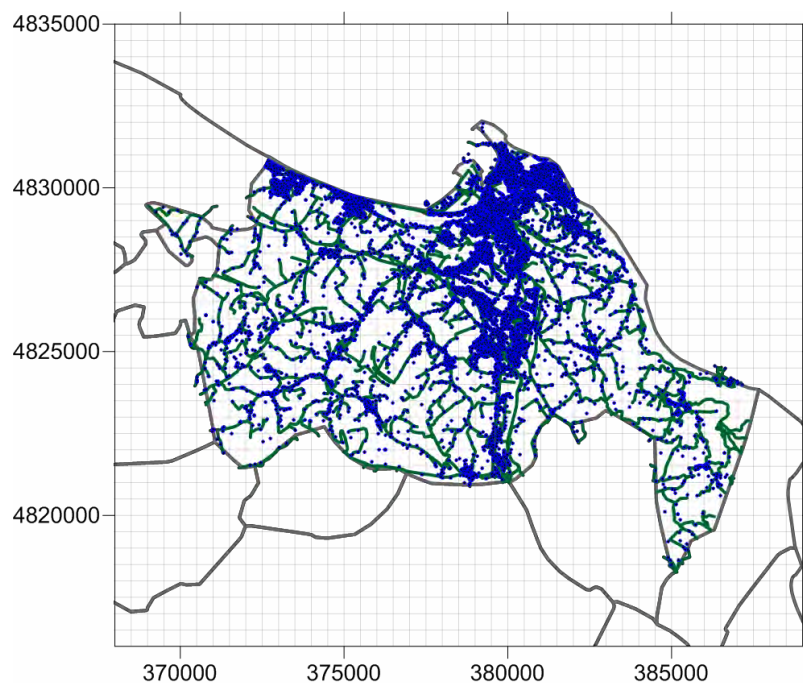


**Figura 11. Distribuzione delle emissioni da traffico extraurbano su griglia di calcolo,**

Per distribuire l'emissione da traffico urbano su tutti i comuni del dominio, eccetto Ancona, si è scelta come variabile proxy la popolazione totale residente urbanizzata (ISTAT 2011) che ricade in ciascuna cella (Figura 12). Per distribuire il traffico urbano sul Comune di Ancona si sono utilizzate come variabili proxy sia la rete di traffico elaborata e fornita dal Comune che il numero di residenti di Ancona a gennaio 2020, rappresentate in Figura 13

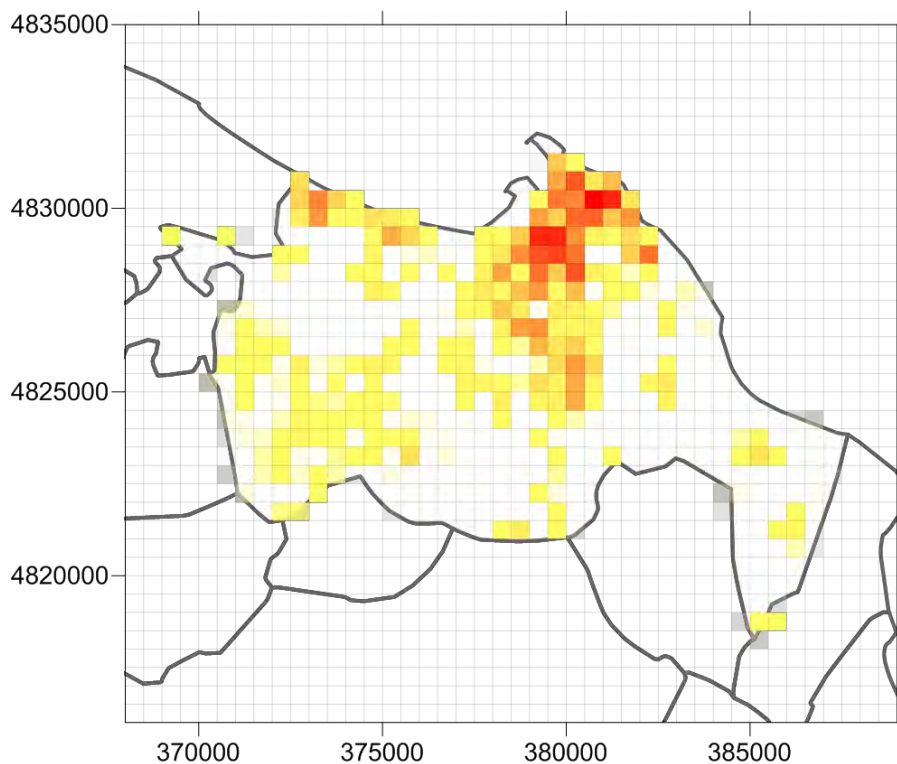


**Figura 12. Numero di residenti per sezione censuaria, ISTAT 2011.**



**Figura 13. Rete di traffico urbana (verde) e indirizzi con il numero di residenti (blu).**

Queste variabili sono state incrociate pesando ciascuna porzione di rete con il numero di residenti che ricadono nella stessa cella del grigliato per ottenere un'unica variabile proxy per la spazializzazione dell'emissione complessiva di traffico urbano:



**Figura 14. Distribuzione delle emissioni da traffico urbano su griglia di calcolo**

### 3.4.2 Stima del traffico stradale nelle aree afferenti al porto

Le emissioni atmosferiche generate dal traffico stradale che interessa i dintorni dell'area portuale sono state calcolate da ARIANET nell'ambito del progetto NEWBRAIN su incarico di AdSP. Viene qui di seguito riportata una sintesi del lavoro perché queste emissioni sono trattate separatamente nella catena modellistica lagrangiana, dove l'input emissivo simulato è relativo alle sole attività legate al porto.

Le stime sono state eseguite a partire dai conteggi di veicoli disponibili su ciascun tratto della rete di accesso mediante l'utilizzo del codice TREFIC v5.2 che implementa la metodologia ufficiale europea Copert5 basata su fattori di emissione [g/km] per ciascuna tipologia di veicolo stradale.

Per calcolare le emissioni delle auto che accedono agli imbarchi, si sono considerate delle sorgenti collocate sui piazzali antistanti alle banchine dove attraccano i traghetti, come rappresentato in Figura 15.

Inoltre, sono stati inclusi i contributi emissivi dei mezzi pesanti calcolando le emissioni su 2 assi preferenziali di accesso al porto.



Figura 15. Sorgenti di traffico (rosa) relative alle auto in attesa di imbarcarsi sui traghetti.





**Figura 16. Percorsi preferenziali dei camion (arancio) per raggiungere il Porto da fuori dominio (bianco).**

Si riporta un riepilogo delle emissioni annuali per i principali macroinquinanti generate dalle varie componenti di traffico veicolare indotto dal porto, dove emerge il contributo primario dei mezzi pesanti:

**Tabella 6. Stima delle emissioni (t/anno) da traffico veicolare indotto dal Porto di Ancona**

EMISSIONI [T/ANNO]	LUNGHEZZA [M]	VEL [KM/H]	NO <sub>x</sub>	CO	PM10	SO <sub>2</sub>
AUTO SU T1-2-3-4	3863	48	1.92	1.73	0.1884	0.0161
LEGGERI SU T1-2-3-4	3863	48	0.56	0.24	0.0477	0.0037
PESANTI SU T1-2-3-4	5934	38	8.92	2.09	0.3627	0.0292
PESANTI LUNGO PERC. URBANI	9230	30	21.96	5.35	0.9321	0.0687
AUTO IMBARCHI	2354	5	0.24	0.36	0.0460	0.0022
TOTALE TRAFFICO	<b>29386</b>	-	33.61	9.76	1.5770	0.1199

### 3.5 Risospensione agricola

Tra le sorgenti naturali di polveri è da annoverare il risollevarimento di materiale dal suolo a seguito dell'azione del vento. In questo ambito particolare importanza assume la risospensione delle polveri prodotte a seguito delle attività legate alle diverse pratiche agricole. Anche per il comune di Ancona è stata dunque aggiunta una componente legata alla risospensione agricola dei seminativi ricalcolata in funzione della superficie agricola utilizzata al 2015 presente nel database ISTAT, applicando dei fattori di emissione differenziati per tipo di raccolto e per fase di lavorazione.

Il calcolo è stato poi esteso a nuove tipologie di terreno (coltivazioni eterogenee) per le quali i fattori di emissioni sono una media di quelli utilizzati per la parte dei seminativi.

Il contributo di questo comparto è riportato in Tabella 7 per il comune di Ancona e in Tabella 8 per tutti i comuni compresi nel dominio di calcolo.

**Tabella 7. Stima della risospensione agricola per il comune di Ancona (t/anno)**

	PM10	PM2.5	Pmcoarse
risospensione agricola	20.1	4.3	15.8

**Tabella 8. Stima della risospensione agricola per i comuni compresi nel dominio (t/anno)**

	PM10	PM2.5	Pmcoarse
risospensione agricola	97.1	20.7	76.4

### 3.6 Risospensione da traffico

Il contributo della risospensione stradale, ovvero la reimmissione in atmosfera di particolato depositatosi sulla sede stradale, è stato stimato a partire dalla formulazione EPA più recente del 2011 per il fattore di emissione e sulla base del parco circolante a livello provinciale ACI 2015. Ottenuta una stima su base provinciale, tale contributo è stato distribuito a livello comunale utilizzando come proxy di spazializzazione l'emissione esausta di PM10 del macrosettore 7 mantenendo inalterate le ripartizioni tra le varie percorrenze e le diverse tipologie di veicoli.

Per il comune di Ancona il contributo di questo comparto è riportato in Tabella 9 mentre in Tabella 10 quelle dei comuni compresi nel dominio.

**Tabella 9. Stima della risospensione da traffico per il comune di Ancona (t/anno)**

	PM10	PM2.5	Pmcoarse
auto	32.6	7.9	24.7
commerciali leggeri	19.7	4.8	14.9
commerciali pesanti	46.7	11.3	35.4
moto-ciclomotori	1.0	0.2	0.8
Totale complessivo	100.0	24.2	75.8

**Tabella 10. Stima della risospensione da traffico per i comuni compresi nel dominio (t/anno)**

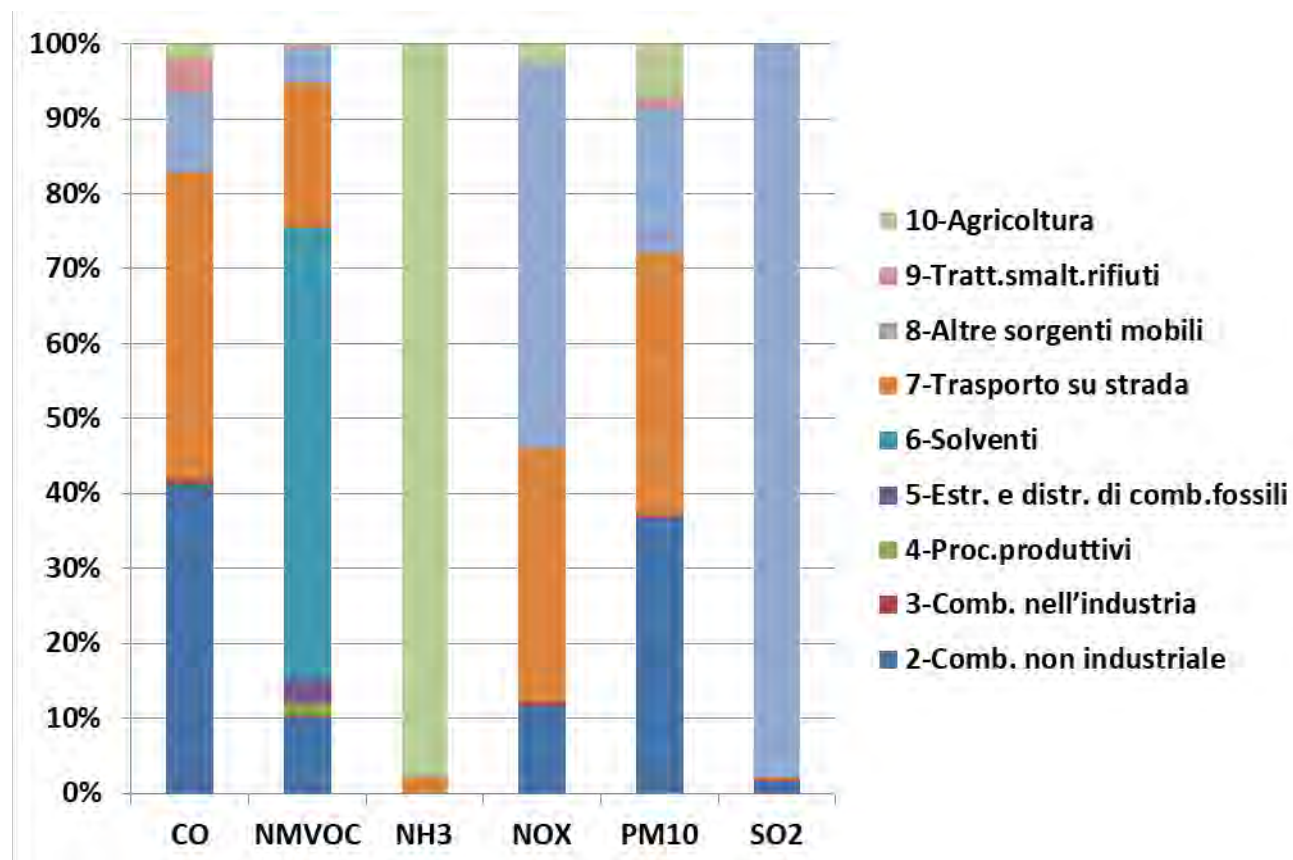
	PM10	PM2.5	Pmcoarse
auto	86.5	20.9	65.6
commerciali leggeri	42.8	10.4	32.5
commerciali pesanti	136.8	33.1	103.7
moto-ciclomotori	2.5	0.6	1.9
Totale complessivo	268.7	65.0	203.7

### 3.7 Sintesi del database emissivo usato per le catene modellistiche

Riassumendo nelle tabelle e figure successive sono riportati i dati dell'inventario aggiornato, la loro distribuzione percentuale e la distribuzione spaziale di alcuni inquinanti sui comuni compresi nel dominio 30 km x 30 km<sup>2</sup>.

**Tabella 11. Emissioni del comune di Ancona aggiornate (t/anno)**

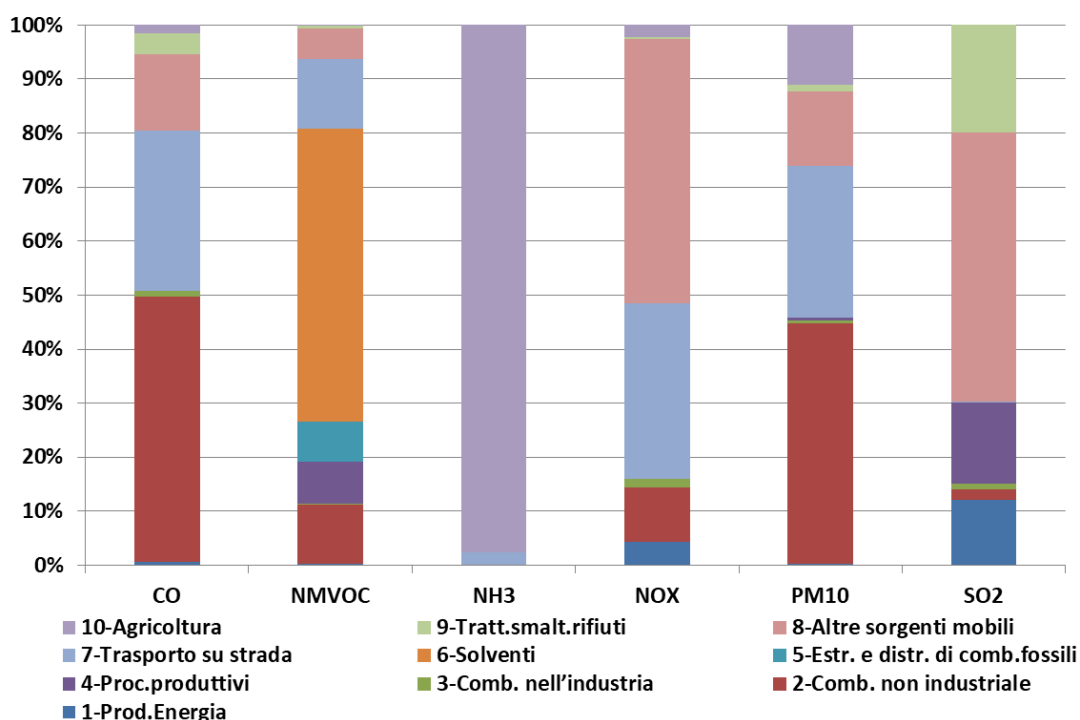
	CO	NMVOC	NH3	NOX	PM10	SO2
2-Comb. non industriale	1021	152	0	236	147	5
3-Comb. nell'industria	17	2	0	9	1	1
4-Proc.produttivi	0	28	0	0	1	0
5-Estr. e distr. di comb.fossili	0	47	0	0	0	0
6-Solventi	0	907	0	0	0	0
7-Trasporto su strada	1017	291	9	690	139	1
8-Altre sorgenti mobili	260	71	0	1037	78	333
9-Tratt.smalt.rifiuti	117	6	0	4	6	0
10-Agricoltura	46	2	389	52	28	0
<b>Totale complessivo</b>	<b>2478</b>	<b>1506</b>	<b>398</b>	<b>2028</b>	<b>400</b>	<b>340</b>



**Figura 17: Contributi percentuali delle emissioni dei diversi inquinanti ai totali comunali aggiornati**

**Tabella 12. Emissioni dei comuni compresi nel dominio (t/anno)**

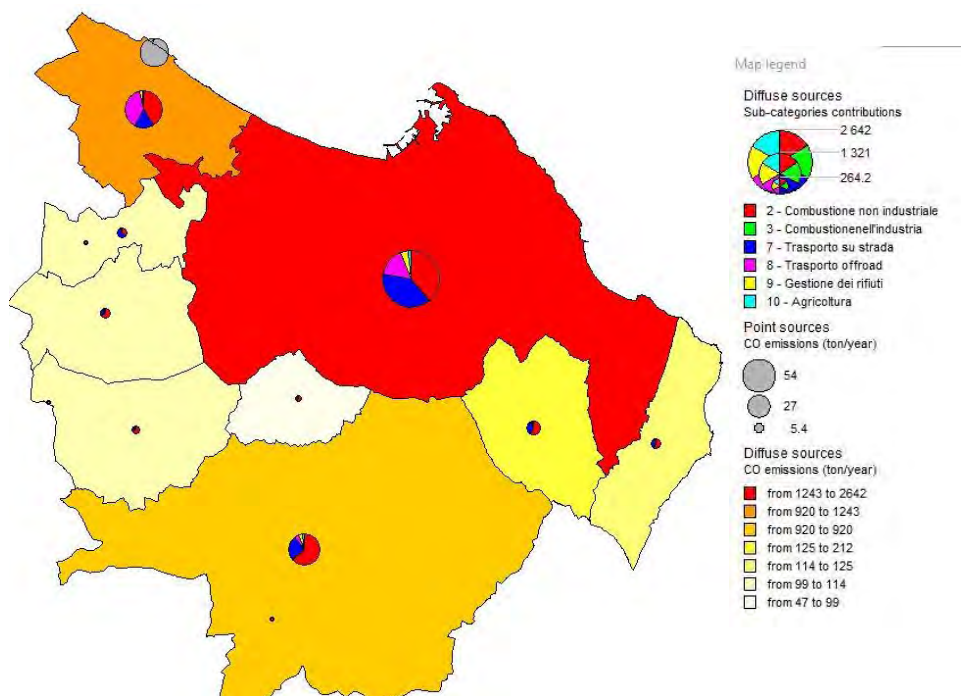
	CO	NMVOC	NH3	NOX	PM10	SO2
1-Prod.Energia	52	16	0	265	3	104
2-Comb. non industriale	3952	558	0	624	594	17
3-Comb. nell'industria	75	11	0	95	6	9
4-Proc.produttivi	2	398	0	9	7	128
5-Estr. e distr. di comb.fossili	0	382	0	0	0	0
6-Solventi	0	2772	0	0	0	0
7-Trasporto su strada	2388	662	31	1998	376	2
8-Altre sorgenti mobili	1136	291	0	3027	183	427
9-Tratt.smalt.rifiuti	311	23	0	18	16	170
10-Agricoltura	123	6	1237	140	148	0
<b>Totale complessivo</b>	<b>8040</b>	<b>5120</b>	<b>1268</b>	<b>6176</b>	<b>1333</b>	<b>856</b>


**Figura 18: Contributi percentuali delle emissioni dei diversi inquinanti ai totali comunali aggiornati**

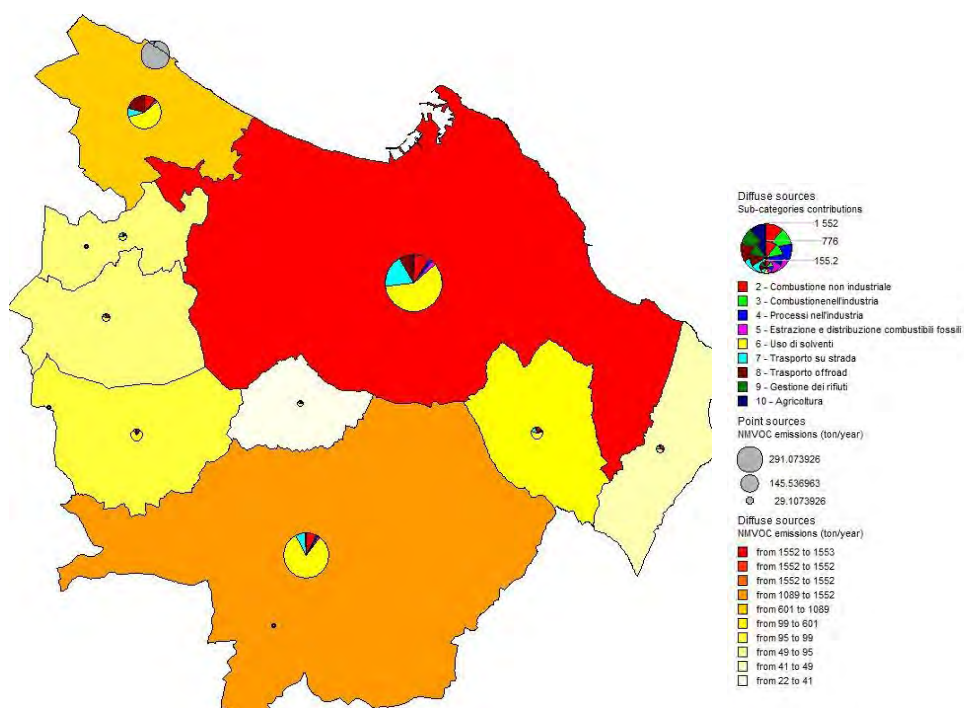
Dalle tabelle si osserva che il contributo emissivo di NO<sub>x</sub> proviene in massima parte del trasporto stradale e del traffico navale: in particolare il contributo emissivo per il primo è riferito in massima parte ai mezzi pesanti, mentre per il secondo è la fase di stazionamento quella in cui le emissioni sono più elevate, rispetto alle fasi di manovra e di crociera; il contributo dovuto al riscaldamento è minoritario come pure quello industriale, significativo solo al di fuori del comune di Ancona (Falconara). Per l'SO<sub>2</sub> le emissioni principali sono relative alle navi nelle fasi di manovra e crociera. Le emissioni di PM10 sono dovute principalmente al riscaldamento (biomassa) e al traffico stradale (risospensione).

Di seguito come esempi di questi dati vengono riportate alcune visualizzazioni grafiche.

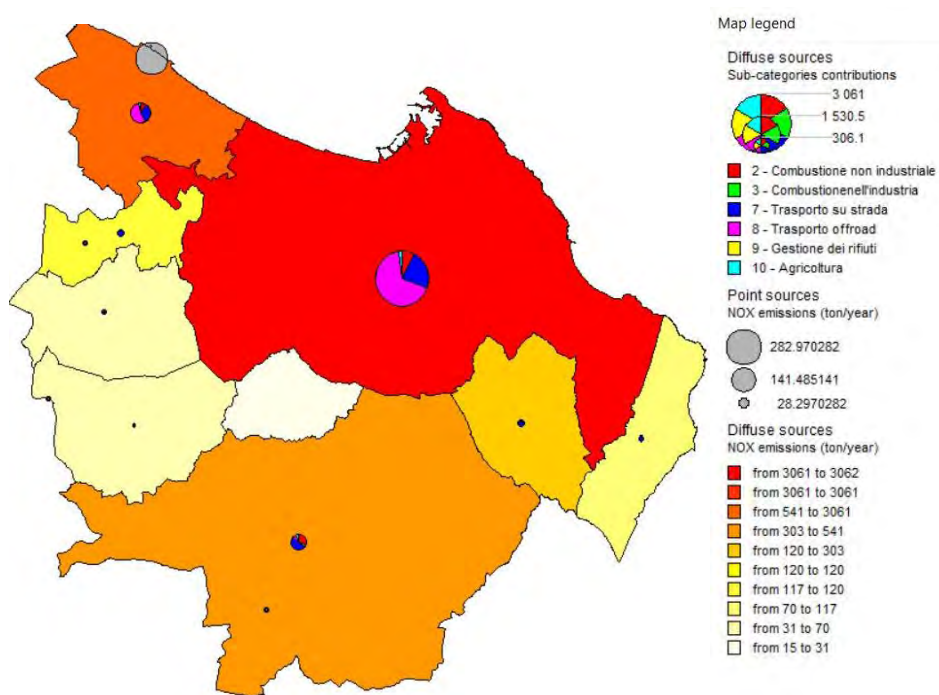




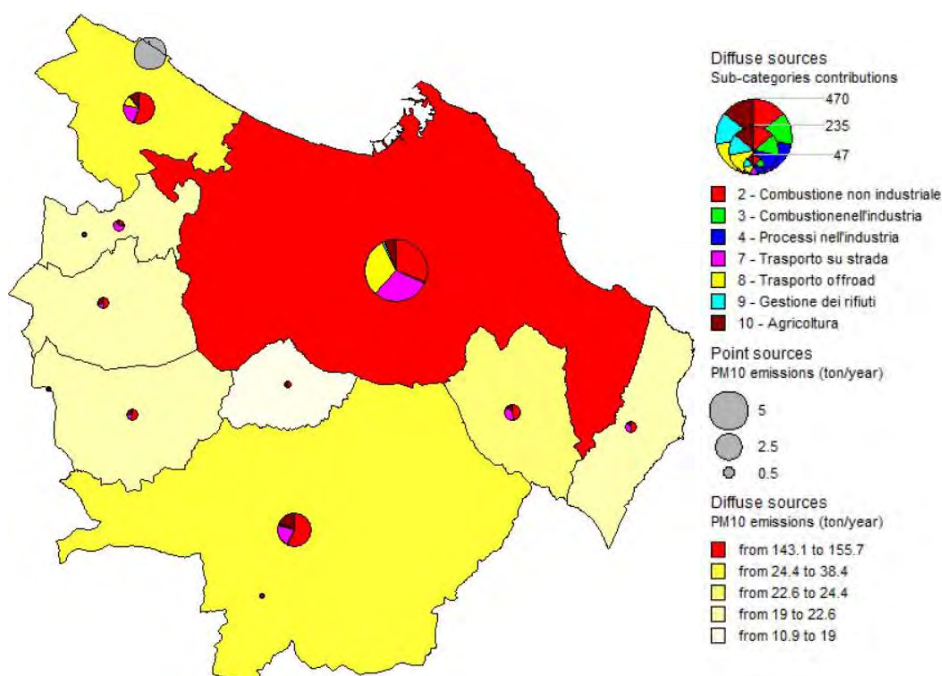
**Figura 19. Emissioni comunali del monossido di carbonio (t/anno) nel dominio considerato**



**Figura 20. Emissioni comunali dei composti organici volatili non metanici (t/anno) nel dominio considerato**



**Figura 21. Emissioni comunali degli ossidi di azoto (t/anno) nel dominio considerato**



**Figura 22. Emissioni comunali del particolato (t/anno) nel dominio considerato**

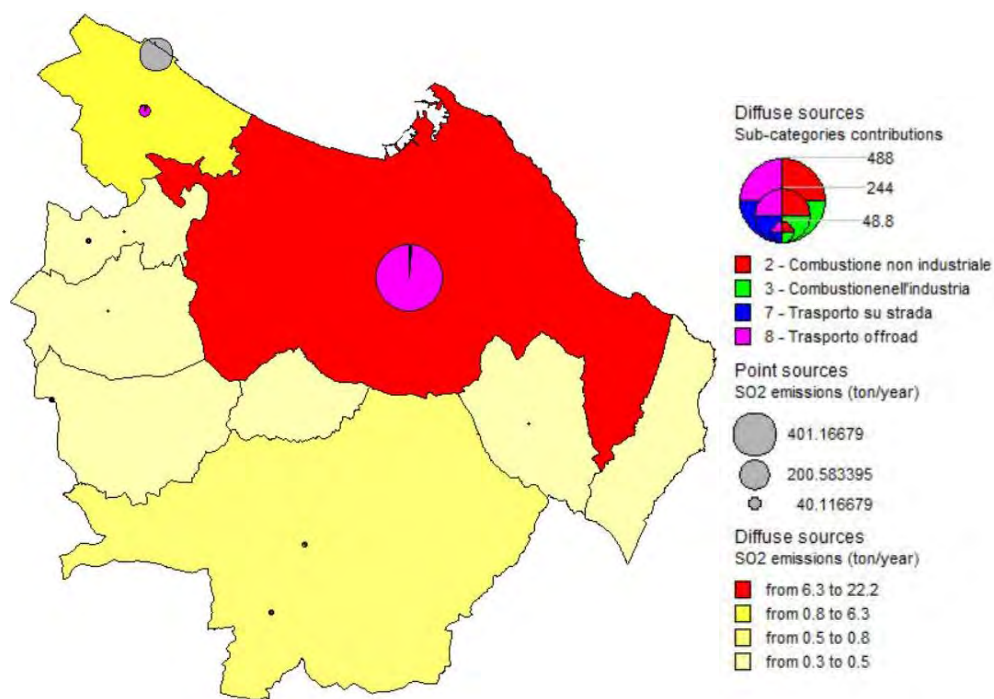
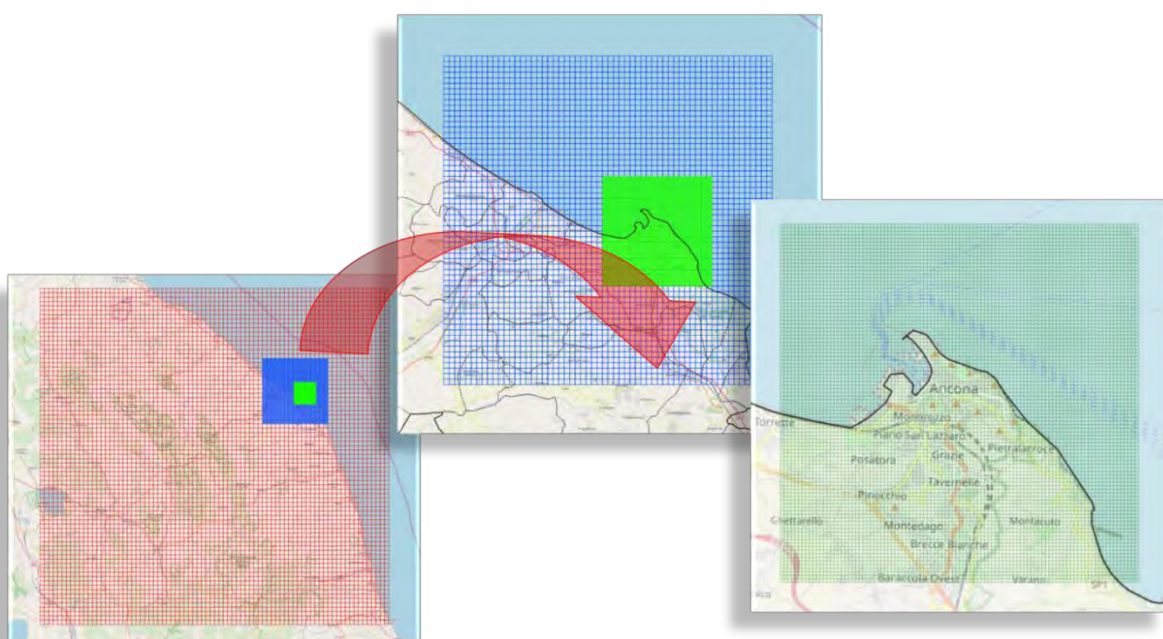


Figura 23. Emissioni comunali degli ossidi di zolfo (t/anno) nel dominio considerato

## 4 Modellistica Euleriana (dominio comunale)

Il sistema modellistico Euleriano basato sul modello fotochimico FARM<sup>1</sup> è collegato direttamente con quello già in atto sul Sistema Previsionale della Qualità dell'Aria (SPQA), realizzato da ARIANET con l'Università di Urbino ed in funzione dall'aprile del 2019 sul server della Regione. Il sistema fornisce previsioni orarie delle concentrazioni dei diversi inquinanti sull'intera Regione Marche, con risoluzione di 2 km per 3 giorni in anticipo.

Per ottenere una migliore descrizione delle condizioni meteorologiche e diffusive sul territorio di interesse, data la complessità orografica del sito di Ancona, è stato configurato un dominio innestato a più alta risoluzione che include l'intero comune di Ancona. Nella seguente Figura 24 sono raffigurate le griglie di calcolo innestate regionale a 2km di risoluzione (in rosso) e Ancona a 500m di risoluzione (in blu).



**Figura 24. Domini innestati del sistema modellistico di Regione Marche (rosso) del downscaling sul comune di Ancona (blu) e del sistema Lagrangiano (verde).**

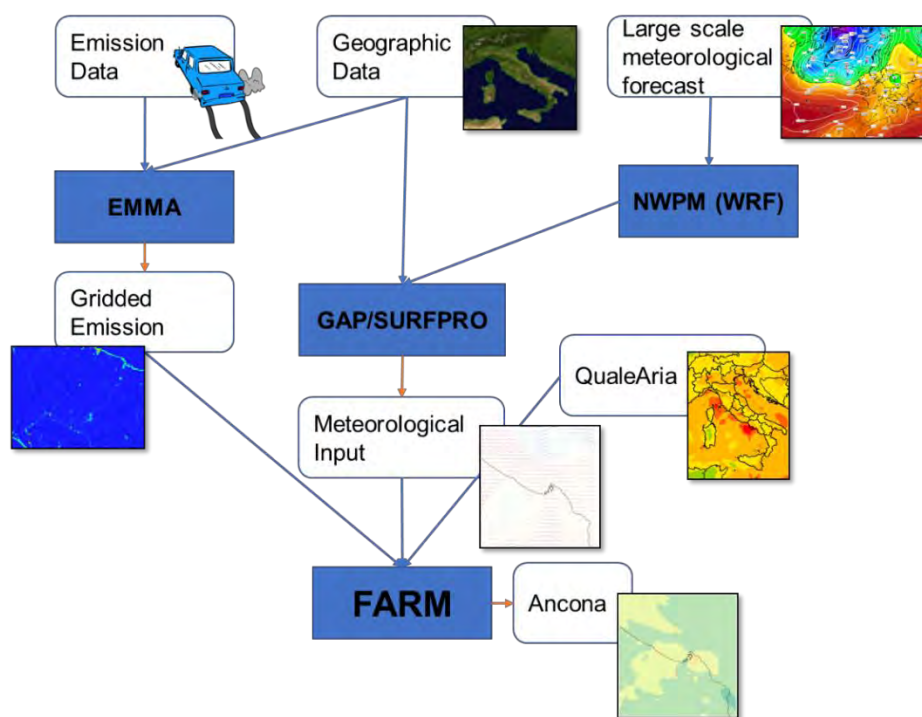
La Figura 25 mostra lo schema concettuale del sistema modellistico implementato con in particolare i moduli:

- WRF (<http://wrf-model.org>; <http://www2.mmm.ucar.edu/wrf/users>) : modello prognostico per il calcolo delle previsioni meteorologiche sui domini innestati a partire da condizioni al contorno sinottiche;

<sup>1</sup> Il codice FARM è sviluppato e mantenuto da ARIANET SRL. Il Report Arianet R2020.11 “FARM (Flexible Air quality Regional Model) Model formulation and user's Manual - Version 5.1”, contiene la descrizione del modello, le referenze e tutti gli aggiornamenti apportati.



- GAP: modulo di interfaccia che provvede alla trasformazione dal sistema di coordinate orizzontale e verticale considerato da WRF a quello utilizzato da FARM;
- SURFPro<sup>1</sup>: processore meteorologico che provvede al calcolo dei parametri che descrivono la turbolenza atmosferica (diffusività verticale ed orizzontale), delle velocità di deposizione secca relative alle specie gassose e delle emissioni naturali (polveri a seguito dell'azione del vento sui suoli e sui mari e composti organici non volatili prodotti dalla vegetazione).



**Figura 25. Schema concettuale del sistema modellistico Euleriano.**

In Figura 26 è rappresentato un esempio di campo di vento prodotto dal modello meteorologico WRF sul dominio a 500m di risoluzione. La Figura 27 mostra invece alcuni esempi di campo di flusso di emissioni al suolo prodotte dal modello EMMA a partire dalla base dati emissiva descritta nel capitolo precedente, come input al modello fotochimico FARM. Le mappe in Figura 28 e Figura 29 mostrano campi di concentrazione al suolo prodotte dal modello fotochimico FARM per un giorno di esecuzione operativa.

<sup>1</sup> Il processore SURFPro è sviluppato e mantenuto da ARIANET SRL. Il Report Arianet R2011.31 “SURFPRO3 User's guide (SURFace-atmosphere interface PROcessor, Version 3) - Release 2.2.0”, contiene la descrizione delle parametrizzazioni utilizzate e tutti gli aggiornamenti apportati.

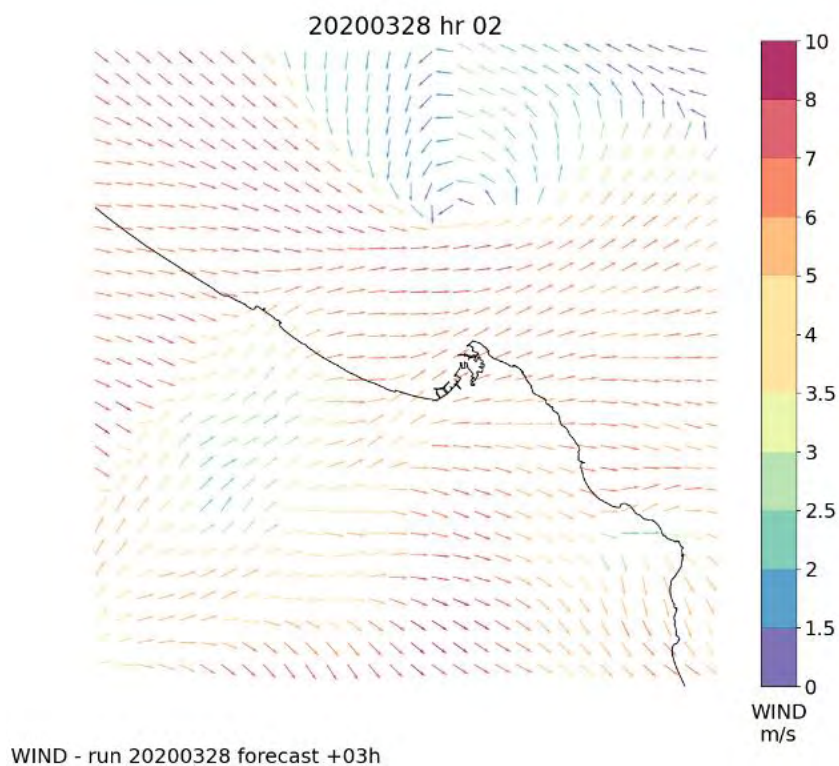


Figura 26. Campo di vento in prossimità del suolo ( $\text{m s}^{-1}$ ).

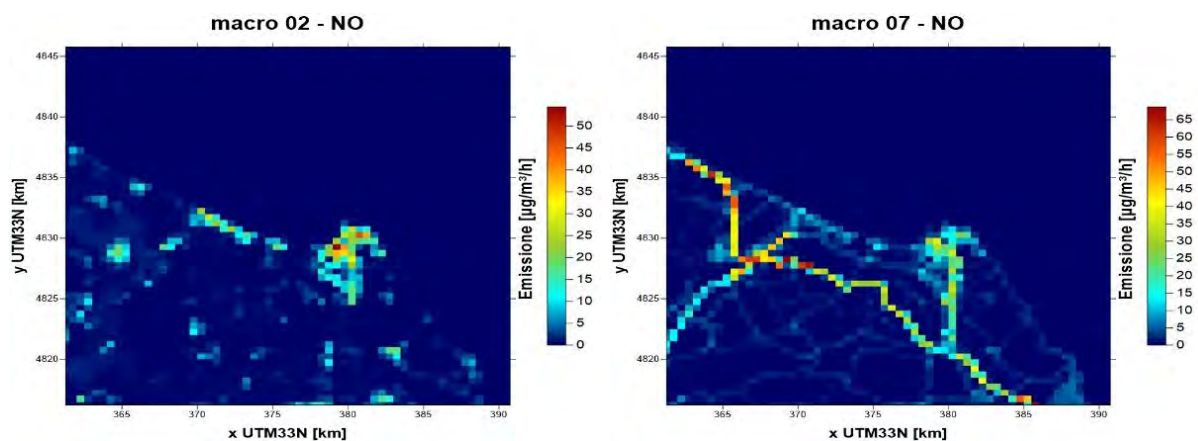
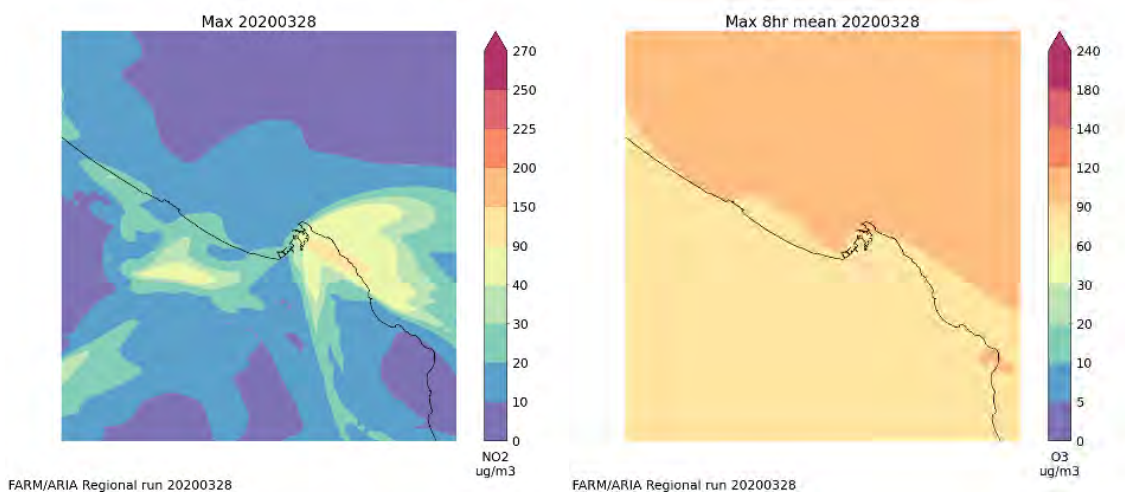
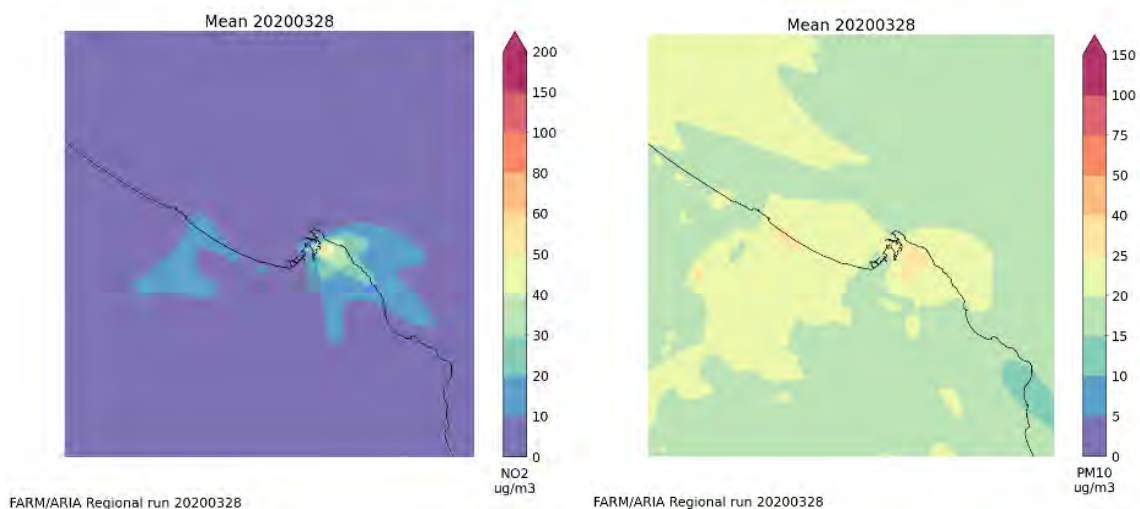


Figura 27. Emissioni ( $\mu\text{g m}^{-3} \text{h}^{-1}$ ) per il macrosetto 02 riscaldamento (sinistra) e macro setto 07 traffico (destra).



**Figura 28. Campo di concentrazione al suolo massimo della media oraria di NO<sub>2</sub> ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ) (sinistra) e massimo della media trascinata su 8 ore di O<sub>3</sub> ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ) (destra).**



**Figura 29. Campo di concentrazione al suolo media giornaliera di NO<sub>2</sub> ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ) (a sinistra) e di PM10 ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ) (a destra).**

## 5 Modellistica Lagrangiana (dominio locale)

Il server di calcolo di Regione Marche ospita in parallelo alla catena modellistica Euleriana appena descritta, il sistema modellistico tridimensionale ad alta risoluzione, basato sul modello lagrangiano a particelle SPRAY<sup>1</sup>.

Il presente servizio esegue in modalità operativa ed automatica, simulazioni previsionali, acquisendo ogni ora dati meteorologici, emissivi e di territorio, producendo campi di concentrazione alla risoluzione di 100 metri che poi vengono elaborati e visualizzati. Il sistema produce operativamente matrici di concentrazione orarie espresse in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  per tre giorni in avanti, per le specie NOx, SO2, Polveri e Benzene. La Figura 24 mostra il secondo livello di downscaling a 100m di risoluzione (dominio verde).

Il modello impiegato è particolarmente indicato per le simulazioni di dettaglio a scala locale, in grado di trattare realisticamente la dispersione da sorgenti con diversa geometria ("puntuali" / "lineari" / "areali"), sulla base di una meteorologia evolutiva anche in un contesto orografico complesso in presenza di una linea di costa, elementi tutti presenti nel caso di Ancona.

Per pilotare una simulazione di dispersione il modello SPRAY utilizza:

- schemi di equazioni differenziali stocastiche dovute a Thomson (1987)<sup>2</sup> per definire le velocità turbolente delle particelle computazionali;
- campi tridimensionali di vento e temperatura a 100 m di risoluzione orizzontale, forniti dal codice Swift e campi bidimensionali di turbolenza  $z_0$ ,  $H_{mix}$ ,  $u^*$ ,  $L$ ,  $w^*$  forniti dal codice SurfPro;
- dati di emissione, elaborati dal codice EMMA e costituiti da una sequenza di informazioni sulla geometria delle sorgenti al suolo e in quota e loro localizzazione spaziale, sui flussi di massa variabili nel tempo di sostanze gassose e particolato e sul quantitativo di particelle computazionali da emettere nell'unità di tempo. Ad ogni particella, generata inizialmente nella regione rappresentativa della zona emissiva, viene attribuita una quantità di sostanza dipendente dal flusso di massa considerato ottenuto come prodotto della portata e concentrazione all'emissione precedentemente calcolati. Nelle simulazioni che vengono effettuate sono considerate le seguenti sorgenti emissive:
  - emissioni navali da stazionamento, rappresentate da sorgenti puntuali localizzate nelle diverse banchine del porto, caratterizzate da differente quota e risalita termica (caratteristiche delle diverse tipologie di navi considerate);
  - emissioni navali durante le fasi di manovra in porto, rappresentate da sorgenti lineari lungo le traiettorie seguite, caratterizzate da differente quota e risalita termica;
  - emissioni navali durante le fasi di cruising esterne al porto, rappresentate da sorgenti lineari lungo le traiettorie seguite, caratterizzate da differente quota e risalita termica;

<sup>1</sup> Il codice SPRAY è sviluppato e mantenuto da ARIANET SRL. Il Report Arianet R2013.27, nella versione January 2021 "SPRAY 3.1 - General Description and User's guide - Code versions 3.1.15 and 3.2.0", contiene la descrizione del modello, le referenze e tutti gli aggiornamenti apportati.

<sup>2</sup> Thomson D.J. (1987) Criteria for the selection of stochastic models of particle trajectories in turbulent flows. J. Fluid Mech., 180, 529-556.



- emissioni stradali dovute al traffico indotto dal porto, rappresentate da sorgenti lineari lungo alcune delle strade presenti nel dominio di calcolo, tipicamente percorse dai mezzi che afferiscono alle attività portuali.

La Figura 30 descrive lo schema concettuale del sistema modellistico e le relazioni tra i modelli che lo compongono. Per completare la simulazione, i modelli vengono richiamati in cascata con frequenza oraria.

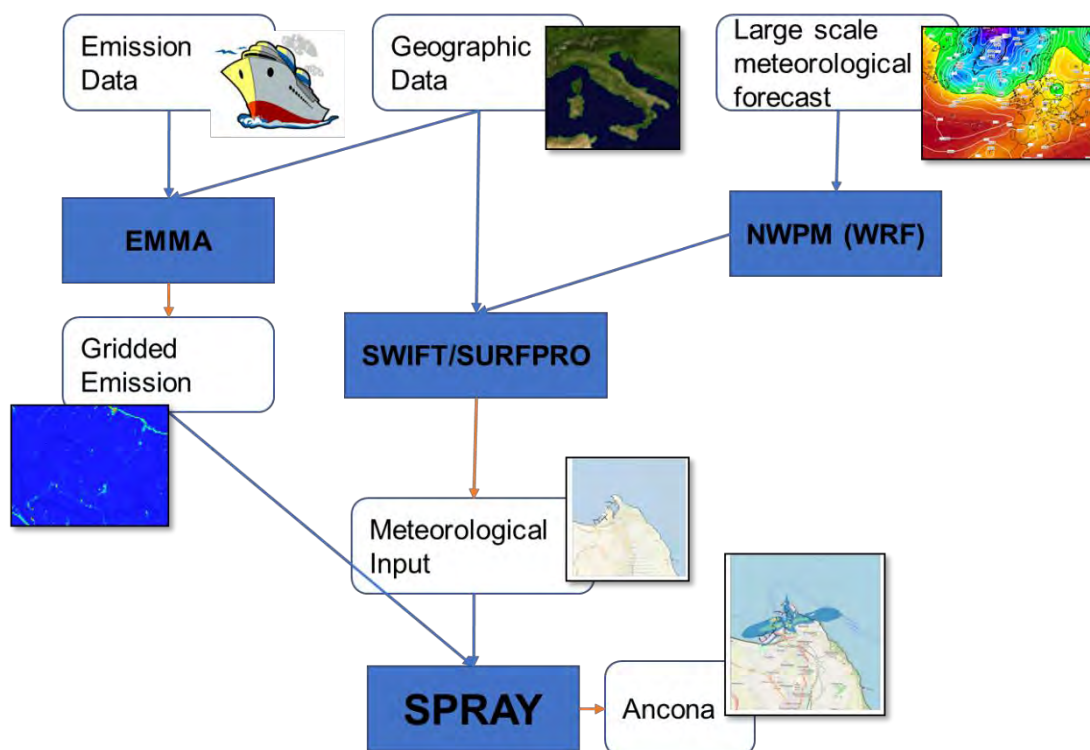


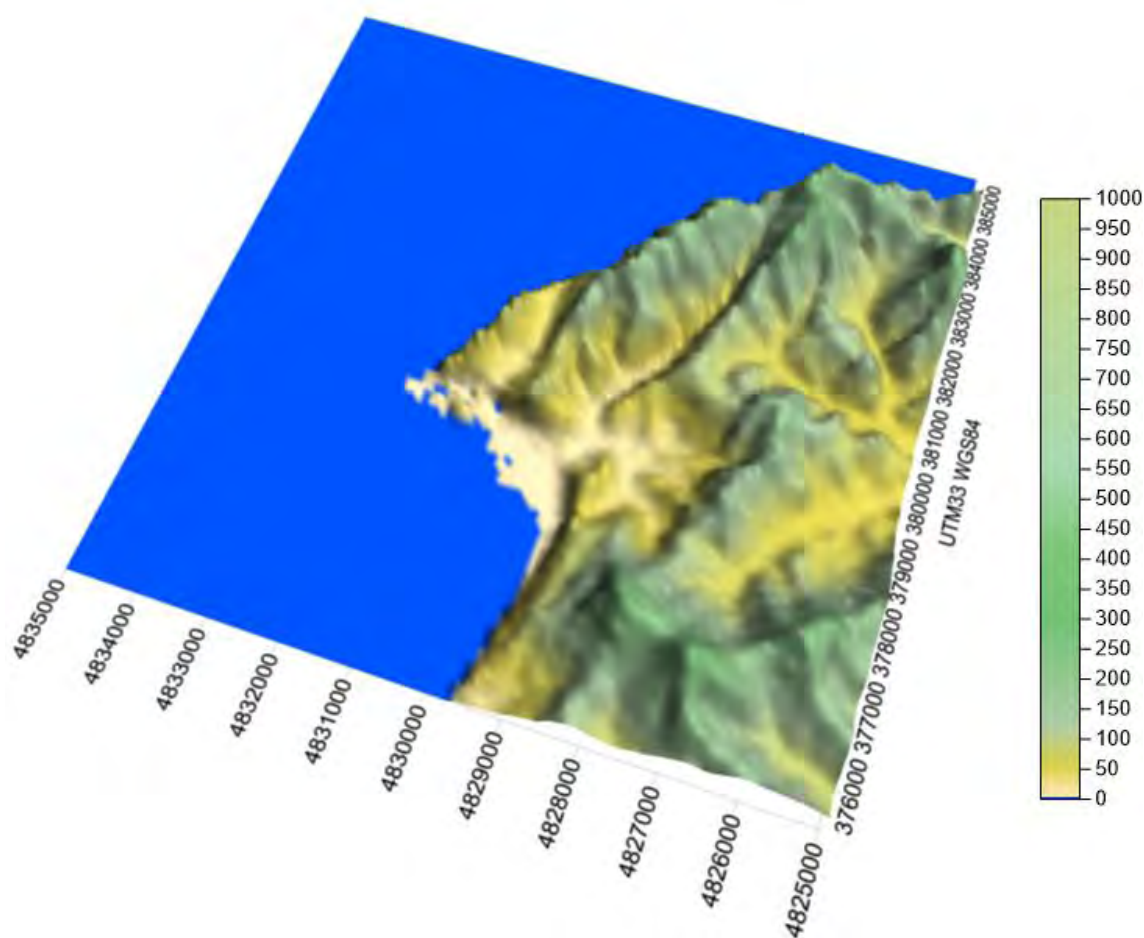
Figura 30. Schema concettuale del sistema modellistico Lagrangiano.

## 5.1 Ricostruzione meteorologica

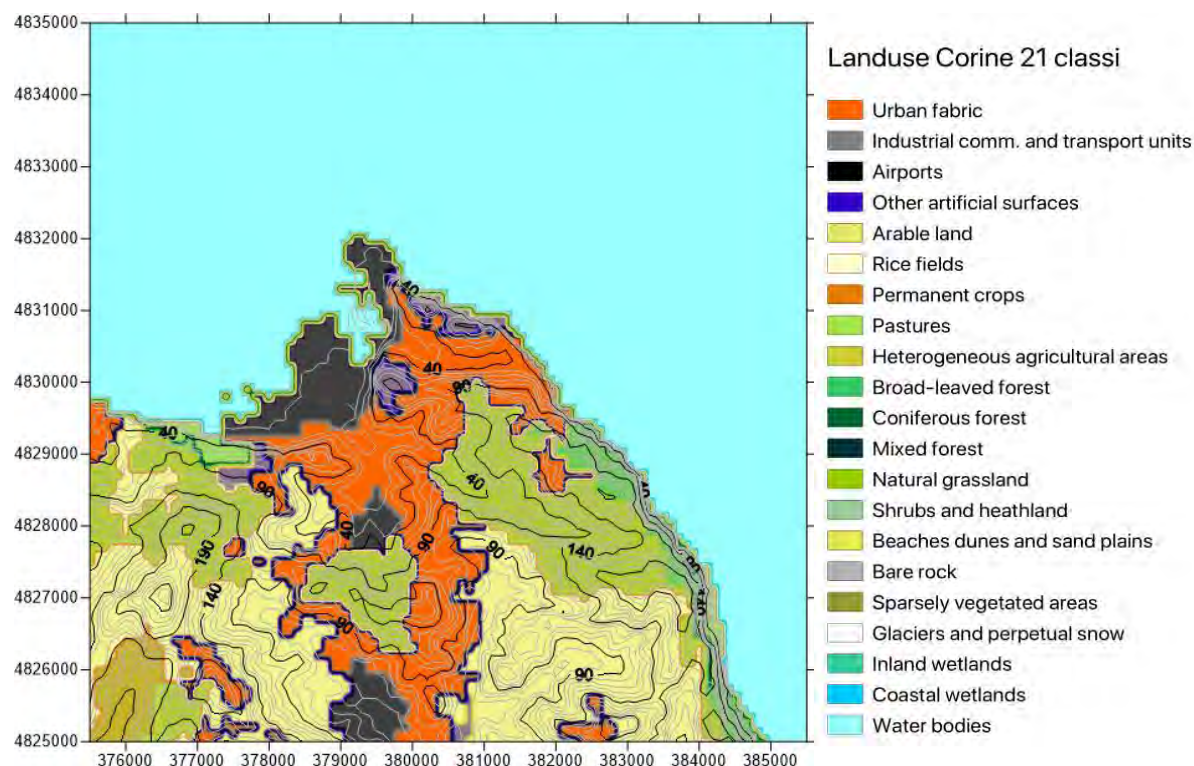
Il sistema modellistico utilizzato necessita come riportato di campi meteorologici 3D sul dominio di dettaglio a 100 m di risoluzione orizzontale e su base oraria, ottenuti mediante l'applicazione dei codici Swift (per la ricostruzione dei campi di vento medio e temperatura) e SurfPro (per la ricostruzione della turbolenza).

I due codici sono alimentati dai prodotti dal codice WRF per il sistema Euleriano descritto in precedenza ed effettuano una discesa di scala fino alla risoluzione finale di 100 metri. I campi vengono quindi ricostruiti fino alla risoluzione orizzontale di 1 km mediante il codice meteorologico alle equazioni primitive WRF, in grado di riprodurre le principali caratteristiche della circolazione locale. Essi subiscono poi un'ulteriore discesa di scala fino alla risoluzione target di 100 m sul dominio considerato, durante la quale vengono ulteriormente adattati alle condizioni locali mediante una matrice di uso del suolo che tiene conto delle caratteristiche locali del terreno ad alta risoluzione. Questi campi vengono infine direttamente utilizzati dal codice di dispersione Lagrangiano a particelle SPRAY per definire il moto delle particelle virtuali che rappresentano le diverse emissioni considerate, allo scopo di produrre campi di concentrazione su base oraria per l'intero periodo di simulazione.

Le caratteristiche locali di maggior dettaglio del terreno vengono definite alla risoluzione orizzontale target di 100 metri mediante un modello digitale del terreno e ad una matrice di uso del suolo. La Figura 31 mostra una visualizzazione 3D del modello digitale del terreno utilizzato, derivato dai dati dei voli Shuttle SRTM, mentre la Figura 32 mostra la matrice di uso del suolo insieme alle isolinee del modello digitale del terreno. I codici di uso del suolo sono definiti secondo una classificazione a 21 classi ricavata da quella standard europea CORINE a 44 classi (EEA Data Service), mediante accorpamento di alcune categorie, secondo la didascalia riportata nella medesima figura. Il dominio è caratterizzato sia dalla presenza dell'interfaccia terra-mare, mentre la zona urbanizzata si trova principalmente al centro della parte coperta da terreno, a Sud e ad Est della zona portuale.



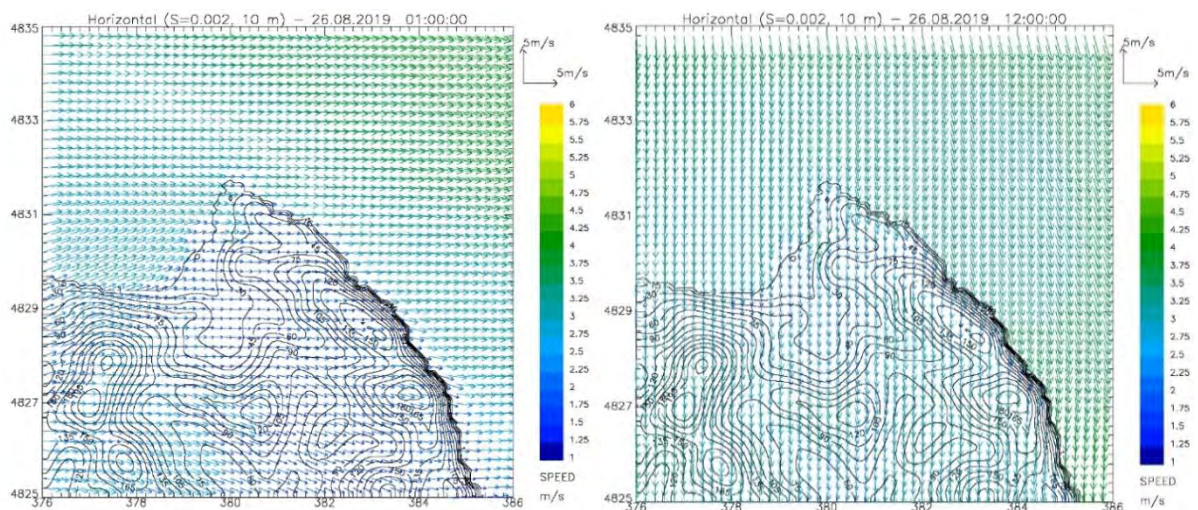
**Figura 31. Rappresentazione 3D del modello digitale di terreno utilizzato. Livelli in m secondo la scala colorata a destra del grafico**



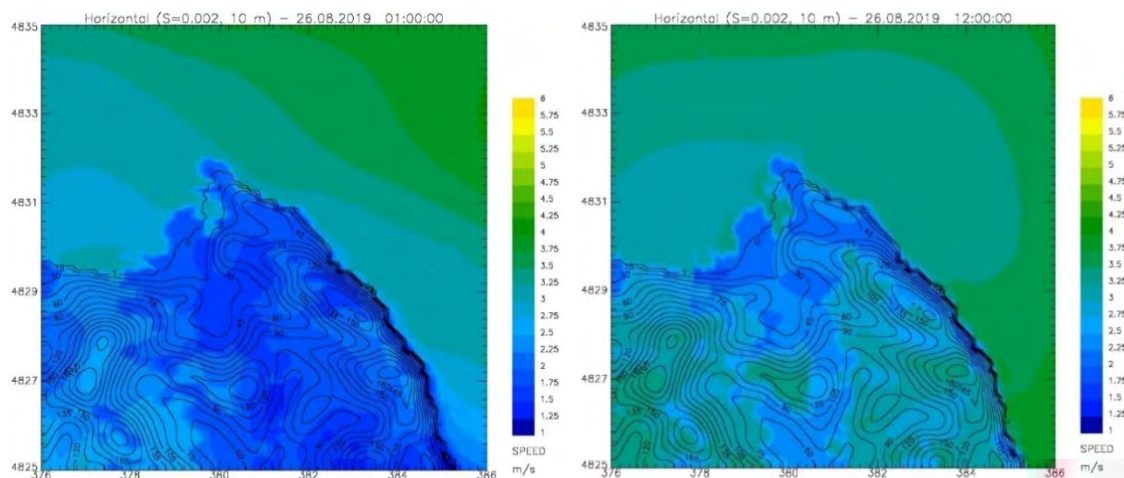
**Figura 32. Dominio di calcolo con uso del suolo CORINE 21 classi a 100 m di risoluzione e iso-linee dei livelli orografici.**

Il modello diagnostico SWIFT, applicato per ricostruire il campo di vento e temperatura alla risoluzione orizzontale di 100 m sul dominio target è stato utilizzato per ricostruire una parte dell'informazione meteorologica ad alta risoluzione per il periodo scelto, necessaria al modello SPRAY. La Figura 33 illustra, a titolo di esempio, la rappresentazione del campo di vento alla quota di 10 m sopra il livello del suolo ricostruito dal modello Swift il giorno 26/8/2019 alle ore 01:00 e alle ore 12:00. La figura conferma una sostanziale variazione delle direzioni nel vento nelle due ore considerate, con un passaggio da una condizione di brezza notturna con vento che scorre parallelamente alla linea di costa durante la notte ad una situazione di brezza diurna con vento diretto decisamente verso l'entroterra nelle ore più calde della giornata. Nella zona interna maggiormente urbanizzata, caratterizzata dalla presenza di maggiore rugosità superficiale, l'intensità del vento risulta essere visibilmente rallentata rispetto a quella che si manifesta in mare aperto, soprattutto nelle ore notturne, a maggiore stabilità atmosferica, come reso più evidente in Figura 34, che riporta i campi dell'intensità del vento a 10 m di quota nelle stesse due ore.





**Figura 33. Campi vettoriali di vento in prossimità del suolo calcolati il giorno 26/8/2019 alle ore 01:00 (sinistra) e 12:00 (destra). Per maggiore chiarezza il campo è rappresentato con risoluzione orizzontale di 200 m. Velocità del vento in m/s secondo la scala colorata a destra.**



**Figura 34. Campi di intensità del vento in prossimità del suolo calcolati il giorno 26/8/2019 alle ore 01:00 (sinistra) e 12:00 (destra). Velocità del vento in m/s secondo la scala colorata a destra.**

Il modello di dispersione SPRAY, per determinare il trasporto degli inquinanti emessi in atmosfera oltre alle caratteristiche del vento che domina il trasporto in direzione orizzontale richiede che siano definite le caratteristiche della turbolenza atmosferica, cioè dei moti disordinati che hanno origine sia meccanica che termica e che favoriscono, in condizioni di instabilità, la dispersione anche nella direzione verticale. Nei modelli utilizzati per il presente lavoro, la turbolenza viene descritta attraverso opportune variabili fisiche dette 'di scala', che hanno il compito di riassumerne le principali caratteristiche. Tali variabili sono:

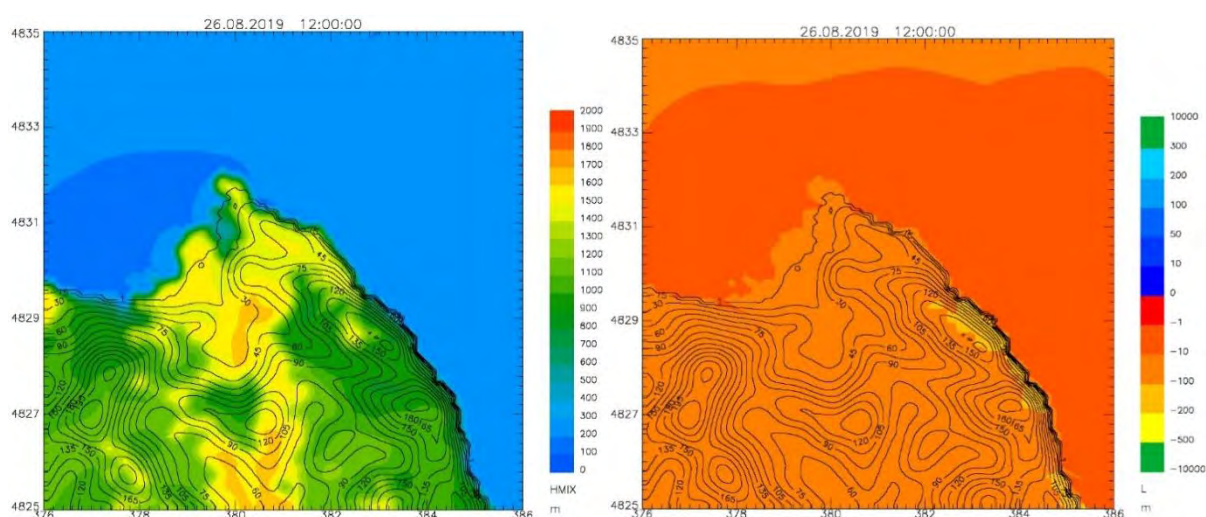
- $u^*$  o velocità di frizione, che descrive gli effetti legati alla turbolenza di tipo 'meccanico', dovuti alla presenza di ostacoli superficiali o variazioni con la quota della velocità del vento (shear);
- $H_{mix}$  o altezza dello strato limite, che rappresenta lo strato adiacente al suolo variabile nel tempo e nello spazio all'interno del quale avvengono i principali fenomeni turbolenti generati dall'interazione del flusso atmosferico con la superficie, e dove vengono in genere immesse le sostanze inquinanti;
- $L$  o lunghezza di Monin-Obukhov che rappresenta un indicatore della stabilità atmosferica. Un'atmosfera stabile tende ad un minore rimescolamento e dispersione delle sostanze

emesse, al contrario un'atmosfera instabile è caratterizzata da una maggiore efficienza dispersiva. Valori negativi vicini allo zero sono rappresentativi di un'atmosfera instabile in condizioni convettive diurne, valori positivi piccoli sono invece caratteristici di un'atmosfera stabile tipicamente notturna;

- $w^*$  o velocità convettiva di scala che rappresenta una misura dell'intensità della turbolenza nelle ore più calde in presenza di forte irraggiamento solare.

I campi di queste variabili vengono ricostruiti ora per ora su tutto il dominio mediante l'utilizzo del preprocessore SurfPro, tenendo conto delle disomogeneità orizzontali indotte dalla presenza di differenti caratteristiche di uso del suolo.

A titolo di esempio, la Figura 35 illustra i campi orizzontali delle variabili Hmix e L alle ore 12:00 del giorno 26/8/2019, che mostrano lo sviluppo di uno strato limite instabile diurno nell'entroterra e la presenza, di disuniformità orizzontali dovute, oltre alla variabilità dei campi di vento e temperatura, all'utilizzo di campi di uso del suolo ad alta risoluzione.



**Figura 35. Campi dell'altezza dello strato limite Hmix (m, sinistra) e della lunghezza di Monin-Obukhov (m, destra) simulati dal modello SurfPro alle ore 12:00 del giorno 26/8/2019.**

## 5.2 Simulazione della dispersione degli inquinanti

I dati territoriali, meteorologici ed emissivi descritti costituiscono l'input per il modello di dispersione SPRAY. Il modello è in grado di ricostruire ora per ora i campi di concentrazione simulando la dispersione dell'inquinante nello spazio 3D tramite l'impiego di "particelle virtuali" il cui movimento è definito dalle variabili meteorologiche che caratterizzano l'ora considerata.

All'interno di ogni ora vengono inserite nel dominio di calcolo per ogni sorgente un numero di particelle sufficienti per garantire una risoluzione minima (contributo in concentrazione di una singola particella computazionale), di circa  $0.05 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per la specie NOx nelle celle per il calcolo della concentrazione al suolo, delle dimensioni di  $100 \times 100 \times 10 \text{ m}^3$ . In questo modo, concentrazioni orarie intorno a  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  di NOx vengono risolte da circa 200 particelle per cella di concentrazione, che costituiscono un numero sufficiente per considerare statisticamente stabile la simulazione. Vengono calcolate matrici di concentrazione orarie espresse in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , per le specie NOx, SO2, Polveri e Benzene. Ogni media oraria di concentrazione è costruita mediante 180 campionamenti dei pennacchi di particelle all'interno dell'ora, effettuati alla frequenza fissa di 20 secondi.

Lo stato finale di ogni ora (posizioni, velocità e masse associate ad ogni particella) viene utilizzato per inizializzare il run dell'ora successiva. In questo modo la simulazione risulta essere continua durante tutto il periodo descrivendo l'evoluzione spazio-temporale di ogni pennacchio emesso, consentendo eventuali effetti di ritorno dei pennacchi in presenza di rotazioni del vento durante situazioni di innesco della brezza.

Il sistema modellistico è stato testato per AdSP effettuando simulazioni su casi test per una prima verifica dell'inventario. In particolare, nell'ambito del progetto NEWBRAIN (citato in precedenza nel paragrafo 3.3) sono stati simulati gli inquinanti NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> e Polveri in due settimane distinte, una nel periodo estivo ed una nel periodo invernale; a partire da queste due simulazioni è stata poi effettuata una stima delle concentrazioni medie annuali. Viene qui di seguito riportata una sintesi dei risultati ottenuti.

### 5.2.1 Caso estivo

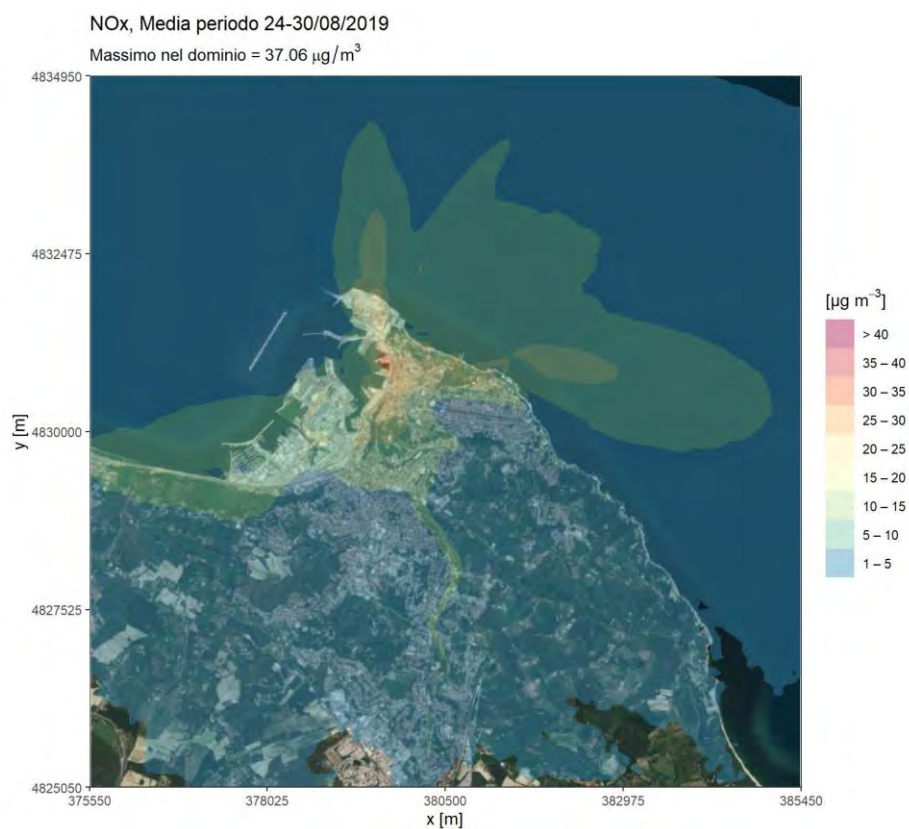
Le simulazioni nel periodo estivo hanno riguardato l'impatto delle attività afferenti al porto nel periodo compreso tra il 24/08/2019 01:00 e il 31/08/2019 00:00. Complessivamente sono stati quindi prodotti 168 campi di concentrazione orari, utilizzati per calcolare i valori medi di periodo delle concentrazioni. I risultati vengono presentati sotto forma di mappe sul territorio della concentrazione al suolo degli inquinanti simulati, ovvero Ossidi di azoto totali (NO<sub>x</sub>), SO<sub>2</sub> e PM10.

La Figura 36 riporta le concentrazioni medie di periodo (24-30 agosto 2019) in prossimità del suolo di NO<sub>x</sub> simulate dal codice SPRAY su tutto il dominio. I valori massimi delle concentrazioni, in prossimità del porto e in corrispondenza delle zone di stazionamento delle navi, sono di 37 µg/m<sup>3</sup>. Il valore limite di legge, di riferimento in questo caso, riguarda le medie annuali per la sola componente NO<sub>2</sub> (che costituisce una porzione limitata, soprattutto in prossimità delle sorgenti, degli ossidi di azoto totali) di 40 µg/m<sup>3</sup>. La Figura 37 mostra un dettaglio su una superficie di 3 x 3 km<sup>2</sup> dello stesso campo di concentrazioni, nella zona del porto, che ne mette in evidenza la variabilità spaziale.

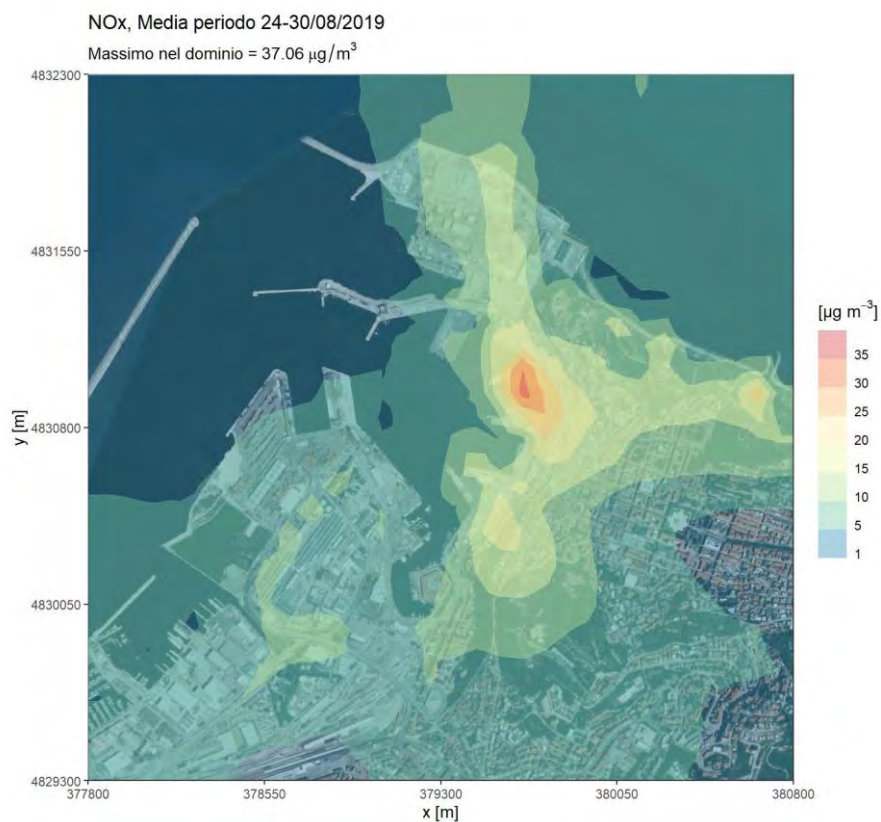
La Figura 38 riporta le concentrazioni medie di periodo (24-30 agosto 2019) in prossimità del suolo di SO<sub>2</sub> simulate dal codice SPRAY su tutto il dominio. I valori massimi delle concentrazioni, in prossimità del porto e in corrispondenza delle zone di stazionamento delle navi, sono di circa 2.4 µg/m<sup>3</sup>. Per confronto, un valore limite di riferimento riguarda la media annuale di 20 µg/m<sup>3</sup>, tuttavia non più in vigore, rispetto alla quale il contributo del porto risulta essere al di sotto. Si nota come per questa specie l'impatto sia più spostato verso il mare ad Ovest del dominio rispetto agli ossidi di azoto, a causa della maggior incidenza delle emissioni delle navi in navigazione rispetto alle fasi di stazionamento e manovra. La Figura 39 mostra il dettaglio dello stesso campo di concentrazioni medie su una superficie di 3 x 3 km<sup>2</sup> nella zona del porto.

La Figura 40 riporta le concentrazioni medie di periodo (24-30 agosto 2019) in prossimità del suolo di PM10 simulate dal codice SPRAY su tutto il dominio. I valori massimi delle concentrazioni, in prossimità del porto e in corrispondenza delle zone di stazionamento delle navi, sono di circa 6.1 µg/m<sup>3</sup>. Il valore limite di riferimento sulla media annuale è di 40 µg/m<sup>3</sup>. La Figura 41 mostra il dettaglio dello stesso campo di concentrazioni medie su una superficie di 3 x 3 km<sup>2</sup> nella zona del porto. I valori massimi risultano localizzati principalmente lungo la linea di costa.





**Figura 36. Concentrazioni medie di periodo (24-30 agosto 2019) di NOx in prossimità del suolo simulate dal codice SPRAY.**



**Figura 37. Dettaglio nella zona del porto delle concentrazioni medie di periodo (24-30 agosto 2019) di NOx in prossimità del suolo simulate dal codice SPRAY.**



**Figura 38. Concentrazioni medie di periodo (24-30 agosto 2019) di SO<sub>2</sub> in prossimità del suolo simulate dal codice SPRAY.**



**Figura 39. Dettaglio nella zona del porto delle concentrazioni medie di periodo (24-30 agosto 2019) di SO<sub>2</sub> in prossimità del suolo simulate dal codice SPRAY.**





**Figura 40. Concentrazioni medie di periodo (24-30 agosto 2019) di PM10 in prossimità del suolo simulate dal codice SPRAY.**



**Figura 41. Dettaglio nella zona del porto delle concentrazioni medie di periodo (24-30 agosto 2019) di PM10 in prossimità del suolo simulate dal codice SPRAY.**

### 5.2.2 Caso invernale

Le simulazioni nel periodo invernale hanno riguardato l'impatto delle attività afferenti al porto nel periodo compreso tra il 10/01/2020 01:00 e il 17/01/2020 00:00. Complessivamente sono stati quindi prodotti 168 campi di concentrazione orari, utilizzati per calcolare i valori medi di periodo delle concentrazioni. I risultati vengono presentati sotto forma di mappe sul territorio della concentrazione al suolo degli inquinanti simulati, ovvero Ossidi di azoto totali (NO<sub>x</sub>), SO<sub>2</sub> e Polveri (componente PM<sub>10</sub>). Tutte gli inquinanti presentano valori di concentrazione media inferiori a quelli estivi, a conseguenza di un traffico navale molto ridotto rispetto al periodo estivo.

La Figura 42 riporta le concentrazioni medie di periodo (10-16 gennaio 2020) in prossimità del suolo di NO<sub>x</sub> simulate dal codice SPRAY su tutto il dominio. I valori massimi delle concentrazioni, in prossimità del porto sono di 19 µg/m<sup>3</sup>. La Figura 43 mostra un dettaglio su una superficie di 3 x 3 km<sup>2</sup> del campo dello stesso campo di concentrazioni.

La Figura 44 riporta le concentrazioni medie di periodo (10-16 gennaio 2020) in prossimità del suolo di SO<sub>2</sub> simulate dal codice SPRAY su tutto il dominio. I valori massimi delle concentrazioni, in prossimità del porto sono di circa 0.9 µg/m<sup>3</sup>. La Figura 45 mostra il dettaglio dello stesso campo di concentrazioni medie su una superficie di 3 x 3 km<sup>2</sup> nella zona del porto.

La Figura 46 riporta le concentrazioni medie di periodo (10-16 gennaio 2020) in prossimità del suolo di PM<sub>10</sub> simulate dal codice SPRAY su tutto il dominio. I valori massimi delle concentrazioni in prossimità del porto sono di circa 1 µg/m<sup>3</sup>. La Figura 47 mostra il dettaglio dello stesso campo di concentrazioni medie su una superficie di 3 x 3 km<sup>2</sup> nella zona del porto. I valori massimi risultano localizzati principalmente lungo la linea di costa.



**Figura 42. Concentrazioni medie di periodo (10-16 gennaio 2020) di NOx in prossimità del suolo simulate dal codice SPRAY.**



**Figura 43. Dettaglio nella zona del porto delle concentrazioni medie di periodo (10-16 gennaio 2020) di NOx in prossimità del suolo simulate dal codice SPRAY.**





**Figura 44. Concentrazioni medie di periodo di SO<sub>2</sub> in prossimità del suolo (10-16 gennaio 2020) simulate dal codice SPRAY.**



**Figura 45. Dettaglio nella zona del porto delle concentrazioni medie di periodo (10-16 gennaio 2020) di SO<sub>2</sub> in prossimità del suolo simulate dal codice SPRAY.**



**Figura 46. Concentrazioni medie di periodo (10-16 gennaio 2020) di PM10 in prossimità del suolo simulate dal codice SPRAY.**



**Figura 47. Dettaglio nella zona del porto delle concentrazioni medie di periodo (10-16 gennaio 2020) di PM10 in prossimità del suolo simulate dal codice SPRAY.**

### 5.2.3 Media annua stimata

Una stima preliminare delle concentrazioni medie annuali è stata effettuata attraverso una media pesata dei campi di concentrazione medi settimanali prodotti da SPRAY nelle due settimane simulate. È stato cioè ipotizzato che il comportamento nei mesi estivi e primaverili (marzo-aprile-maggio-giugno-luglio-agosto) sia coerente con quello della settimana estiva e quello nei mesi autunnali e invernali (gennaio-febbraio-settembre-ottobre-novembre-dicembre) con quello della settimana invernale. Ad ogni mese è stata quindi associata una concentrazione media pesata, tenendo conto del rapporto tra l'emissione nel mese e l'emissione totale annua. In questo modo, nella media annua stimata viene considerata la variabilità emissiva su base mensile.

I risultati saranno in seguito confrontati con la simulazione annuale diretta, che ARIANET sta facendo nell'ambito delle attività finali del progetto PIA relative alla valutazione di scenari emissivi

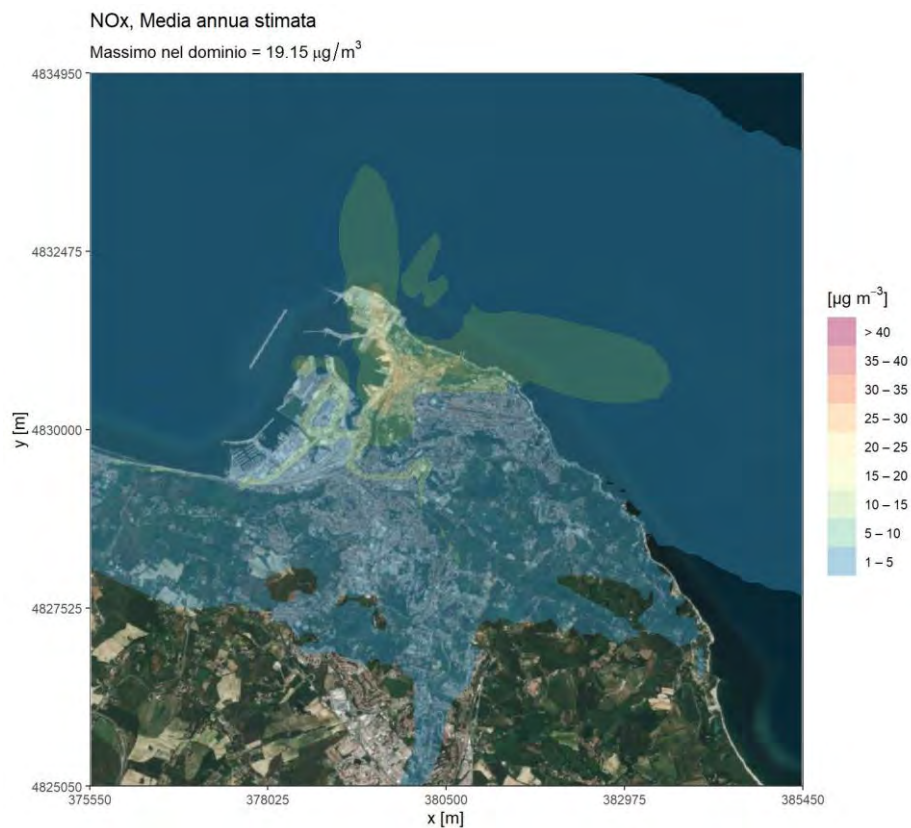
I risultati vengono presentati sotto forma di mappe sul territorio della concentrazione al suolo degli inquinanti simulati, ovvero Ossidi di azoto totali (NO<sub>x</sub>), SO<sub>2</sub> e Polveri (componente PM<sub>10</sub>).

La Figura 48 riporta le concentrazioni medie annue stimate in prossimità del suolo di NO<sub>x</sub> su tutto il dominio. I valori massimi delle concentrazioni, in prossimità del porto e in corrispondenza delle zone di stazionamento delle navi, sono di 20 µg/m<sup>3</sup>. La Figura 49 mostra un dettaglio su una superficie di 3 x 3 km<sup>2</sup> del campo dello stesso campo di concentrazioni, nella zona del porto, che ne mette in evidenza la variabilità spaziale.

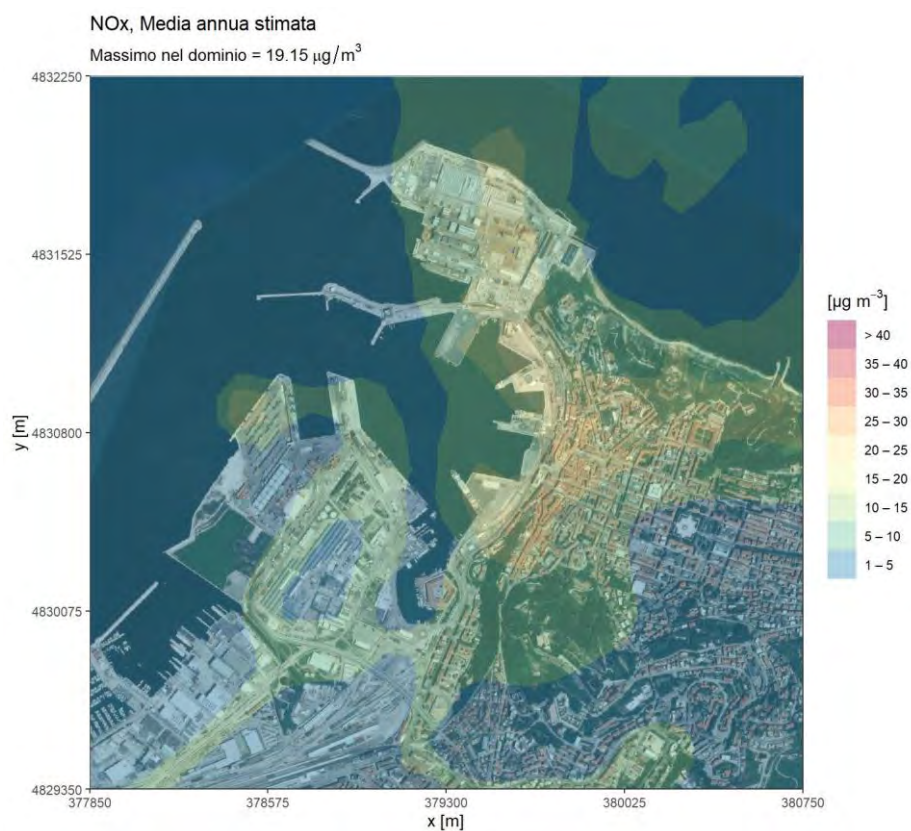
La Figura 50 riporta le concentrazioni medie annue stimate in prossimità del suolo di SO<sub>2</sub> simulate dal codice SPRAY su tutto il dominio. I valori più elevati delle concentrazioni si notano sia in prossimità del porto che più al largo, nella zona di manovra; i valori massimi sono di circa 1.5 µg/m<sup>3</sup>. La Figura 51 mostra il dettaglio dello stesso campo di concentrazioni medie su una superficie di 3 x 3 km<sup>2</sup> nella zona del porto.

La Figura 52 riporta le concentrazioni medie annue stimate in prossimità del suolo di PM<sub>10</sub> su tutto il dominio. I valori massimi delle concentrazioni, in prossimità del porto e in corrispondenza delle zone di stazionamento delle navi, sono di circa 2.3 µg/m<sup>3</sup>. La Figura 53 mostra il dettaglio dello stesso campo di concentrazioni medie su una superficie di 3 x 3 km<sup>2</sup> nella zona del porto. I valori massimi risultano localizzati principalmente lungo la linea di costa.

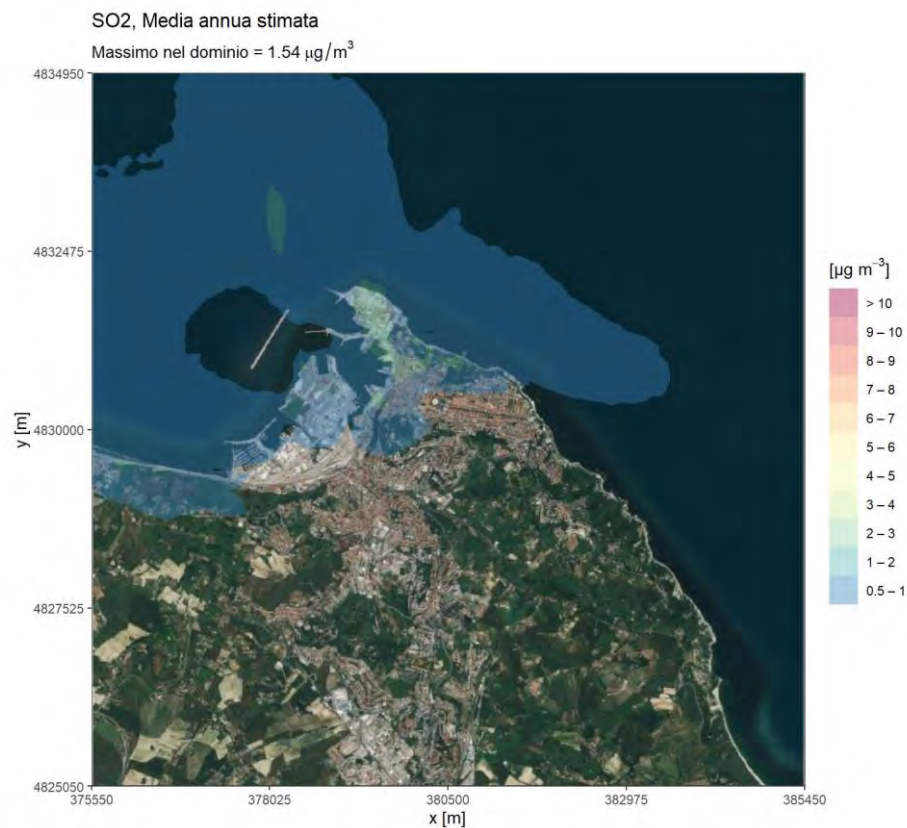




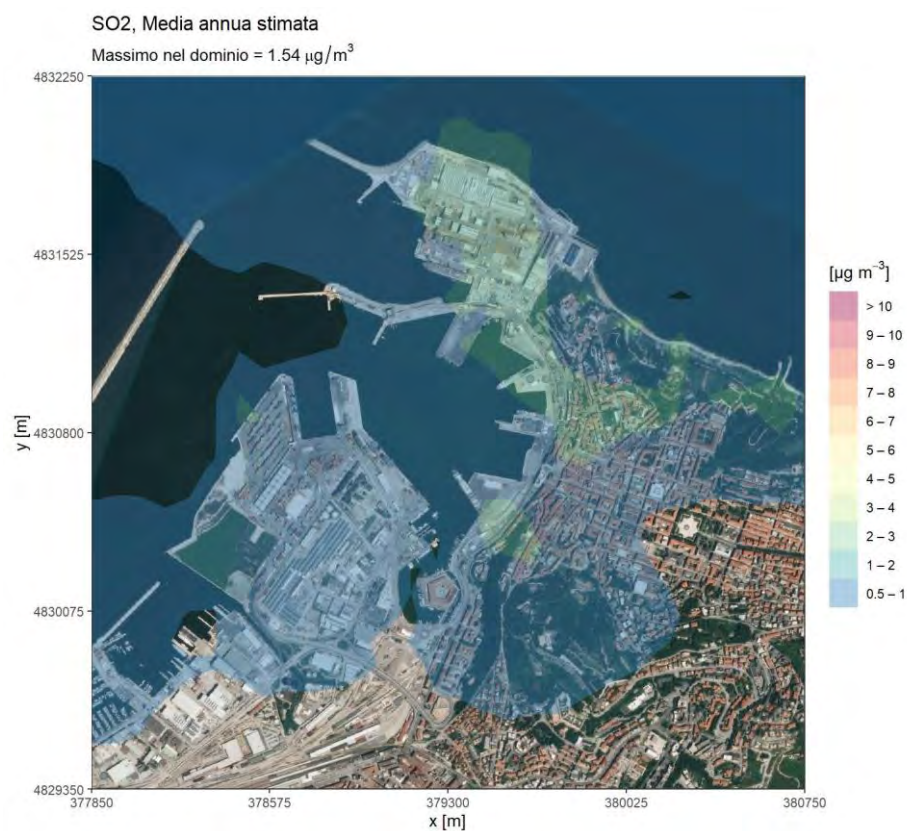
**Figura 48. Concentrazioni medie annuali stimate di NOx in prossimità del suolo.**



**Figura 49. Dettaglio nella zona del porto delle concentrazioni medie annuali stimate di NOx in prossimità del suolo.**

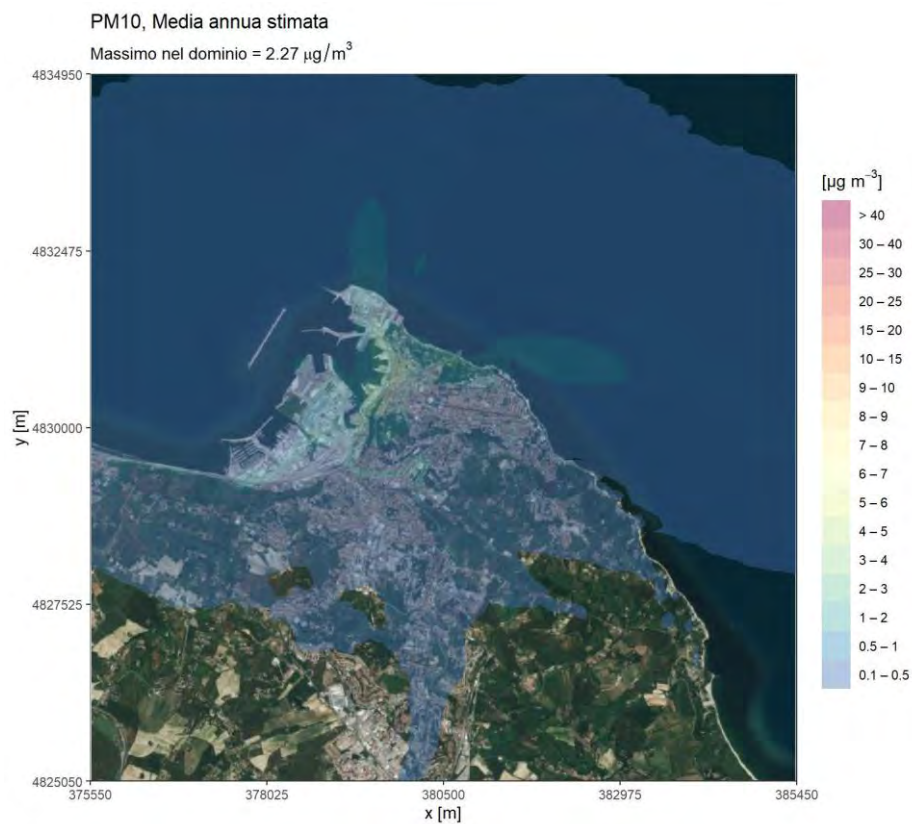


**Figura 50. Concentrazioni medie annuali stimate di SO<sub>2</sub> in prossimità del suolo.**

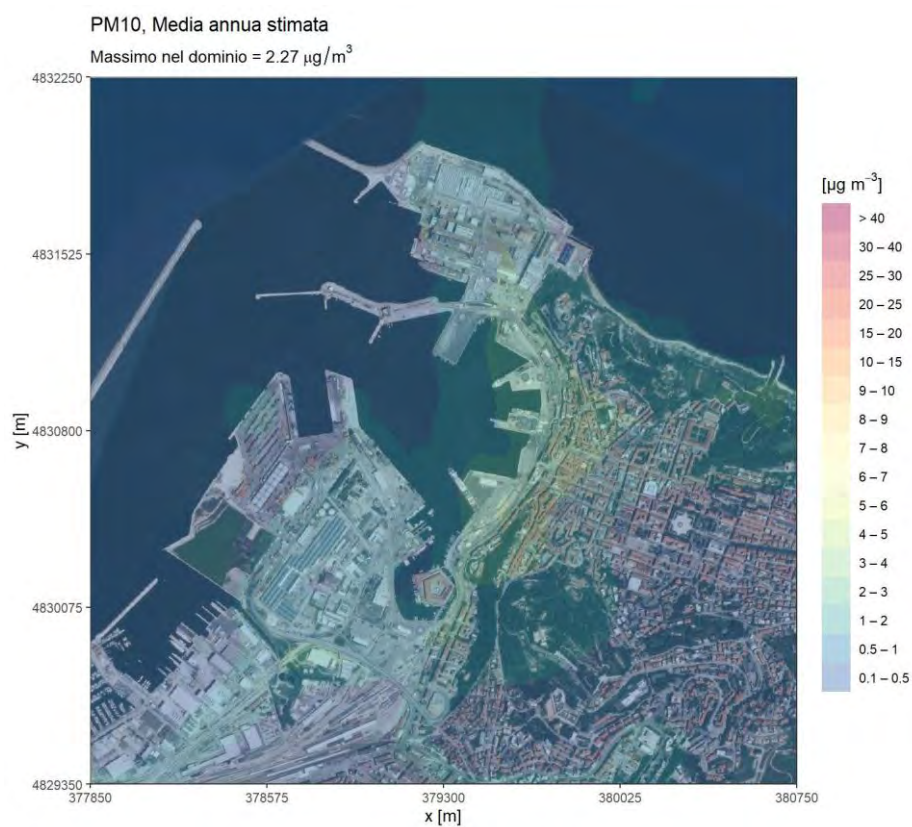


**Figura 51. Dettaglio nella zona del porto delle concentrazioni medie annuali stimate di SO<sub>2</sub> in prossimità del suolo.**





**Figura 52. Concentrazioni medie annuali stimate di PM10 in prossimità del suolo.**



**Figura 53. Dettaglio nella zona del porto delle concentrazioni medie annuali stimate di PM10 in prossimità del suolo.**

## 5.2.4 Simulazione incendio 16 settembre 2020

In occasione dell'incendio avvenuto all'interno del porto di Ancona nella giornata del 16 settembre 2020, è stata inoltre testata la capacità del sistema modellistico di fornire risposte in tempi brevi, allo scopo di identificare le aree di maggior ricaduta dell'incidente avvenuto.

L'incendio di proporzioni evidenti si è originato a partire da circa la mezzanotte perdurando per diverse ore. Le fiamme sono partite intorno alle 00:35 da un capannone, nell'area ex Tubimar dove sono localizzate varie attività, generando una evidente colonna di fumo. L'area portuale e del centro cittadino sono state caratterizzate dalla presenza di fumo e di un odore acre, determinando preoccupazione nella popolazione residente.

Il sistema modellistico è stato quindi testato per verificare la capacità di fornire una risposta in tempi brevi relativamente all'identificazione delle aree di impatto al suolo. Le informazioni ricostruite dal sistema sono state fornite ad ARPA Marche e sono state di aiuto per veicolare in maniera più corretta il posizionamento dei mezzi in grado di effettuare le misure necessarie sul possibile inquinamento. I risultati del modello, su una porzione di territorio relativamente vasta intorno alla posizione dell'evento incidentale, sono in grado di descrivere la distribuzione delle sostanze rilasciate in atmosfera che disperdono in prossimità del suolo attraverso mappe bidimensionali di isoconcentrazione di immediata e facile lettura.

Occorre preventivamente ricordare che, come spesso avviene in situazioni di emergenza, il sistema è stato utilizzato nella stessa giornata durante la quale l'incendio si è sviluppato. In queste condizioni operative, mentre la situazione meteorologica considerata deriva da un modello di previsione consolidato, in grado di fornire un quadro sufficientemente realistico della situazione, le condizioni emissive devono essere ricostruite dalle poche informazioni disponibili e da alcune osservazioni a vista, costituendo il maggior contributo all'incertezza dei risultati, difficilmente riducibile.

### *Condizioni emissive*

Sulla base delle foto disponibili, alcune delle quali scattate durante le ore notturne durante la fase più visibile dell'incendio, è stata identificata la zona nella quale si è sviluppato l'incendio. La zona dove sono evidenti le fiamme è stata messa a confronto con foto aeree posizionate in maniera da rendere riconoscibile una possibile identificazione. La Figura 54 riporta in alto a sinistra una di queste foto e in basso a destra la foto aerea posizionata in maniera utile attraverso elementi riconoscibili della foto dell'incendio, come ad esempio la Mole Vanvitelliana che costituisce un evidente riferimento. La freccia in giallo in figura punta alla zona dove si suppone si sia sviluppato l'incendio, evidente nella foto in alto. È stata quindi meglio circoscritta, mediante una foto aerea di maggiore dettaglio, la zona dell'incendio, come evidenziato in Figura 55 all'interno della zona cerchiata di rosso. Attraverso le notizie rese disponibili principalmente dalla stampa online, che identificano la localizzazione nella zona portuale dell'ex azienda Tubimar, è stata quindi tracciata l'ipotesi della zona di origine e sviluppo dell'incendio, identificata in Figura 56 dalle due aree all'interno dei rettangoli rossi. L'informazione è stata validata attraverso un contatto diretto con i tecnici di ARPA Marche che hanno confermato la scelta. Complessivamente, l'area ricopre una zona di capannoni di 160 x 230 m<sup>2</sup>, alti circa 8 m. Queste informazioni vengono quindi utilizzate per caratterizzare la geometria della sorgente nel sistema modellistico. È stato quindi necessario fare alcune ulteriori ipotesi di massima relative alle caratteristiche dell'incendio.





Figura 54. Esempio di foto disponibile sull'incendio e foto aerea di riferimento



Figura 55. Foto aerea di maggior dettaglio della zona dell'incendio identificata



**Figura 56. Area di sviluppo dell'incendio, identificata dalle zone interne ai due rettangoli in rosso**

Per poter dimensionare i parametri di risalita termica dei fumi caldi dell'incendio, è stato ipotizzato che, per tutta la sua durata siano bruciati, all'interno dei due capannoni del volume complessivo di circa 160000 m<sup>3</sup>, materiali plastici per un volume totale occupato di circa 1 %, pari a 1600 m<sup>3</sup>, con una densità di 1.3 kg/dm<sup>3</sup> e un potere calorifico di 40 MJ/kg.

È stata quindi ipotizzata per l'incendio una durata di 24 ore, durante le quali la potenza e la superficie interessata hanno avuto una decrescita nel tempo lineare fino all'estinzione.

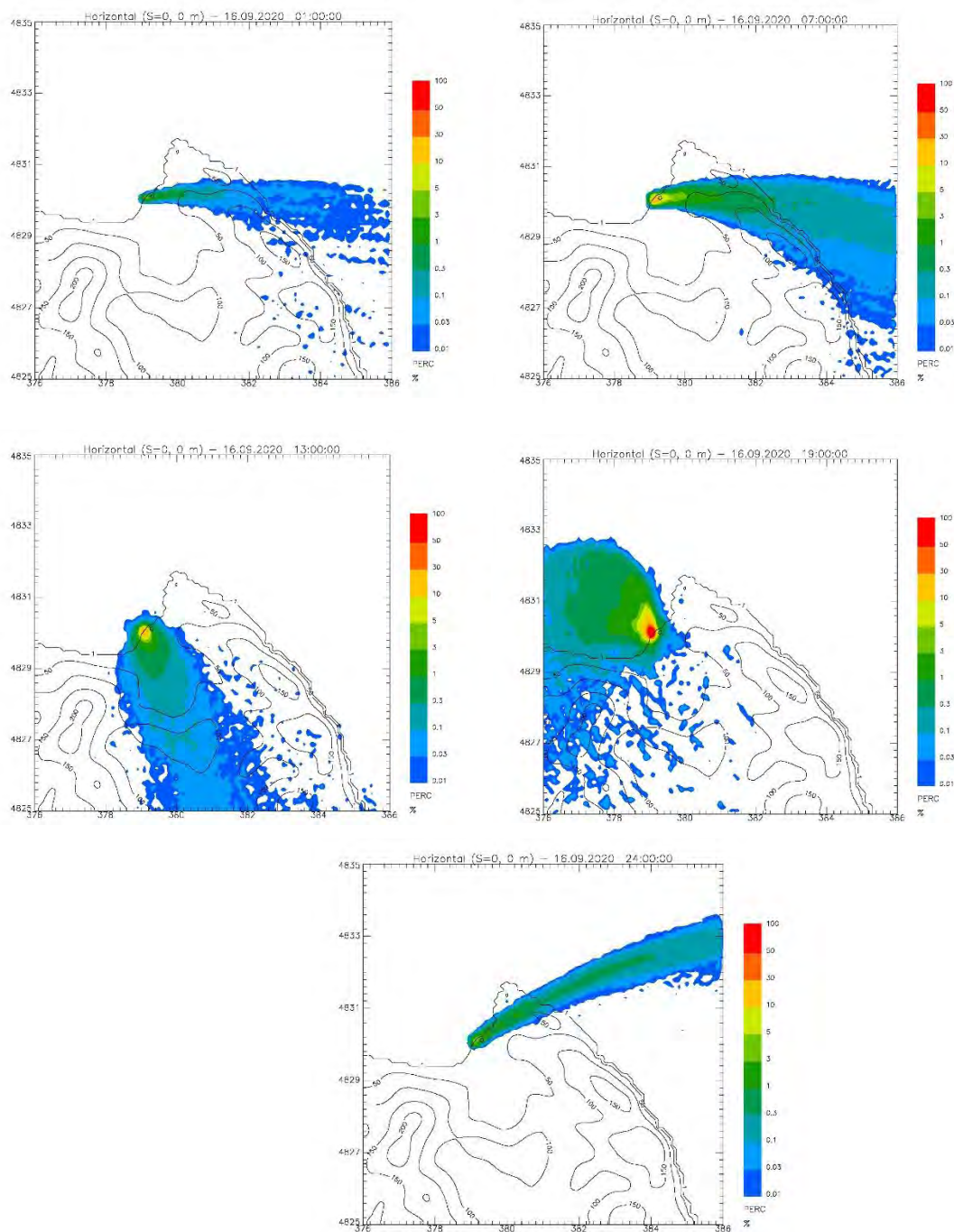
Si è inoltre ipotizzata la presenza, all'interno dell'incendio, di una frazione relativamente fredda che non contribuisce alla risalita dei fumi, impattando direttamente il suolo. Questa porzione è stata considerata variabile nel tempo con valori minimi all'inizio (1%) quando lo sviluppo del fuoco risulta più imponente e ancora l'intervento dei Vigili del Fuoco non è ancora avvenuto e valori più elevati alla fine (50%) quando l'incendio risulta essere quasi estinto.

Non conoscendo l'esatta composizione delle sostanze bruciate, la simulazione è stata effettuata ipotizzando un'emissione nella quale il flusso risulta inizialmente normalizzato ad 1 ed in seguito riscalato ora per ora sulla base del rapporto della quantità bruciata nell'unità di tempo rispetto a quella bruciata inizialmente. L'impatto in termini di concentrazioni al suolo è stato quindi calcolato in percentuale rispetto al valore massimo nel dominio di calcolo, per consentire una rapida visualizzazione delle aree di maggiore impatto e della sua variabilità spaziale.

La simulazione è stata condotta utilizzando una catena specifica derivata da quella standard del sistema di previsione Lagrangiana di qualità dell'aria, con la quale condivide le dimensioni del dominio di calcolo illustrati in Figura 31 e in Figura 32 e la medesima risoluzione orizzontale. La simulazione ha utilizzato la previsione meteorologica derivata dagli output del sistema di modelli WRF/Swift/SurfPro e la stima emissiva calcolata ad hoc secondo i principi illustrati in precedenza, considerando una durata di 24 ore a partire dalle 00:00 del giorno 16/9/2020 fino alle ore 16:00 del giorno 17/9/2020. A titolo di esempio, in Figura 57 vengono riportate le mappe orarie dei valori percentuali di impatto rispetto al massimo assoluto del dominio (riferite al massimo impatto orario



nelle 24 ore) alle 01:00, 07:00, 13:00, 19:00 e 24:00 del 16/9/2020, che mostrano la rotazione dell'impatto che segue quella del flusso atmosferico e i valori più elevati al suolo intorno alle 19:00.

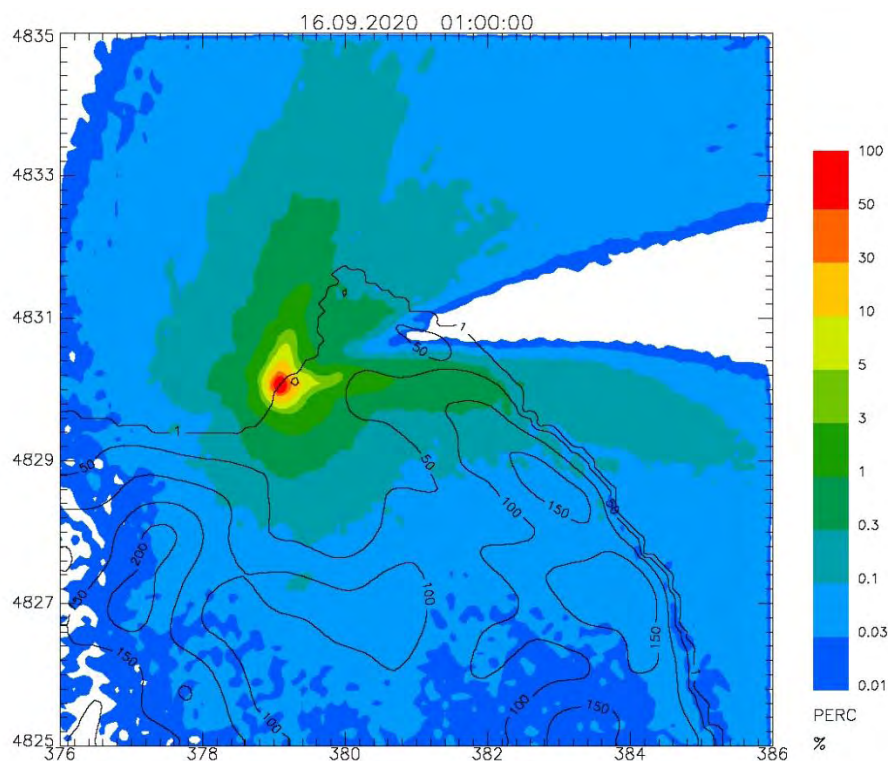


**Figura 57. Campi orari dell'impatto percentuale al suolo rispetto all'impatto massimo orario nelle 24 ore. Valori alle ore 01:00 e 07:00 (in alto), 13:00 e 19:00 (intermedi) e alle 24:00 del 16/9/2020 (in basso)**

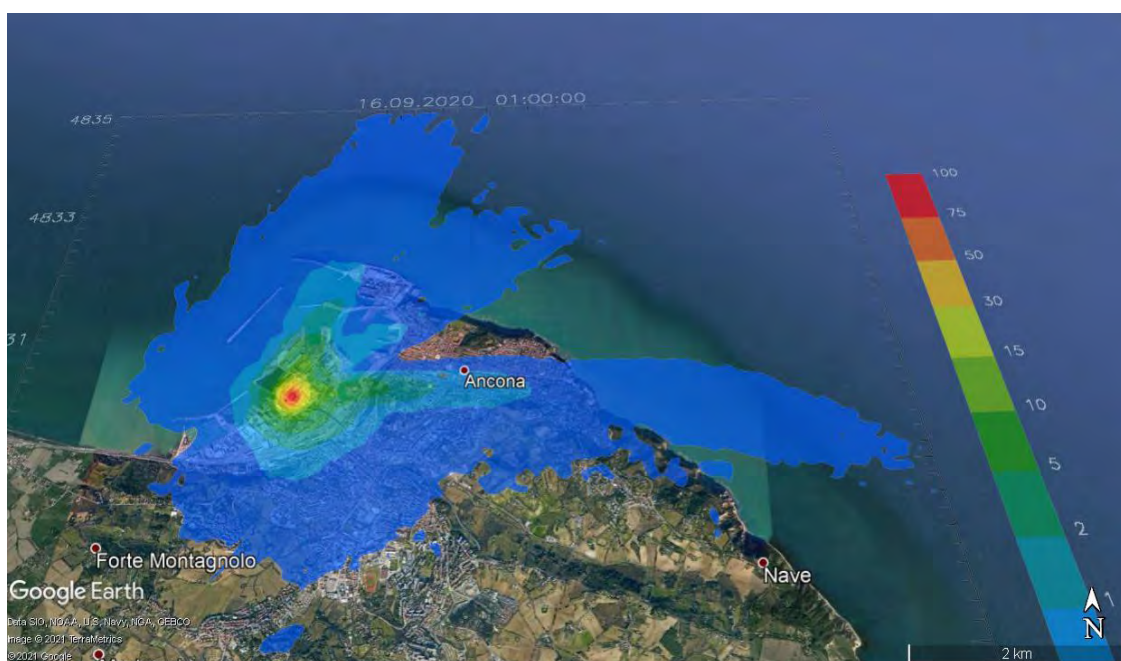
La Figura 58 mostra invece la mappa percentuale dell'impatto medio giornaliero, rapportato al massimo delle medie giornaliere di concentrazione calcolate, che fornisce una visualizzazione complessiva delle principali zone di impatto al suolo dell'incendio durante l'intero sviluppo ipotizzato. La Figura 59 riporta lo stesso campo di concentrazione visualizzato in sovrapposizione con la foto

aerea locale, che consente una visualizzazione dell'impatto sovrapposta alla distribuzione delle aree abitate.

I risultati delle simulazioni sono stati consegnati ad ARPA Marche già durante la giornata del 17/9/2020 che li ha analizzati ed utilizzati come ausilio alle proprie attività di monitoraggio.



**Figura 58. Campo della media giornaliera di impatto percentuale al suolo rispetto alla concentrazione massima delle medie giornaliere.**



**Figura 59. Campo della media giornaliera di impatto percentuale al suolo rispetto alla concentrazione massima delle medie giornaliere. Sovrapposizione con foto aerea locale.**

## 6 Sistema previsionale

Le due catene modellistiche descritte nei capitoli precedenti sono state configurate per poter essere automaticamente eseguite su base giornaliera in modalità previsionale. Il software di gestione e controllo F-Air, esegue le operazioni:

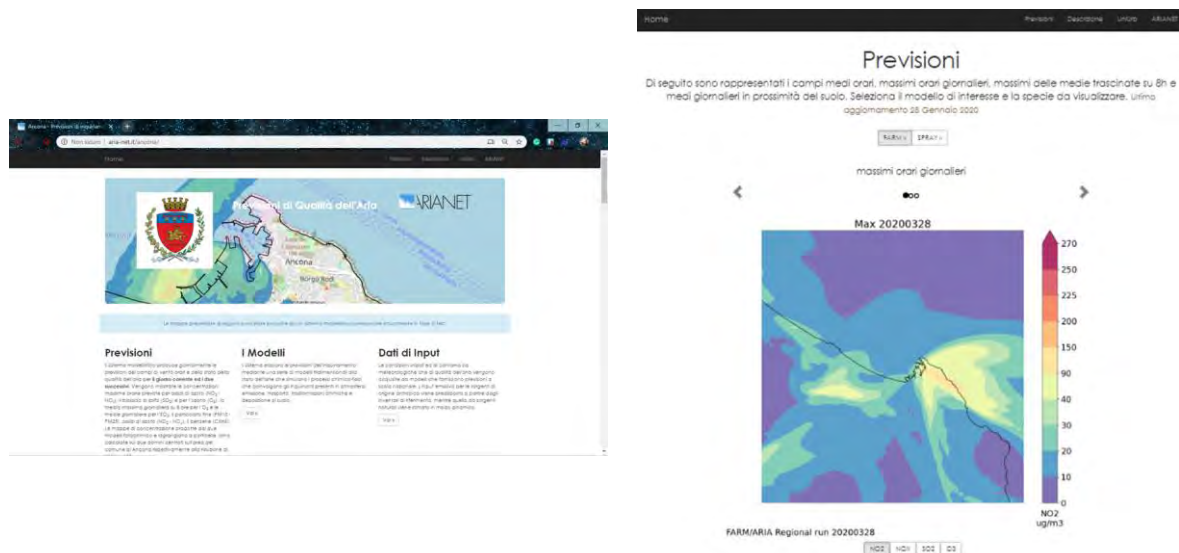
- Acquisizione automatica dei dati di input, campi meteorologici sinottici modello NCEP-GFS, condizioni iniziali e al contorno di qualità dell'aria dal modello QualeAria.
- Esecuzione delle due catene modellistiche
- Esecuzione dei moduli di post-processing per la creazione di mappe di concentrazione e statistiche sui vari inquinanti.
- Pubblicazione dei risultati sul sito web e nelle aree condivise.

Le mappe previsionali quotidiane di qualità dell'aria, per il giorno in corso e per i 2 giorni successivi, vengono attualmente pubblicate all'indirizzo web <http://marche.aria-net.it/ancona><sup>1</sup>:

- catena Euleriana: media giornaliera di PM10, PM2.5, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, C6H6, massimo giornaliero della media oraria di NO<sub>2</sub> e SO<sub>2</sub>, massimo giornaliero della media trascinata su 8 ore di O<sub>3</sub> e media oraria dei campi di direzione e velocità del vento.
- catena Lagrangiana: media giornaliera di PM10, PM2.5, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, C6H6, massimo giornaliero della media oraria di NO<sub>x</sub> e SO<sub>2</sub> e media oraria dei campi di direzione e velocità del vento.

Per completare il set di risultati disponibili, operativamente la procedura produce dei file binari in formato netCDF georeferenziati per le specie normate e per le statistiche di riferimento. In particolare sono disponibili sul server di calcolo di Regione Marche all'indirizzo locale **10.101.10.79** al seguente percorso: **/mnt/disk3/home/alessio\_dallura/ancona** i file contenenti le seguenti statistiche per il modello Euleriano:

<sup>1</sup> Layout del sito web per la pubblicazione dei risultati dei due sistemi modellistici: sono presenti i pulsanti per visualizzare le elaborazioni dei modelli FARM (dominio 30 km x 30 km<sup>2</sup>) e SPRAY (dominio 10 km x 10 km<sup>2</sup>), le frecce < > per scorrere le previsioni sui tre giorni, i pulsanti per la scelta degli inquinanti.



- PM10 media giornaliera;
- PM25 media giornaliera;
- NO<sub>2</sub> media giornaliera;
- SO<sub>2</sub> media giornaliera;
- NO<sub>2</sub> massimo giornaliero;
- SO<sub>2</sub> massimo giornaliero;.
- O<sub>3</sub> massimo della media trascinata su 8 ore;

e le seguenti statistiche per il modello Lagrangiano:

- PM10 media giornaliera;
- PM25 media giornaliera;
- SO<sub>2</sub> media giornaliera;
- NO<sub>x</sub> massimo giornaliero;
- SO<sub>2</sub> massimo giornaliero;
- C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> media giornaliera.;

I file sono nominati in modo da rappresentare il loro contenuto secondo la seguente struttura:

*{nome modello}\_conc\_{dominio di calcolo}\_{data}.{statistica}.{specie chimica}.nc*

dove *nome modello*: FARM, SPRAY; *dominio di calcolo*: g4 (dominio comunale) e g5 (dominio locale); *statistica*: AVG media, MAX massimo, RAVG8 massimo della media trascinata su 8 ore.

Una copia statica del sito è disponibile sul server di Regione Marche all'indirizzo locale **10.101.10.79** al seguente percorso:

**/mnt/disk3/home/alessio\_dallura/archives/model/sitoweb/sito.tgz.**



## 7 Valutazione annuale

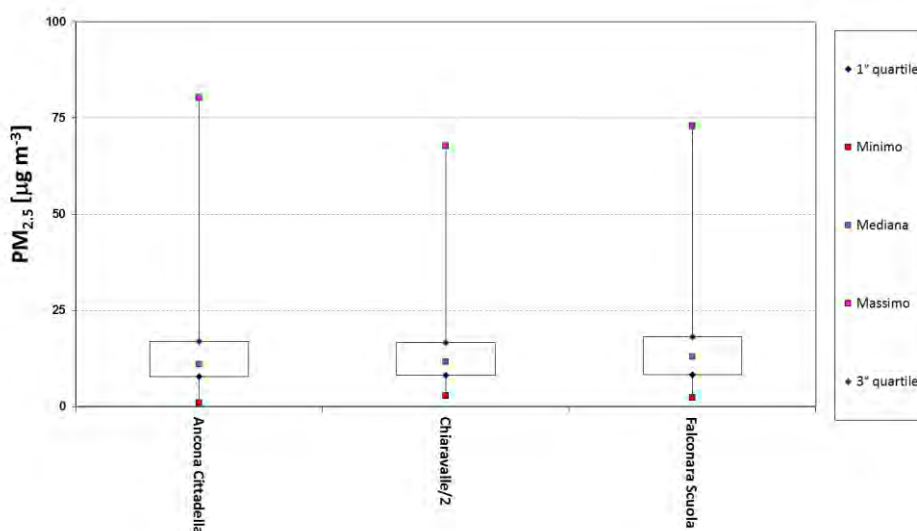
### 7.1 Analisi dati della rete di monitoraggio ARPAM

Nella tabella seguente è riportato l'elenco delle stazioni di rilevamento della qualità dell'aria presenti nel dominio comunale, suddivise per zona (Rurale/Suburbana/Urbana) e tipo (Fondo/Industriale/Traffico).

**Tabella 13. Stazioni di rilevamento della qualità dell'aria suddivise per zona (Rurale/Suburbana/Urbana) e tipo (Fondo/Industriale/Traffico).**

Stazione di monit.	TIPO ZONA	TIPO STAZIONE	TIPO	X (UTM33, m)	Y (UTM33, m)	Z (m s.l.m.)
Ancona Cittadella	Urbana	Background	UB	379903	4830091	103
Ancona FFSS	Urbana	Background	UB	378323	4829209	6
Chiaravalle/2	Suburbana	Background	SB	366276	4828920	24
Falconara Acquedotto	Suburbana	Industriale	SI	368764	4833091	6
Falconara Alta	Suburbana	Industriale	SI	370384	4831549	101
Falconara Scuola	Suburbana	Industriale	SI	370041	4832650	6

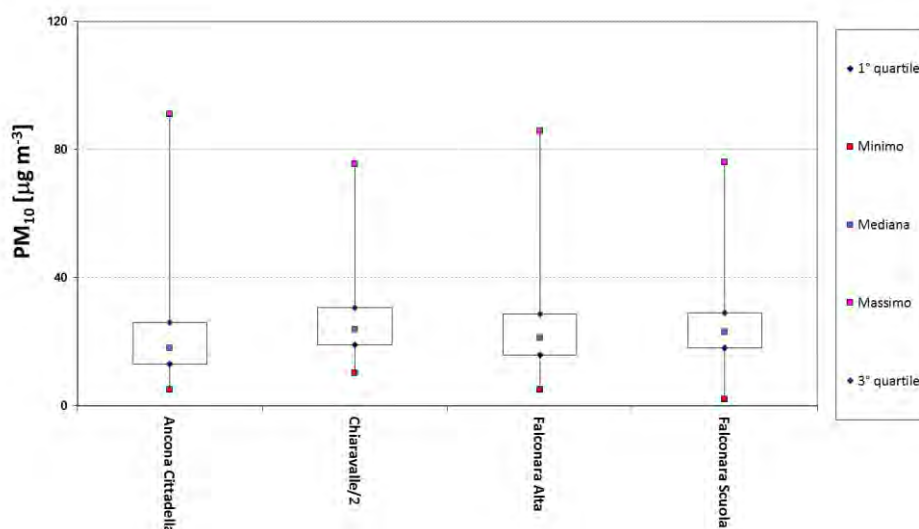
Di seguito sono riportati i grafici "box-plot" (caratteristiche salienti della distribuzione di un campione ottenuto a partire da: minimo, 1° quartile (Q1), mediana, 3° quartile (Q3), massimo) relativi ai seguenti inquinanti: PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub> ed O<sub>3</sub> limitatamente alle stazioni per le quali la disponibilità dei dati, relativamente al periodo scelto (9 marzo 2019 – 8 marzo 2020), è superiore al 75%.



Stazione	Ancona Cittadella	Chiaravalle/2	Falconara Scuola
Disponibilità dati	89.32%	96.71%	95.89%
Minimo	1.0	2.7	2.3
1° quartile	7.7	8.1	8.3
Mediana	11.0	11.6	12.9
3° quartile	17.0	16.6	18.1
Massimo	80.2	67.8	72.9
Media	14.0	14.4	15.4

**Figura 60. Box-plot e tabella relativa alle concentrazioni medie giornaliere di PM<sub>2.5</sub> rilevate dalla rete regionale di qualità dell'aria.**

L'esame dei grafici in Figura 60 e Figura 61, relativi alle concentrazioni medie giornaliere di  $PM_{2.5}$  e  $PM_{10}$  evidenziano livelli paragonabili ed inferiori al limite di legge relativamente alle concentrazioni medie annuali ( $25$  e  $40 \mu g m^{-3}$  rispettivamente).

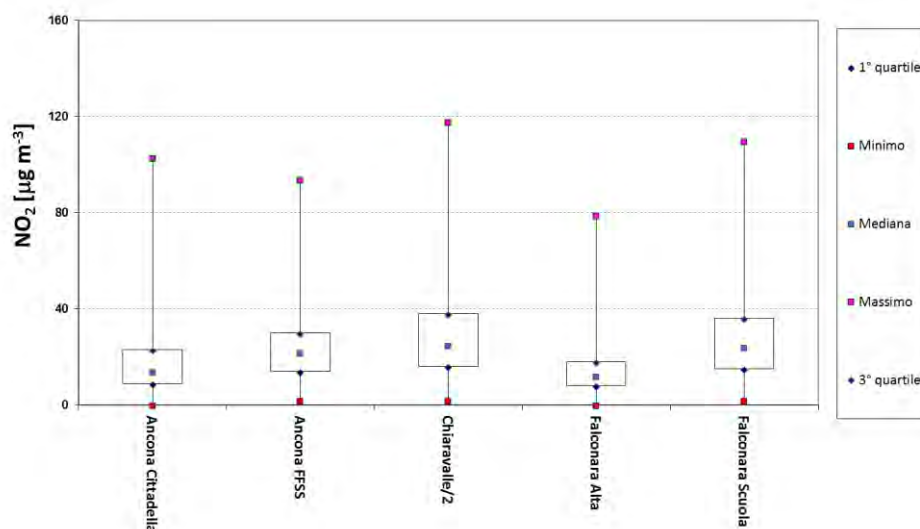


**Figura 61. Box-plot e tabella relativa alle concentrazioni medie giornaliere di  $PM_{10}$  rilevate dalla rete regionale di qualità dell'aria.**

Nella Figura 56 sono riportati i grafici "box-plot" relativi alle concentrazioni medie orarie di  $NO_2$ . I valori più elevati relativamente al 3° quartile (75° percentile) si registrano nelle stazioni di Chiaravalle (Fondo-urbana) e Falconara Scuola (Industriale-Suburbana).

Nella Figura 57 sono riportati i grafici "box-plot" relativi alle concentrazioni medie orarie di  $O_3$ . I valori più elevati relativamente al 3° quartile si registrano nelle stazioni di Falconara Alta e Ancona Cittadella che, rispetto alle altre stazioni, sono poste a quote superiori (circa 100 m) e presentano valori inferiori per il 75° percentile del biossido di azoto.





Stazione	Ancona Cittadella	Ancona FFSS	Chiaravalle/2	Falconara Alta	Falconara Scuola
Disponibilità dati	87.71%	89.09%	94.73%	92.79%	97.52%
Minimo	0.0	2.0	2.0	0.0	2.0
1° quartile	9.0	14.0	16.0	8.0	15.0
Mediana	14.0	22.0	25.0	12.0	24.0
3° quartile	23.0	30.0	38.0	18.0	36.0
Massimo	103.0	94.0	118.0	79.0	110.0
Media	17.7	23.1	28.5	14.8	27.1

Figura 62. Box-plot e tabella relativa alle concentrazioni medie orarie di NO<sub>2</sub> rilevate dalla rete regionale di qualità dell'aria.

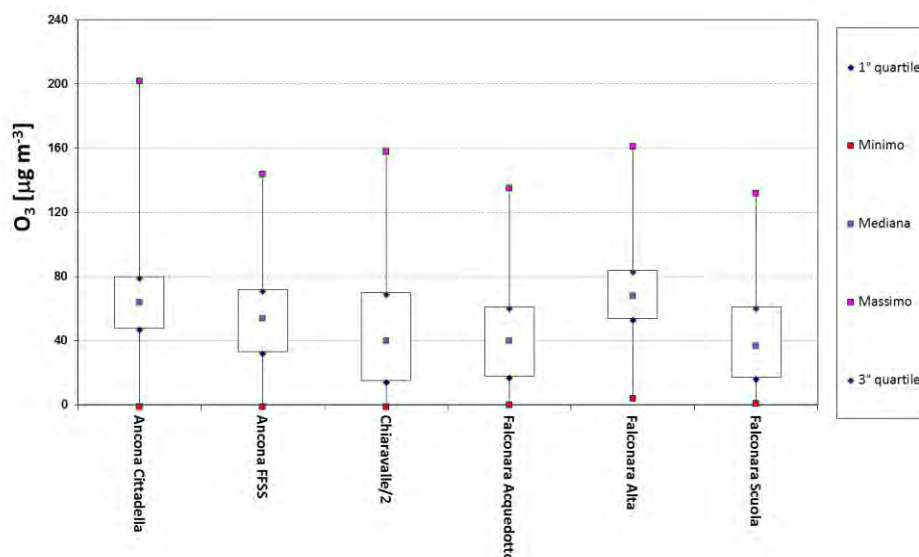


Figura 63. Box-plot e tabella relativa alle concentrazioni medie orarie di O3 rilevate dalla rete regionale di qualità dell'aria.

## 7.2 Simulazione annuale prima versione.

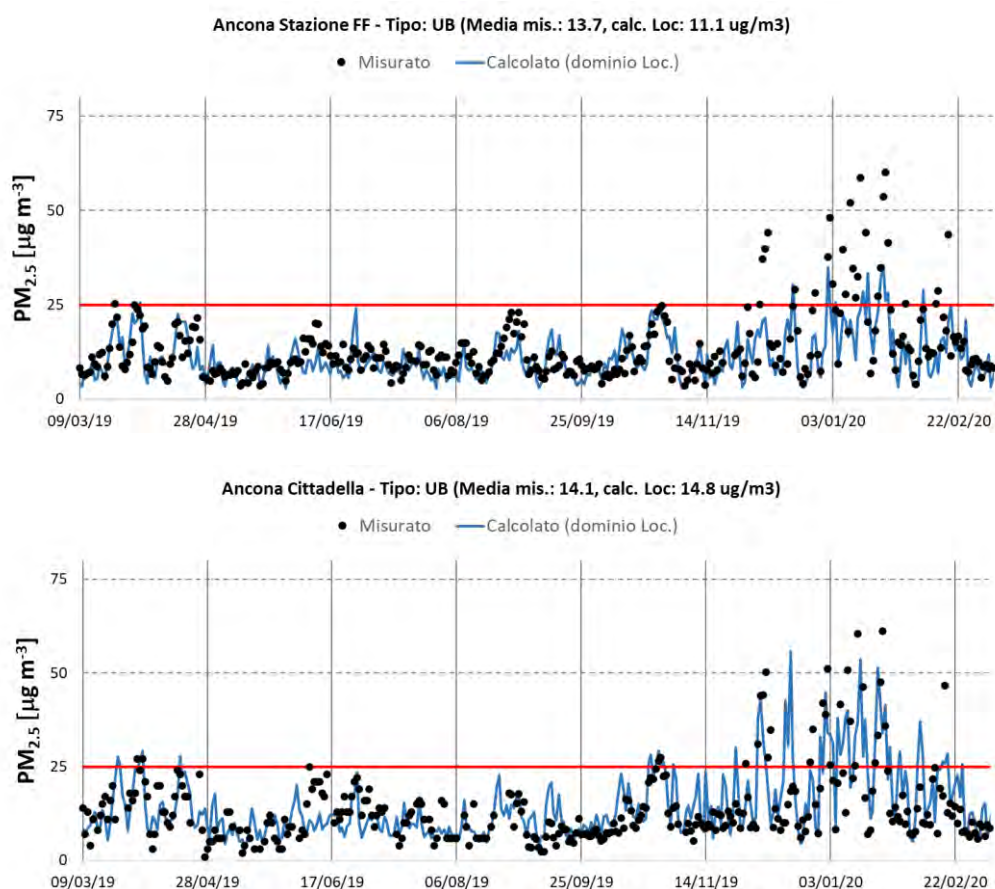
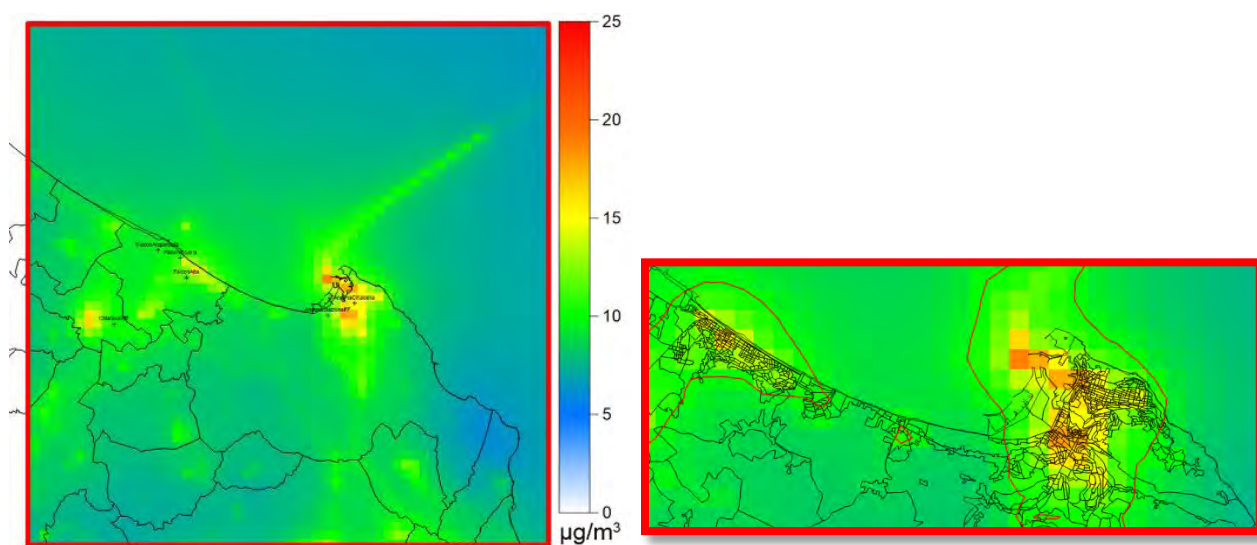
Per poter disporre di un intero anno di dati per il sistema modellistico Euleriano (FARM) è stata eseguita una simulazione off-line per il periodo 9 marzo 2019 – 8 marzo 2020 escludendo così l'anomalia dovuta al lock-down in seguito alla pandemia di COVID-19.

Alla fine del 2020 non era disponibile un server di calcolo dedicato a questa specifica attività e per evitare potenziali conflitti con il sistema operativo previsionale, funzionante in continuo e in tempo reale sul server regionale dedicato, i run sono stati eseguiti a carico di ARIANET su server localizzati su piattaforme di cloud computing in particolare AWS EC2.

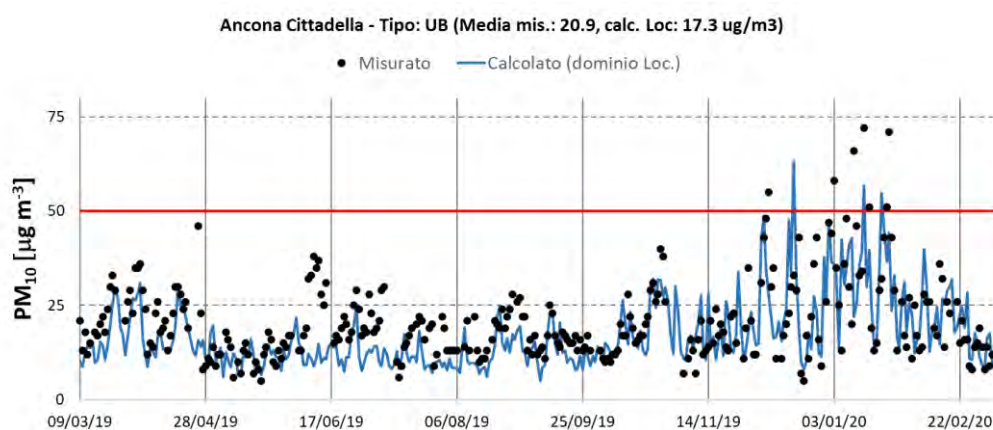
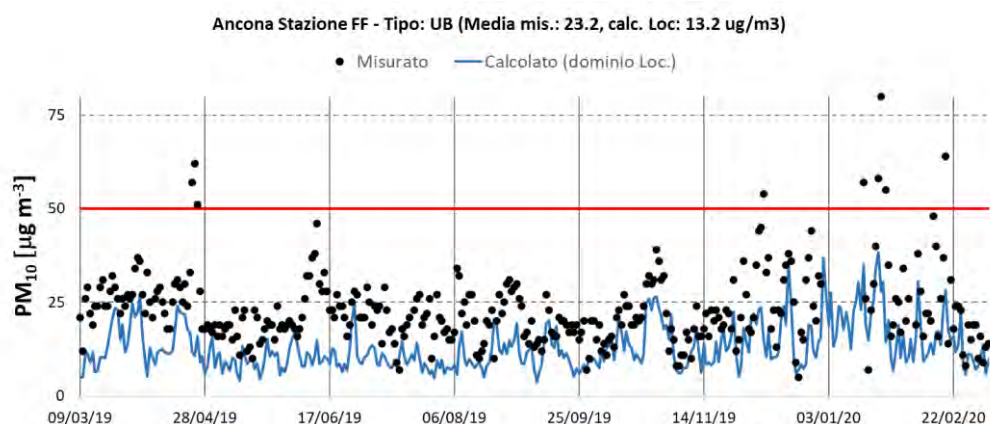
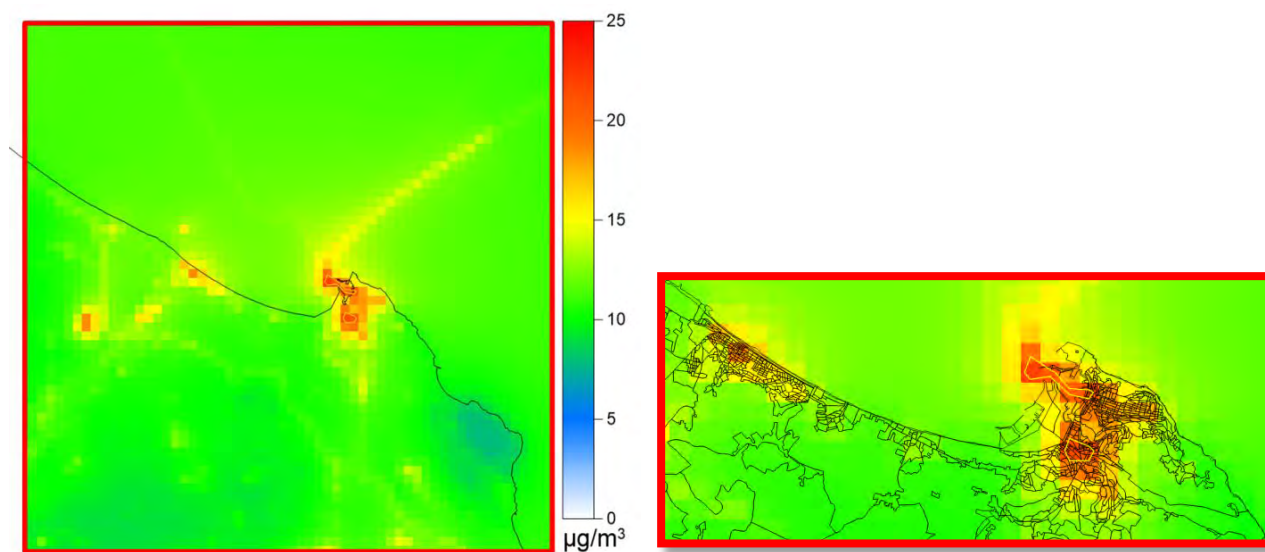
Il set-up modellistico è stato assunto analogo a quello operativo descritto in precedenza al capitolo 4 e le simulazioni sono state gestite con il sistema F-Air.

L'inventario delle emissioni implementato è quello descritto al capitolo 3.

I risultati della simulazione, identificata in questo documento come simulazione "base", sono stati presentati in forma preliminare il giorno 8 febbraio 2021, durante la seduta della Commissione consiliare del Comune di Ancona. Nelle figure seguenti sono sintetizzati alcuni risultati della modellazione "base".

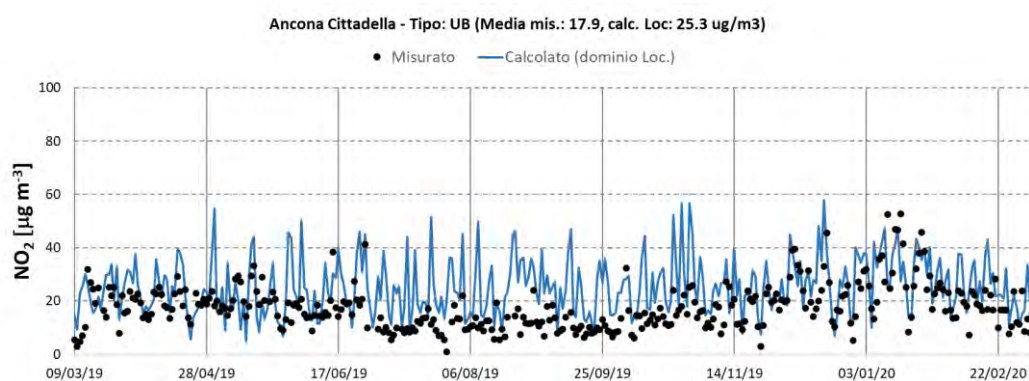
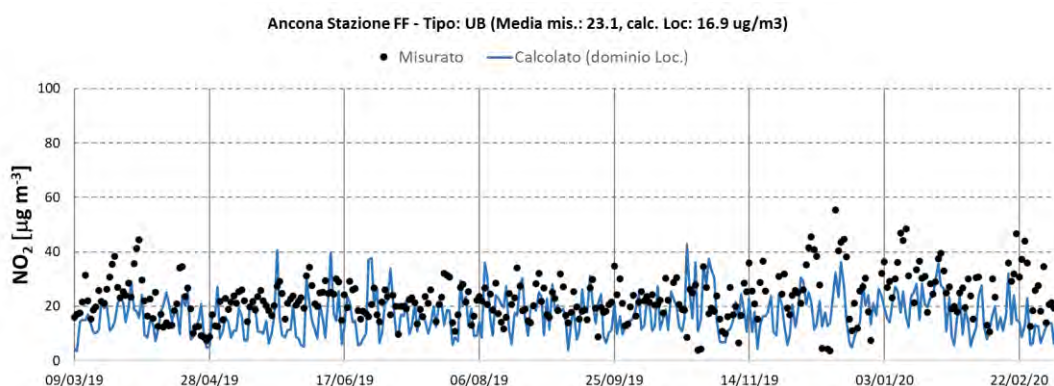
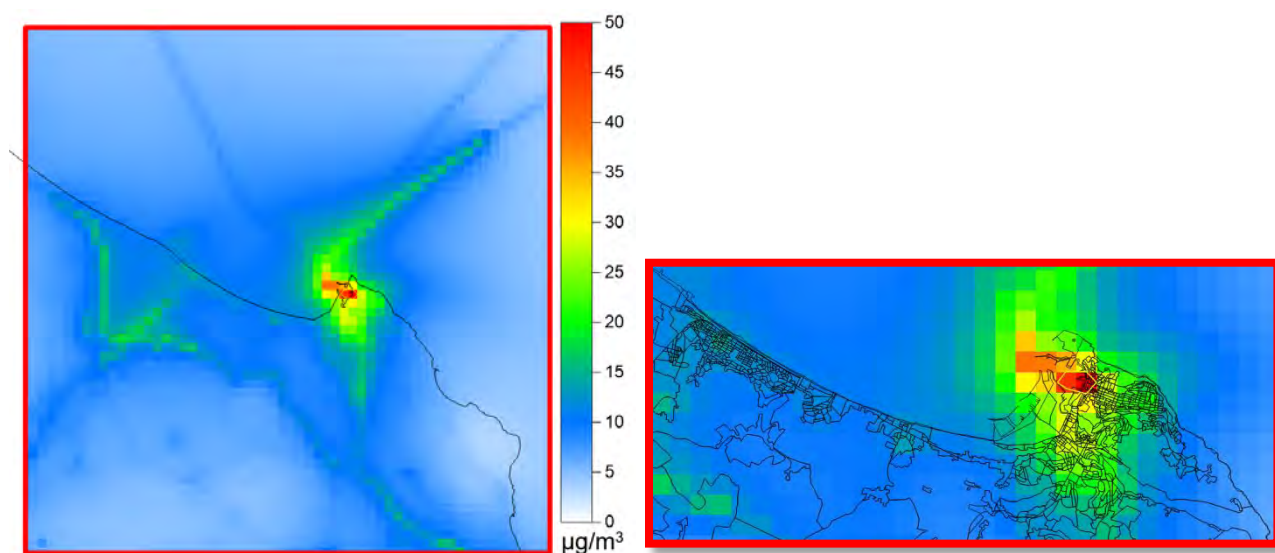


**Figura 64. Concentrazione media di periodo 9/3/2019-8/3/2020 di PM<sub>2.5</sub> (µg/m<sup>3</sup>) del caso base sul dominio di calcolo (in alto a sinistra) e zoom su Ancona (in alto a destra) - Andamenti delle medie giornaliere (misurate e calcolate) per le postazioni di Ancona Stazione FF e Ancona Cittadella; la linea rossa rappresenta il limite legislativo attuale riferito alla media annuale.**



**Figura 65. Concentrazione media di periodo 9/3/2019-8/3/2020 di PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) del caso base sul dominio di calcolo (in alto a sinistra) e zoom su Ancona (in alto a destra) - Andamenti delle medie giornaliere (misurate e calcolate) per le postazioni di Ancona Stazione FF e Ancona Cittadella; la linea rossa rappresenta il limite legislativo attuale riferito al 90.4 percentile delle medie giornaliere.**





**Figura 66. Concentrazione media di periodo 9/3/2019-8/3/2020 di  $\text{NO}_2$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) del caso base sul dominio di calcolo (in alto a sinistra) e zoom su Ancona (in alto a destra) - Andamenti delle medie giornaliere (misurate e calcolate) per le postazioni di Ancona Stazione FF e Ancona Cittadella.**



Le concentrazioni modellate hanno mostrato un buon accordo con i dati delle centraline di monitoraggio per i valori di PM<sub>2.5</sub>, mentre per NO<sub>2</sub> e PM<sub>10</sub> sono emerse alcune criticità.

Per il PM<sub>10</sub> in tutte le stazioni confrontate con il modello si è evidenziata una sottostima delle concentrazioni calcolate, ovvero della frazione coarse del particolato.

Per NO<sub>2</sub> è emersa una significativa sovrastima delle concentrazioni misurate in corrispondenza della centralina di Ancona Cittadella, in particolare nei mesi estivi, mentre nelle altre stazioni le concentrazioni misurate vengono riprodotte bene o sottostimate dal modello.

La rappresentatività spaziale del modello di dispersione FARM, ovvero la risoluzione di 500m, non può risolvere situazioni di estrema vicinanza alla sorgente e non descrive in modo abbastanza accurato l'orografia che caratterizza l'area urbana di Ancona. Analogamente anche la descrizione verticale della dispersione dei pennacchi emessi dai camini delle navi potrebbe non essere abbastanza accurata data la complessità orografica.

In accordo con i responsabili del progetto PIA, si è deciso di approfondire lo studio, indagando le cause dei diversi comportamenti ed effettuando test per verificare le risposte del modello ad alcune variabili meteorologiche ed emissive.

### **7.3 Contributo delle polveri desertiche alle concentrazioni di PM<sub>10</sub>**

La prima indagine si è concentrata sulla sottostima del PM<sub>10</sub> che in parte è da attribuire alla presenza di eventi di intrusione di polvere desertica di cui il modello non tiene conto; questo è ben evidenziato dal grafico di Figura 65 dove sono evidenti alcuni episodi estivi di alte concentrazioni di PM<sub>10</sub> senza rialzi nel PM<sub>2.5</sub>.

Il contributo alle concentrazioni di PM<sub>10</sub> dovuto all'avvezione di polveri di origine desertica può essere stimato dai risultati di modelli a scala globale o ad area limitata, il cui dominio di calcolo sia di dimensione sufficiente ad includere le aree desertiche in grado di generare flussi di polveri che possano raggiungere l'area europea con livelli di concentrazione significativa.

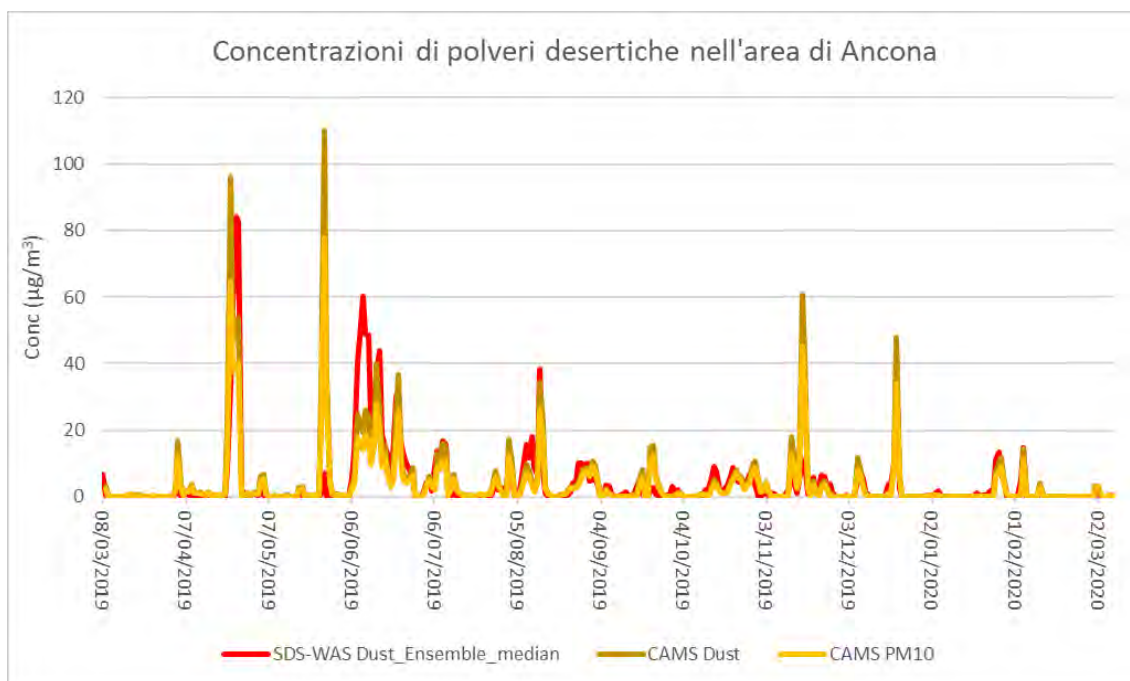
Sono stati presi in considerazione a questo scopo le informazioni rese disponibili dal "WMO Sand and Dust Storm Warning Advisory and Assessment System" (SDS-WAS; <https://sds-was.aemet.es/>) e dalle reanalisi globali della composizione atmosferica prodotte dal servizio CAMS/Copernicus e distribuite attraverso l'Atmosphere Data Store (<https://ads.atmosphere.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/cams-global-reanalysis-eac4>).

Il centro regionale per Nord Africa, Europa e Medio Oriente del SDS-WAS utilizza un *Ensemble* di 11 modelli, i cui risultati sono post elaborati su di una griglia di calcolo di risoluzione 0.5 gradi e con passo temporale di 3 ore. Il sistema mette a disposizione valori di concentrazione di polveri totali e per l'analisi effettuata si è utilizzata la cosiddetta "ensemble median", cioè il valore mediano dei risultati dei diversi modelli. Esperienze pregresse hanno dimostrato che questo parametro fornisce usualmente risultati migliori di quelli ottenuti dai singoli modelli quando confrontato con le osservazioni.

Le reanalisi CAMS forniscono risultati per le concentrazioni di polveri relative alle tre seguenti classi granulometriche, espresse in termini di mixing ratio (kg kg<sup>-1</sup>):

1. Dust aerosol (0.03 - 0.55  $\mu\text{m}$ )
2. Dust aerosol (0.55 - 0.9  $\mu\text{m}$ )
3. Dust aerosol (0.9 - 20  $\mu\text{m}$ )

A partire dalle quali è possibile stimare le concentrazioni di PM10 (classe 1 + classe 2 + 0.4 \* classe 3) secondo le indicazioni fornite da ECMWF (<https://confluence.ecmwf.int/display/CUSF/PM10+and+PM25+global+products>). I campi di concentrazione sono distribuiti su di una griglia di risoluzione 0.75 gradi, con frequenza temporale tri-oraria. La stima delle concentrazioni di polveri totali e PM10 sull'area di Ancona fornita dai due sistemi modellistici considerati per il periodo di interesse è illustrata in Figura 67.



**Figura 67. Confronto fra le concentrazioni medie giornaliere di polveri totali e di PM10 di origine desertica stimate dall'ensemble di modelli SDS-WAS e dalle reanalisi della composizione atmosferica del servizio CAMS/Copernicus sull'area di Ancona.**

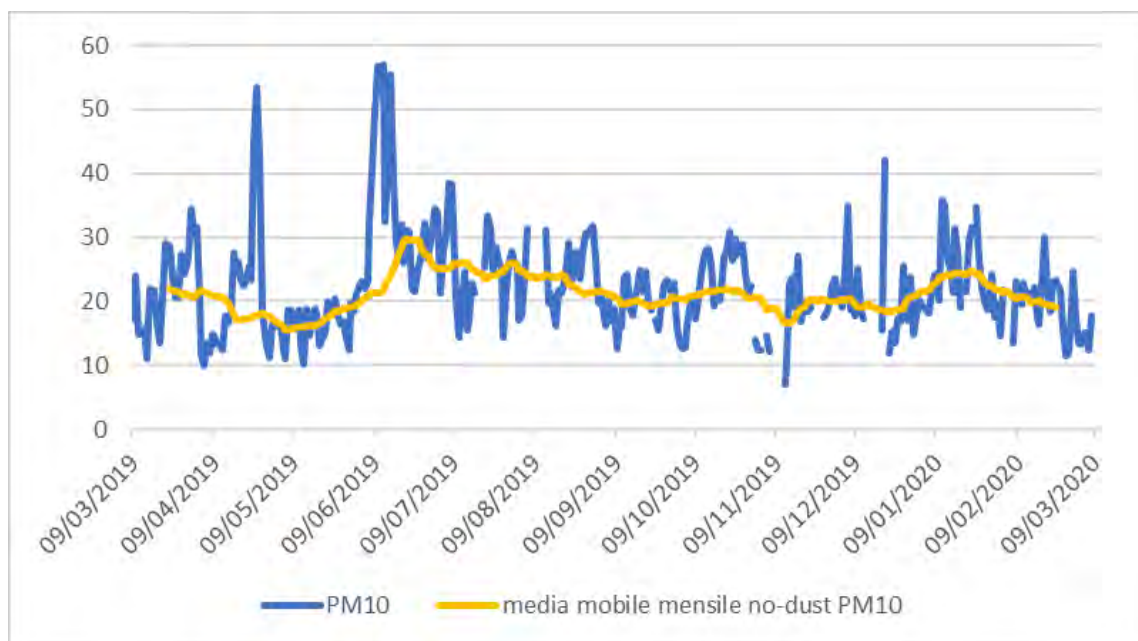
Il confronto appare generalmente coerente sia in termini di eventi che di valori previsti. Le concentrazioni medie annuali di polveri totali stimate dai sistemi SDS-WAS e CAMS risultano pari rispettivamente a 4.3 e 4.6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , mentre le concentrazioni medie annuali di PM10 stimate dalle reanalisi CAMS risultano pari a 3.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Si è quindi scelto di utilizzare i risultati delle reanalisi CAMS poiché permettono la stima delle concentrazioni di PM10 e forniscono un archivio di copertura temporale significativa (a partire dal 2003).

Il confronto fra i risultati dei modelli di trasporto delle polveri desertiche e le osservazioni di qualità dell'aria risulta generalmente critico a causa della difficoltà di separare il contributo delle polveri desertiche da quello delle altre sorgenti all'interno dei valori di PM10 e PM2.5 osservati. Un generico indicatore di eventi di avvezione di polveri desertiche è costituito da rialzi delle concentrazioni associati ad un aumento della frazione grossolana del particolato. Questa analisi risulta però piuttosto difficile nelle aree caratterizzate da rilevanti valori medi della frazione grossolana delle polveri, che ostacolano l'identificazione degli eventi anomali, come avviene per le concentrazioni di polveri misurate nella Regione Marche.

Un possibile approccio è quello di calcolare le anomalie delle concentrazioni misurate rispetto ad una media mobile di un mese, dal calcolo della quale siano esclusi gli eventi di trasporto desertico identificati. Il metodo di calcolo del contributo desertico a partire dai dati sperimentali è descritto nelle “Guidelines for demonstration and subtraction of exceedances attributable to natural sources under the Directive 2008/50/EC on ambient air quality and cleaner air for Europe” pubblicate dalla Commissione Europea nel 2011 ([https://ec.europa.eu/environment/air/quality/legislation/pdf/sec\\_2011\\_0208.pdf](https://ec.europa.eu/environment/air/quality/legislation/pdf/sec_2011_0208.pdf)).

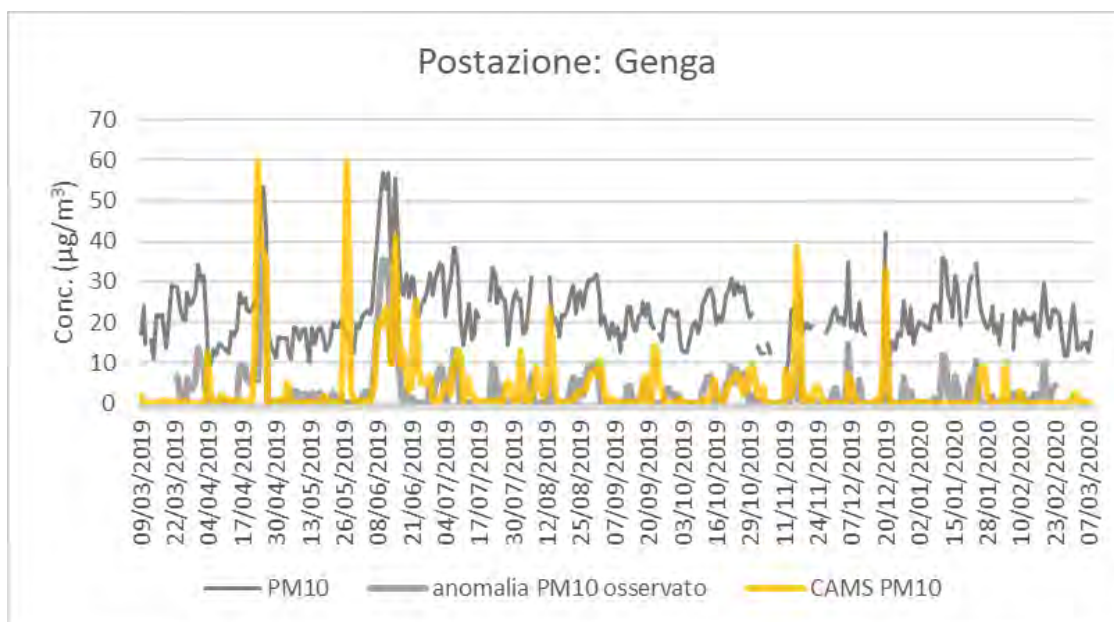
In modo simile a quanto prescritto nelle linee guida le anomalie delle concentrazioni di PM10 sono state calcolate sulle osservazioni delle stazioni di Genga e di Falconara Scuola, quest’ultima non essendo una postazione di background rurale sarebbe in linea di principio inadatta a questo specifico calcolo, ma è stata inclusa in quanto localizzata nell’area di Ancona, ma al di fuori della conurbazione principale.

Per semplicità, gli eventi di trasporto desertico da escludere dal calcolo delle medie mobili delle concentrazioni osservate sono stati identificati selezionando i giorni caratterizzati da concentrazioni di PM10 di origine desertica superiori a 5 µg/m<sup>3</sup> nelle reanalisi CAMS (Figura 67). In Figura 68. è illustrato a titolo di esempio il risultato ottenuto per la postazione di Genga.

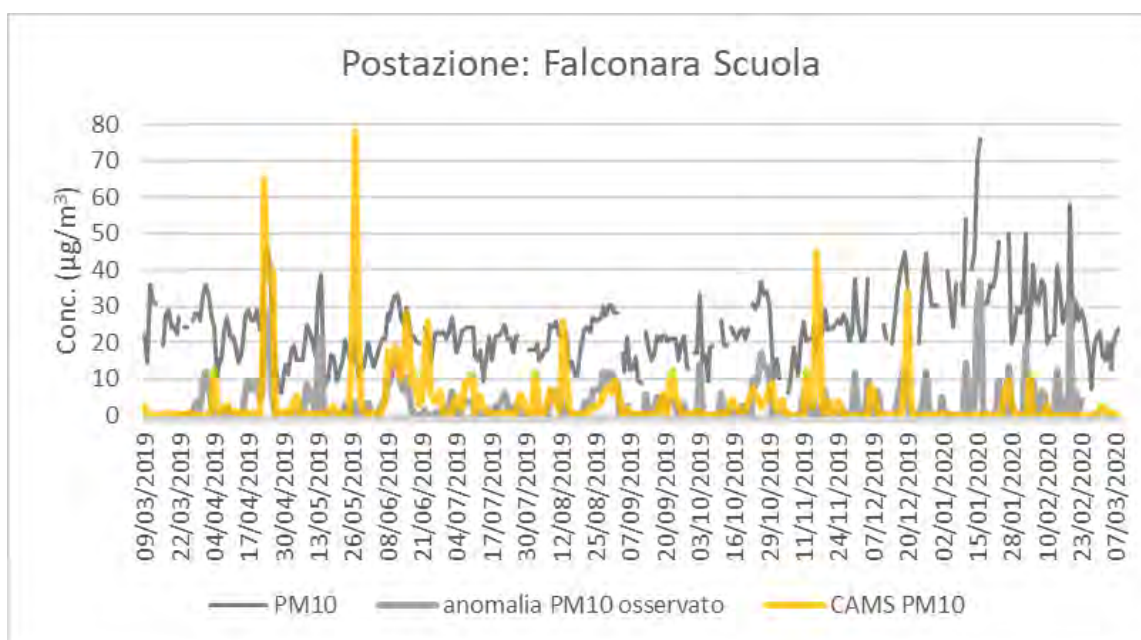


**Figura 68. Concentrazioni medie giornaliere di PM10 (µg/m<sup>3</sup>) e media mobile mensile delle concentrazioni con esclusione degli eventi di trasporto di polveri desertiche per la stazione di Genga.**

Il contributo alle concentrazioni di PM10 dovuti al trasporto di polveri desertiche stimato dalle reanalisi CAMS, le concentrazioni misurate nelle postazioni di Genga e Falconara Scuola, e le anomalie delle concentrazioni medie giornaliere rispetto alla media trascinata mensile sono illustrati in Figura 69 e Figura 70.



**Figura 69. Confronto fra le misure di PM10 della postazione di Genga, l'anomalia delle concentrazioni medie giornaliere rispetto alla media trascinata di un mese, il contributo dovuti alle polveri desertiche stimato dalle reanalisi CAMS.**



**Figura 70. Confronto fra le misure di PM10 della postazione di Falconara Scuola, l'anomalia delle concentrazioni medie giornaliere rispetto alla media trascinata di un mese, il contributo dovuti alle polveri desertiche stimato dalle reanalisi CAMS.**

Si può rilevare una buona coincidenza fra gli apporti desertici stimati dalle reanalisi CAMS e le anomalie delle concentrazioni di PM10, sia in termini di identificazione degli episodi che di quantificazione degli effetti, durante il periodo estivo 06-09/2019. Le concentrazioni stimate dalle reanalisi CAMS per gli episodi di maggior intensità occorsi durante la primavera e l'autunno 2019 appaiono maggiori delle anomalie calcolate a partire dalle osservazioni, anche se per il solo episodio del 27/05/2019 si rileva una significativa sovrastima delle concentrazioni di PM10 misurate in entrambe le postazioni di Genga e Falconara. Si può rilevare come le anomalie di



concentrazione di PM10 rilevate a Falconara nei giorni 14/05/2019, 15/01/2020 e 19/02/2020 non trovano riscontri significativi né nelle concentrazioni misurate a Genga, né nelle stime di trasporto desertico delle reanalisi CAMS. Poiché il trasporto di polveri sahariane ha generalmente caratteristiche di grande scala e produce generalmente un impatto più significativo sui rilievi che sulle zone pianeggianti, si può ritenere che i rialzi di concentrazione citati a Falconara abbiano un'origine differente.

Per quanto qualitativo, il confronto effettuato si ritiene sufficiente per giustificare l'utilizzo delle reanalisi CAMS per la stima dell'apporto delle polveri desertiche alle concentrazioni medie annuali nell'area di Ancona. Il campo della concentrazione media di PM10 dovuta alle polveri desertiche sul periodo 09/03/2019-08/03/2020 è illustrato in Figura 71. Dalla Figura si evince che il contributo medio sull'area di Ancona è stimabile in  $3.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , valore rappresentativo della media annuale.

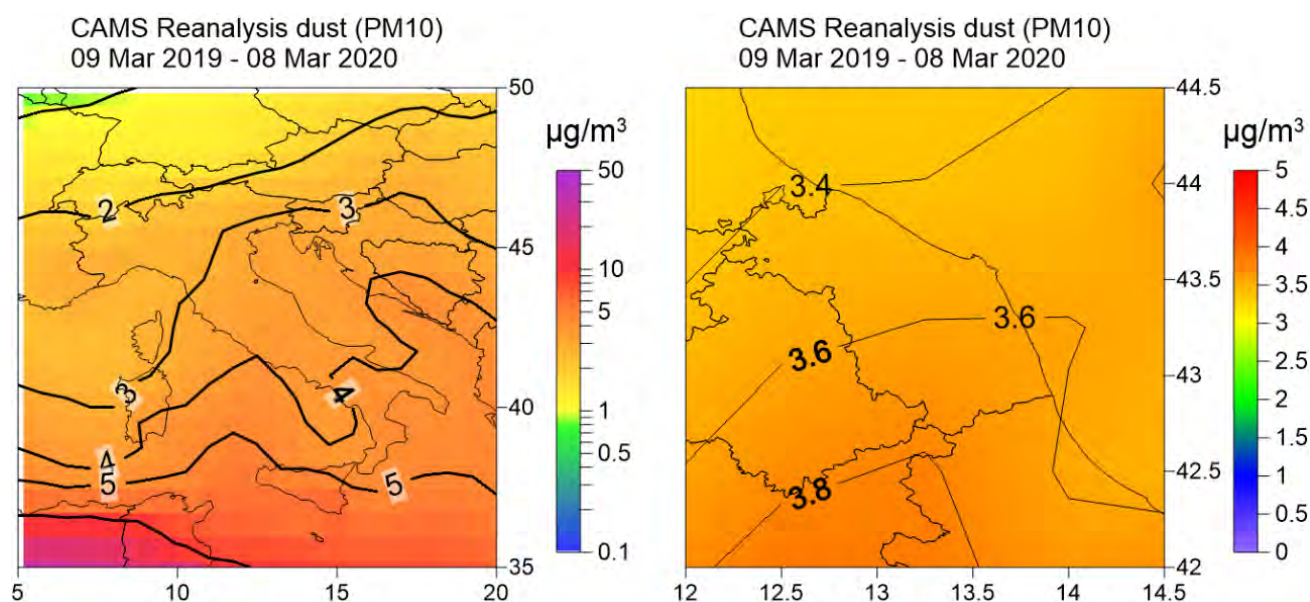


Figura 71. Concentrazione media di periodo 9/3/2019-8/3/2020 di PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) stimata dalle reanalisi CAMS sulla penisola italiana (sinistra) e, più in dettaglio, sulle Marche (destra).

## 7.4 Test per l'individuazione del migliore setup modellistico.

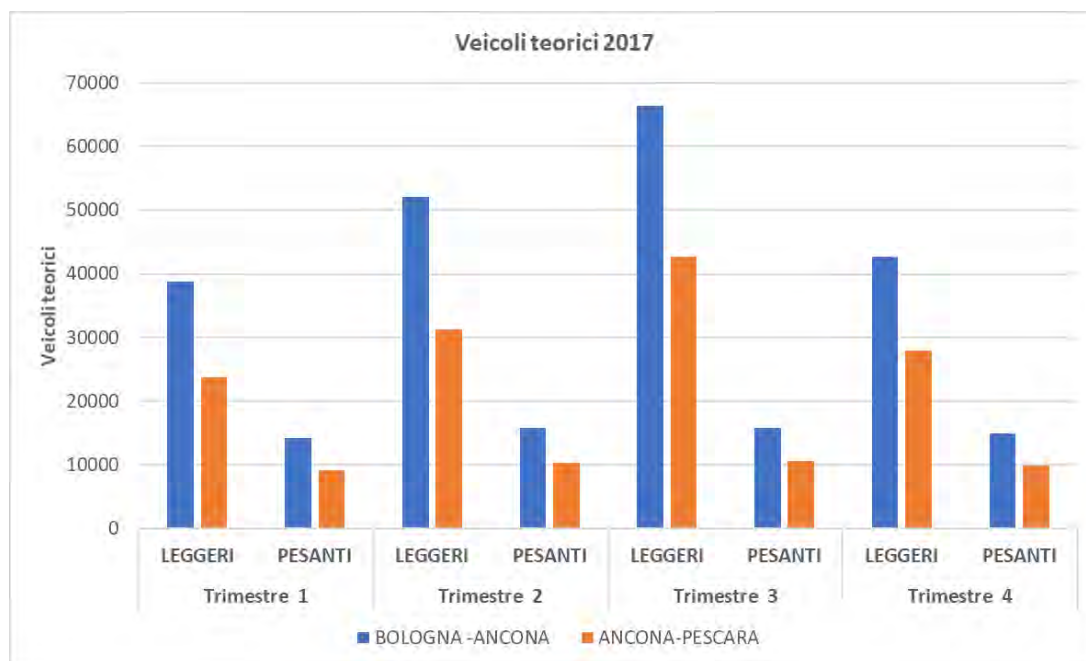
Date le considerazioni emerse dalle analisi della simulazione "base", sono stati individuate alcune modifiche del set-up modellistico volte ad ottenere una migliore corrispondenza con i dati delle centraline di misura.

Le stime delle ricadute dovute alle polveri sahariane non spiegano del tutto la sottostima del PM10. In assenza di informazioni di dettaglio, quali delle campagne sperimentali che forniscano informazioni sulla composizione del particolato atmosferico, sono state testate alcune soluzioni che potrebbero correttamente integrare l'input emissivo.

Si è presa in considerazione la stima della risospensione stradale dovuta al traffico presente nell'inventario che viene calcolata in base alle tabelle di US EPA, 2011 AP42 - paved roads ([https://www.epa.gov/sites/default/files/2020-10/documents/13.2.1\\_paved\\_roads.pdf](https://www.epa.gov/sites/default/files/2020-10/documents/13.2.1_paved_roads.pdf)); i fattori di emissione suggeriti sono relativi a 4 diversi livelli in funzione dello strato di materiale particolato che si deposita sulla strada e che viene successivamente risospeso al passaggio dei veicoli. Nella simulazione "base" è stato utilizzato il 1° livello (strade pulite), mentre in questo test si è deciso di

utilizzare i coefficienti del 2° livello per considerare i fenomeni di trasporto di sabbia e sali marini che possono raggiungere anche strade non attigue alla zona costiera. Con questa ipotesi, le emissioni da risospensione dovuta al traffico stradale sono aumentate di 2.5.

Al fine di simulare al meglio il volume del traffico, e di conseguenza delle emissioni, durante l'arco dell'anno, la modulazione stagionale è stata modificata basandosi sui dati reali AISCAT dei veicoli equivalenti. In particolare, le tratte considerate nell'analisi sono state la Bologna-Ancona e Ancona-Pescara e la variabile utilizzata per ottenere una modulazione stagionale è stata il numero di transiti di veicoli teorici leggeri e pesanti per l'anno 2017. In Figura 72 si mostra l'andamento trimestrale dei veicoli teorici leggeri e pesanti.



**Figura 72. Veicoli teorici trimestrali per il 2017 sulla tratta Bologna-Ancona e Ancona-Pescara**

Come si evince dal grafico precedente si osserva un aumento dei veicoli leggeri, su entrambe le tratte, durante l'estate per via del turismo vacanziero mentre i veicoli pesanti tendono ad avere un andamento costante durante l'arco dell'anno. Tali andamenti sono stati assimilati all'interno del modello affinché la disaggregazione temporale delle emissioni da traffico segua una modulazione più aderente alla realtà.

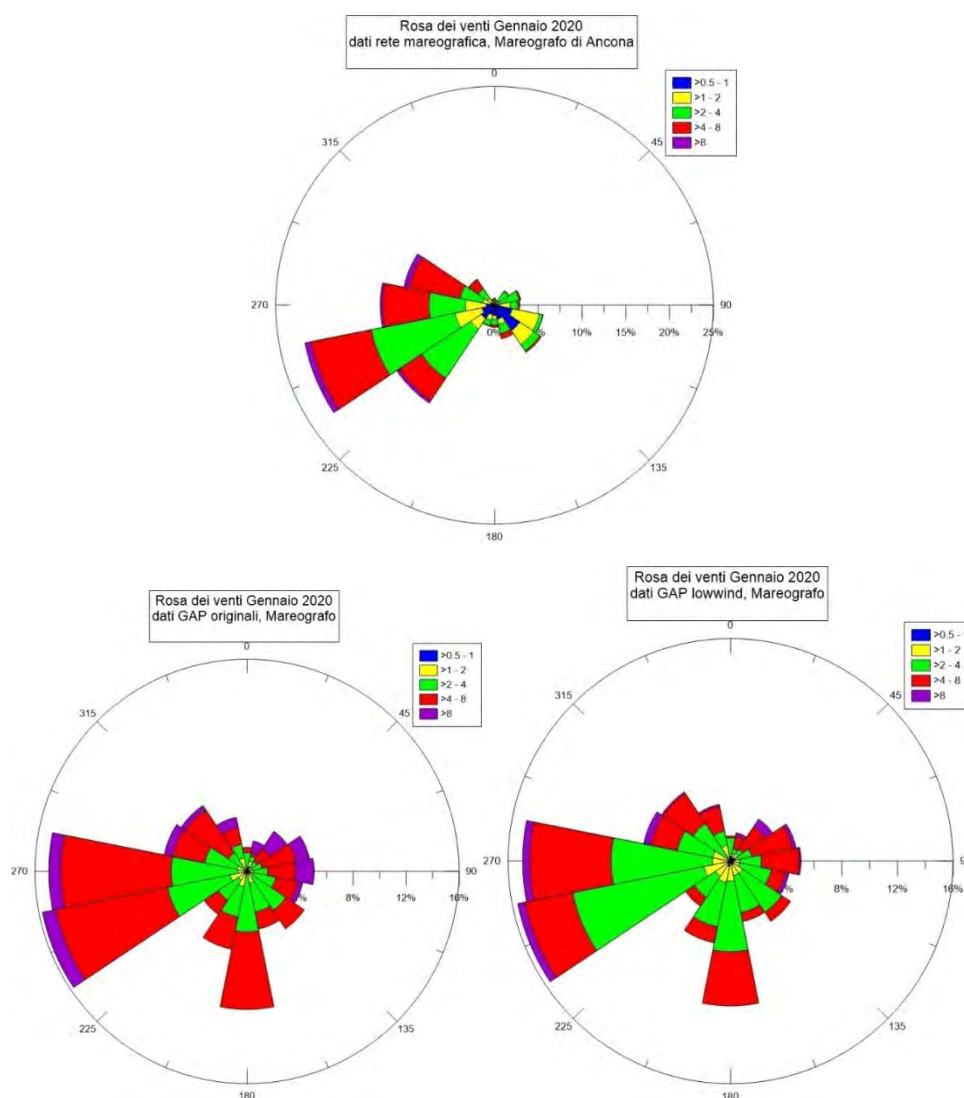
Sempre per quanto riguarda il traffico, è stato modificato il rapporto tra  $NO_2/NO_x$  che nella simulazione "base" era stato lasciato al 10%: recenti studi, utilizzando i fattori COPERT4 hanno mostrato che questo rapporto sale al 20-30% a seguito dell'evoluzione del parco circolante ('introduzione della marmitta catalitica e soprattutto le innovazioni portate sui diesel di ultima generazione). Risulta pertanto più corretto aumentare questo valore al 20%.

Successivamente è stata controllata la simulazione delle emissioni navali in relazione alle altezze di emissione dei camini e al sovrainnalzamento termico dei fumi emessi in tutte le loro fasi (stazionamento, manovra e crociera): è stato utilizzato il codice lagrangiano SPRAY per verificare tali parametri. SPRAY utilizza una formulazione che tiene conto, oltre alle caratteristiche fisico-geometriche dei camini delle navi, le variabili meteorologiche (vento e temperatura) ad una scala di maggior dettaglio sia orizzontale che verticale, rispetto al modello euleriano: FARM, a causa della ridotta risoluzione del grigliato verticale, generava una sottostimava del sovrainnalzamento dei

pennacchi delle navi. I risultati ottenuti con SPRAY sono stati quindi introdotti nelle parametrizzazioni dell'input emissivo di FARM per ottenere una più corretta simulazione del fenomeno. Inoltre per le fasi di manovra e crociera, le cui emissioni vengono trattate come sorgenti lineari e per le quali FARM non applicava alcun plume rise, le altezze di rilascio vengono innalzate in accordo con il calcolo del modello Lagrangiano.

Infine è stato testato anche il profilo verticale del vento: il modello meteorologico diagnostico SurfPro utilizza come input i campi di vento del modello prognostico WRF, il cui primo livello si estende nei primi 30 metri sopra al suolo. Di conseguenza tra 0 e 30 metri la velocità del vento utilizzata dal modello SurfPro rimane invariata. Tuttavia, il primo livello del modello di dispersione FARM si estende tra 0 e 10 metri, quindi si è scelto di implementare una funzione logaritmica per ridurre la velocità del vento in corrispondenza del livello più vicino al suolo.

La Figura 73 che riporta il confronto tra le rose dei venti mensili di gennaio 2020 nel punto del mareografo di Ancona. La modifica introdotta riduce la sovrastima dell'intensità del vento e risulta in una migliore corrispondenza con i dati misurati nella stazione presa come riferimento.



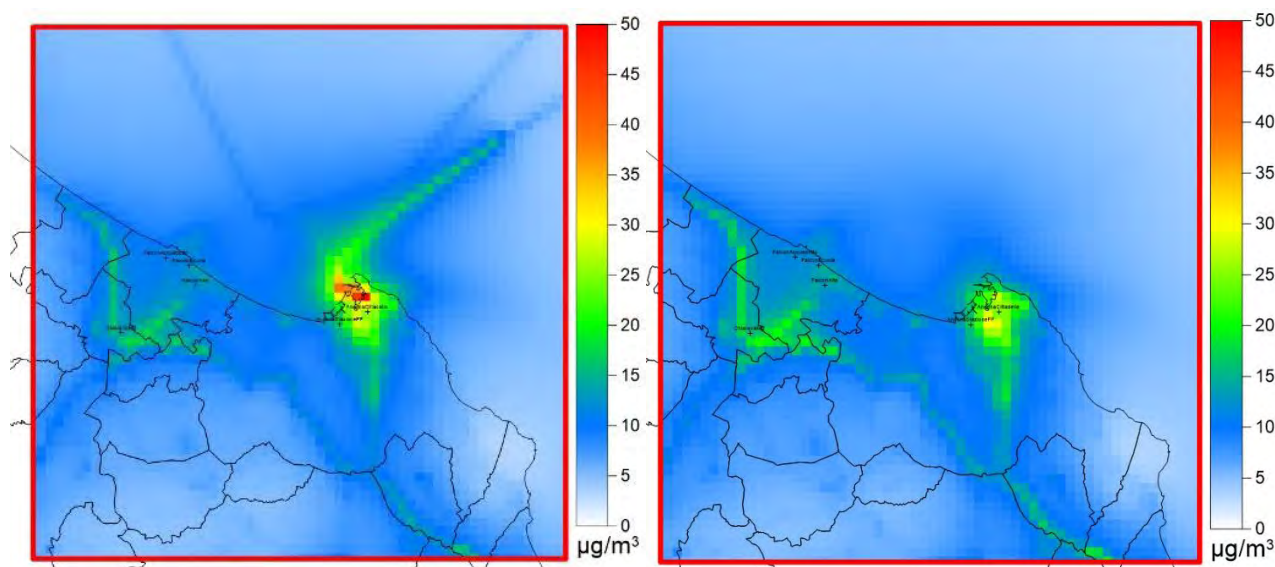
**Figura 73. Confronto rose dei venti mensili per gennaio 2020 tra dati osservati (sopra) e i dati estratti nel punto corrispondente al mareografo di Ancona da SurfPro, profilo di vento invariato (sotto, sinistra) e SurfPro, profilo di vento logaritmico (sotto, destra).**

## 7.5 Valutazione dei risultati.

Tutti i test descritti brevemente nel paragrafo precedente sono stati eseguiti separatamente su periodi mensili (agosto 2019 e gennaio 2020): i risultati hanno permesso la definizione di un nuovo set-up completo del modello FARM con tutte le modifiche e l'esecuzione di una nuova simulazione annuale (9/3/2019-8/3/2020) che è stata definita **"test4"**. A questo scopo si è potuto utilizzare un nuovo server ospitato nel centro di calcolo della Regione, messo a disposizione da ARPA Marche.

Le seguenti mappe riportano il confronto tra le concentrazioni al suolo stimate dal modello FARM per il caso base ed il test4.

Le Figura 74 mostrano le concentrazioni al suolo di NO<sub>2</sub> calcolate come media di periodo. Rispetto al caso base il test4 evidenzia un aumento delle concentrazioni lungo gli archi stradali, conseguenza della modifica delle emissioni da traffico. Contestualmente si osserva una riduzione delle concentrazioni in corrispondenza del porto di Ancona in conseguenza del ri-calcolo dell'altezza di immissione dei fumi dei camini delle navi nelle fasi di manovra, stazionamento e crociera.



**Figura 74. Concentrazione media di periodo 9/3/2019-8/3/2020 NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) caso base (sinistra) test4 (destra)**

La Figura 75 che segue mostra il confronto per le concentrazioni di PM<sub>2.5</sub>: si riscontra un lieve aumento sulla parte terrestre del dominio di calcolo e una riduzione sul mare dovute in particolare alle modifiche delle emissioni delle navi nelle fasi di manovra e crociera: nel run "base" le sorgenti lineari sulle rotte erano senza plume rise.

Al contrario le modifiche apportate alle emissioni da risospensione da traffico oltre che le modifiche apportate per la stima del campo di vento al suolo, hanno determinato un aumento delle concentrazioni di PM<sub>10</sub> medie di periodo (Figura 76).

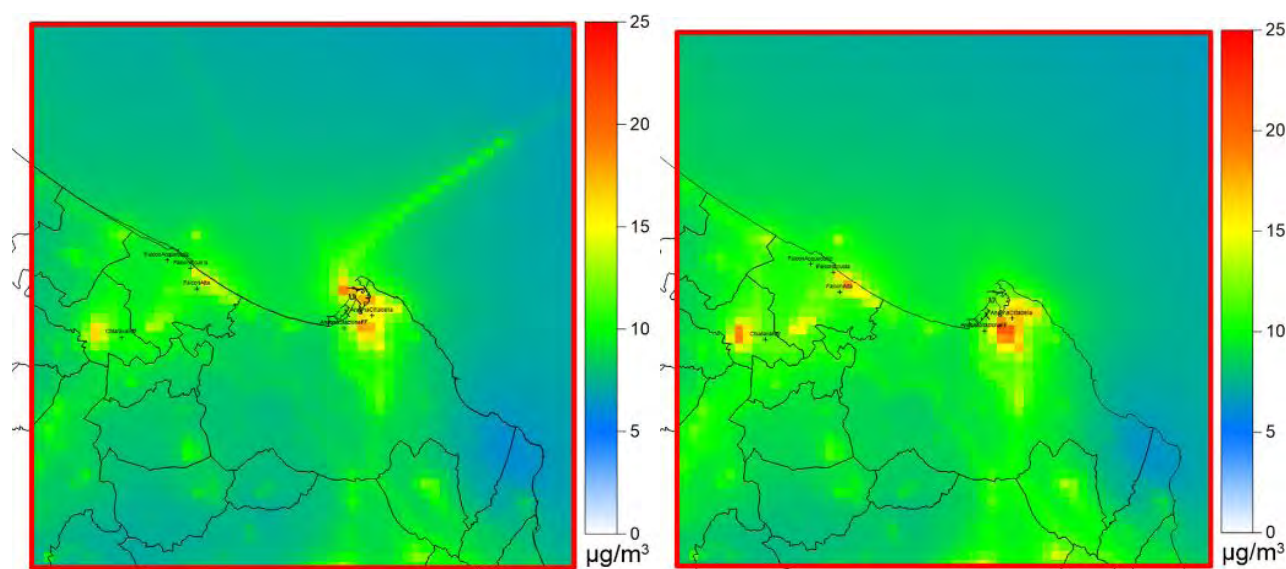
I grafici seguenti (Figura 77-Figura 79) mostrano il confronto tra misure, caso base e caso test4 per le concentrazioni medie mensili in corrispondenza delle stazioni di misura. I grafici in Figura 80 mostrano i confronti per la media di tutto periodo.



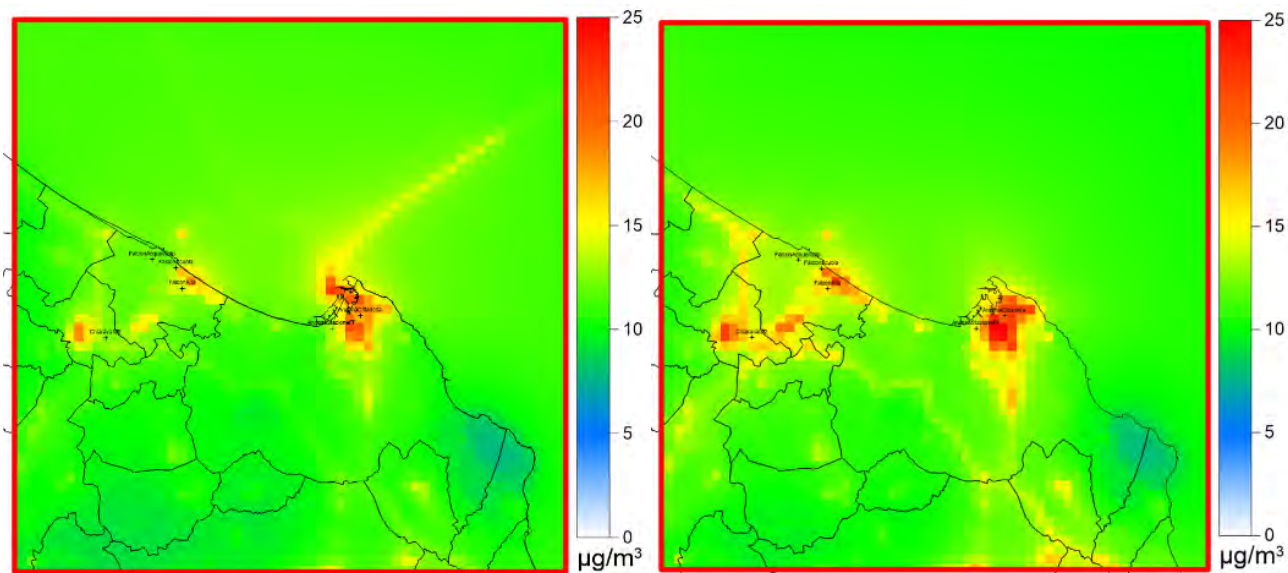
I risultati evidenziano come i test effettuati migliorino le prestazioni del modello in riferimento alle stazioni prese in esame, tenendo anche in considerazione l'incremento di  $3.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  del contributo sahariano al PM10.

In particolare, le stazioni di Falconara Alta e Ancona Stazione mostrano un buon accordo con le misure, mentre resta critico il confronto per le stazioni di Chiaravalle e Ancona Cittadella. Chiaravalle misura concentrazioni più alte rispetto alle altre stazioni indicando una maggiore incidenza probabilmente delle emissioni associate al traffico veicolare molto vicine alla stazione o la presenza di altre sorgenti non considerate nell'inventario: infatti per Chiaravalle la documentazione ARPA in rete descrive: "Stazione di monitoraggio localizzata esternamente all'area urbana, in prossimità di quattro importanti infrastrutture: l'autostrada A14, la SS76, la rete ferroviaria e l'aeroporto "R. Sanzio". Risente delle ricadute dell'impianto API di Falconara e della presenza di cantieri ferroviari nelle vicinanze.

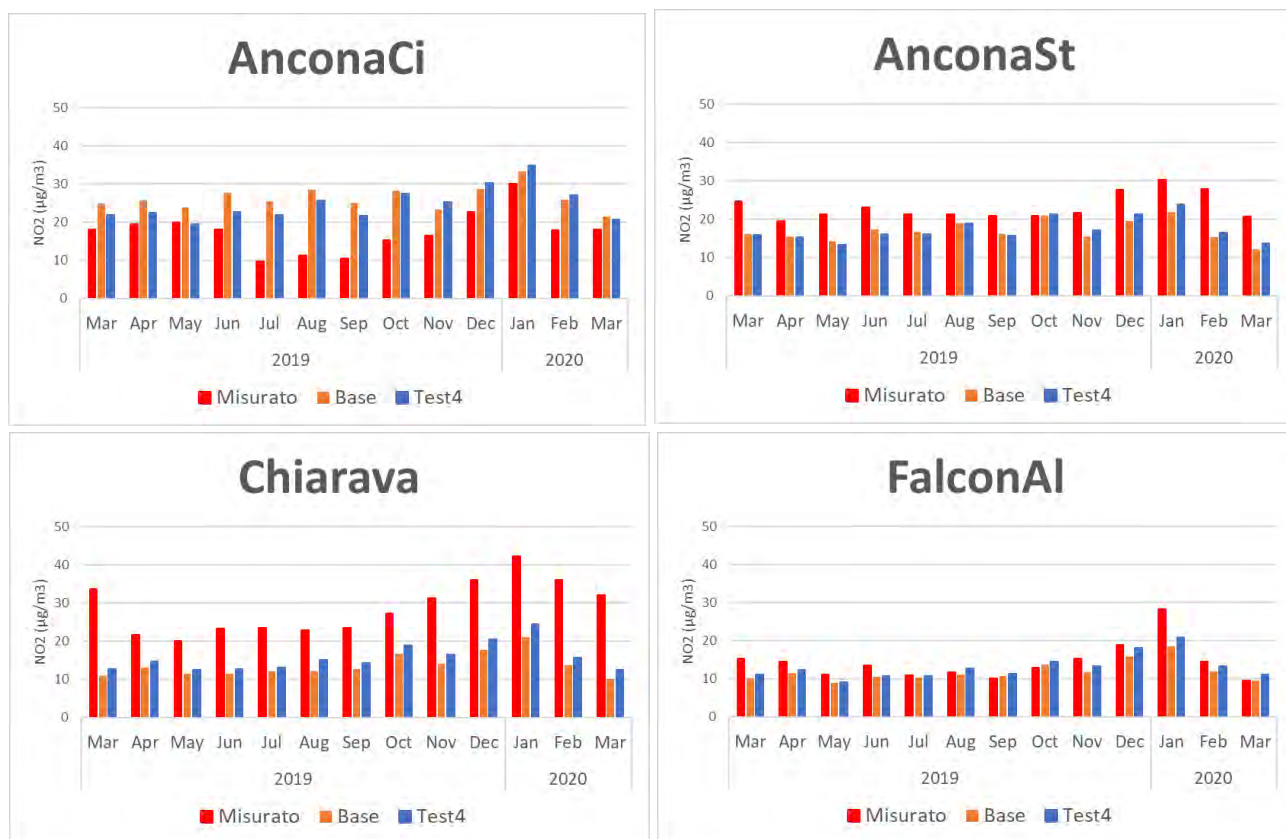
Per Ancona Cittadella l'anomalia è dovuta alla posizione della stazione localizzata in un parco pubblico e su un'altura rispetto al porto e al centro urbano di Ancona. Il modello a risoluzione 500m non vede correttamente il rilievo e consente il trasferimento di inquinanti provenienti dalle sorgenti urbane (traffico e riscaldamento) e del porto in maniera eccessiva nel punto della stazione, probabilmente anche perché le misure risultano schermate dalla vegetazione (le differenze più evidenti sono nella stagione calda). Da un esame di dati storici della rete provinciale in funzione dal 2005 al 2012, si riscontra che la stazione di Cittadella misurava in media valori inferiori al 50% per l'NO2 e al 70% per il PM10 rispetto alle altre 4 stazioni poste in città (Porto, piazza Roma, Torrette, via Bocconi). Sarebbe utile avere misure in altri punti della città, oltre ad una descrizione più precisa del grafo stradale con i relativi flussi veicolari, per poter migliorare le stime del modello.



**Figura 75. Concentrazione media di periodo 9/3/2019-8/3/2020 PM25 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) caso base (sinistra) test4 (destra)**



**Figura 76. Concentrazione media di periodo 9/3/2019-8/3/2020 PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) caso base (sinistra) test4 (destra)**



**Figura 77. Confronto misurato calcolato delle concentrazione medie mensili di NO<sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).**

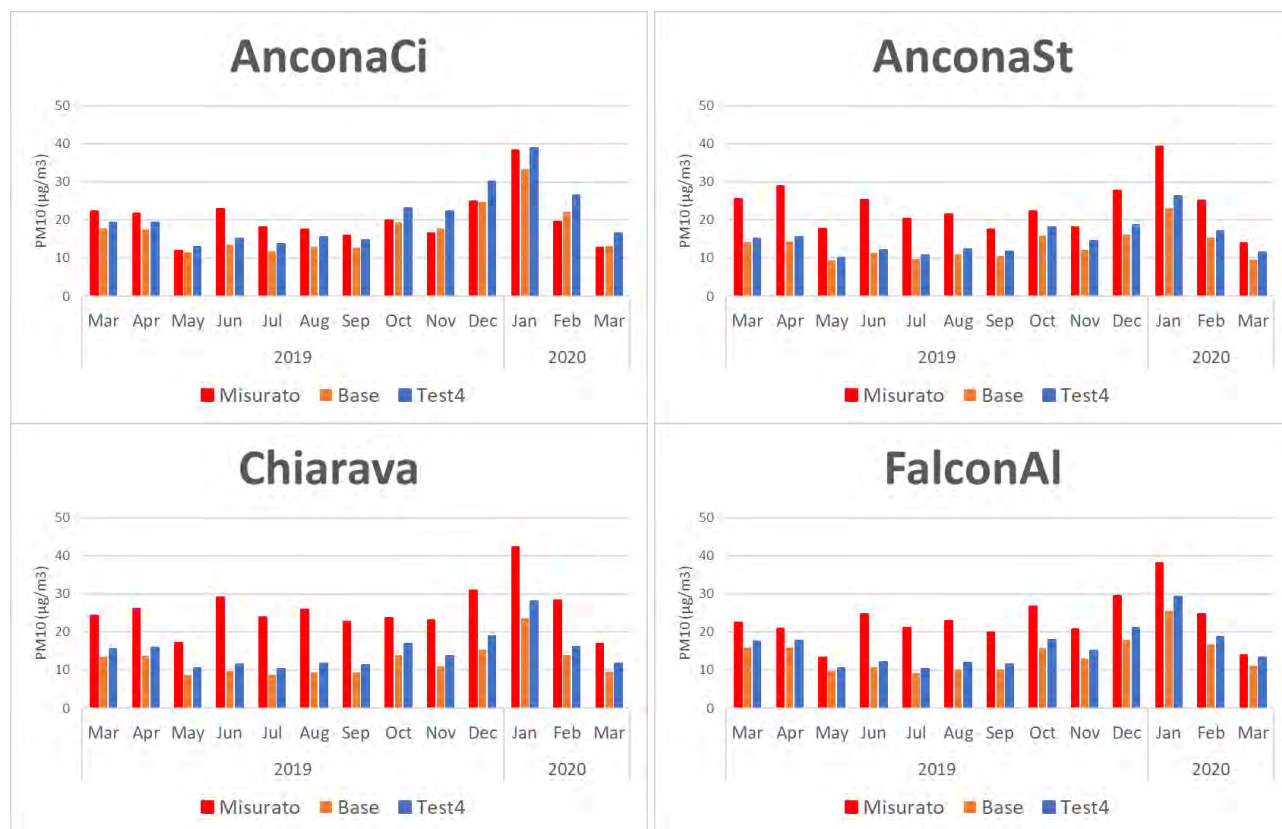


Figura 78. Confronto misurato calcolato delle concentrazioni medie mensili di PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

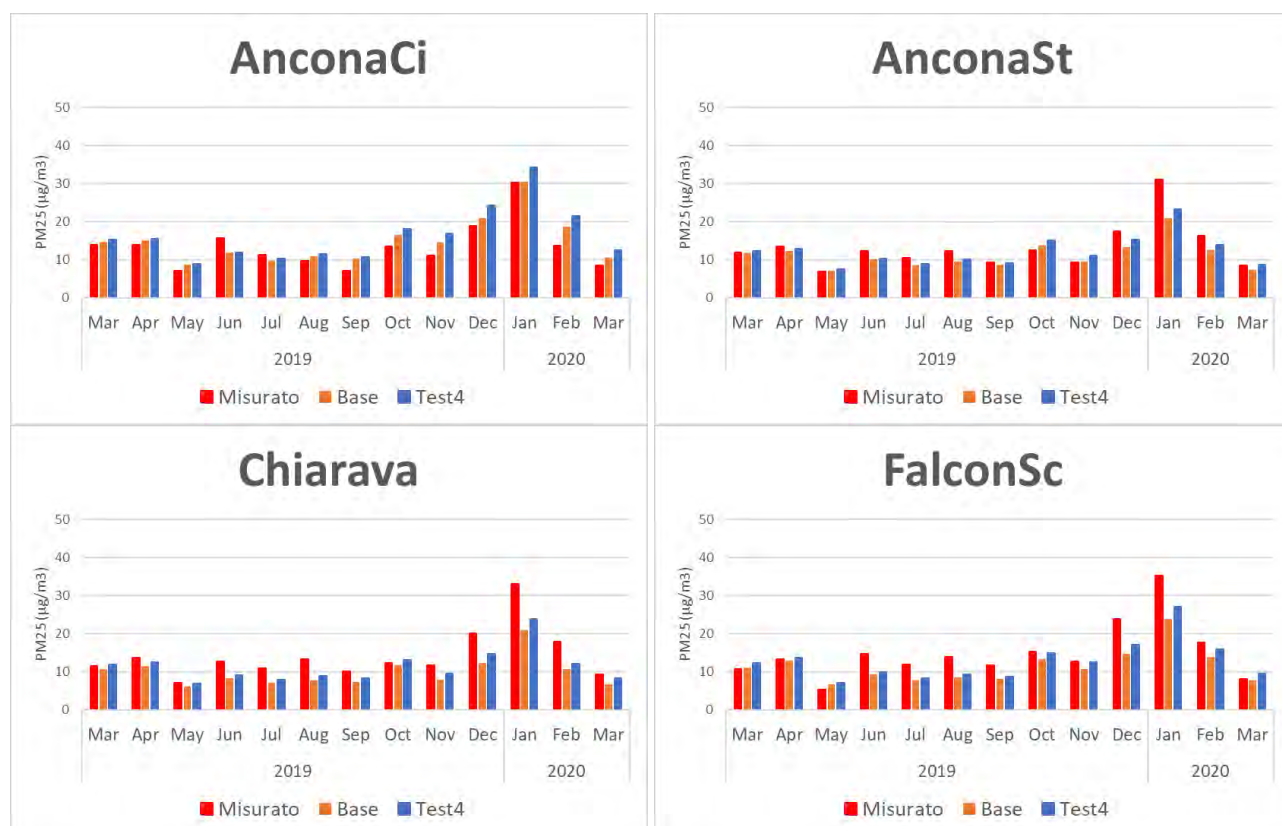
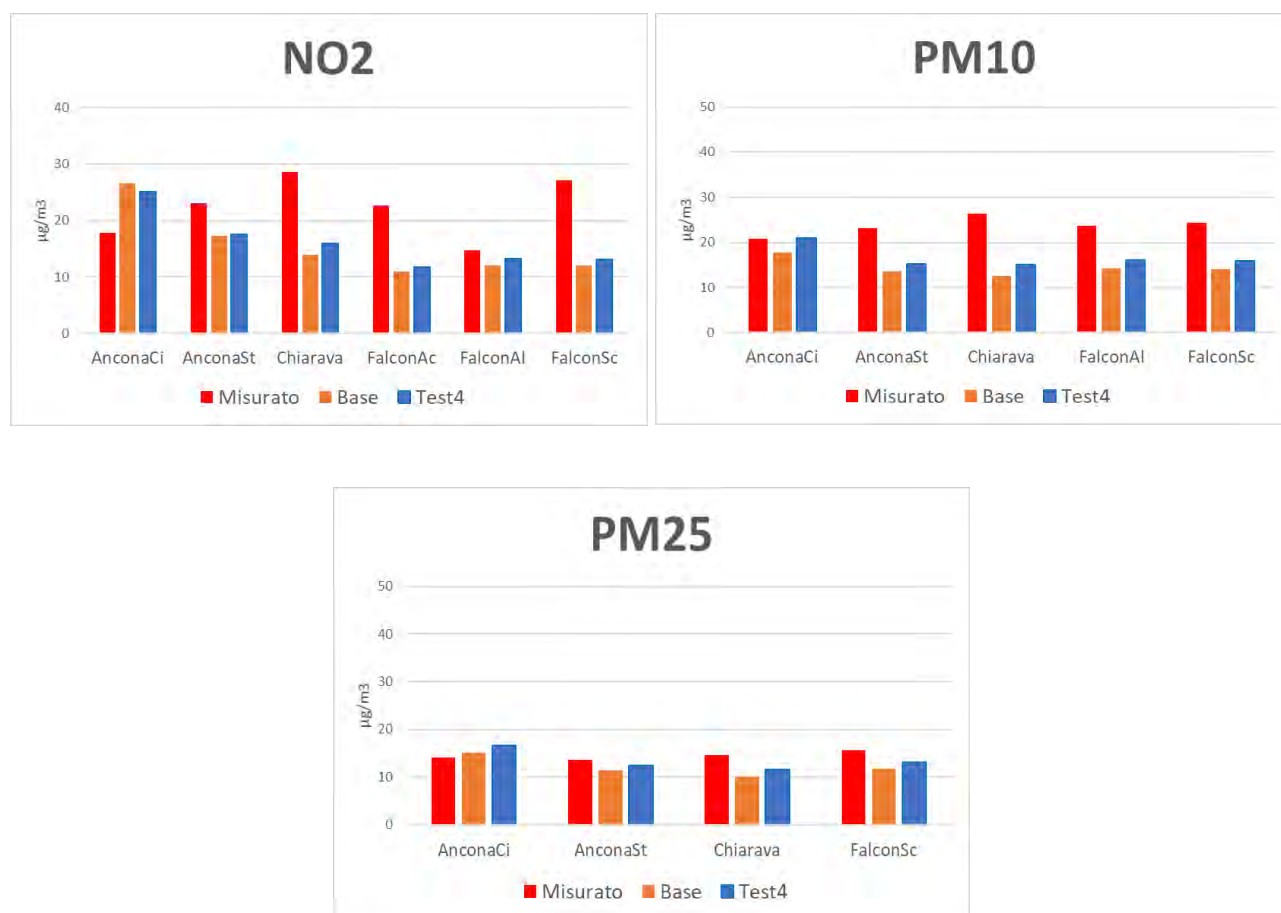


Figura 79. Confronto misurato calcolato delle concentrazioni medie mensili di PM25 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).





**Figura 80. Confronto misurato calcolato delle concentrazioni medie di periodo 9/3/2019-8/3/2020 di NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> e PM<sub>25</sub> (µg/m<sup>3</sup>).**

A conclusione di questa serie di test e di confronti tra risultati modellistici e dati sperimentali, ci preme sottolineare che i modelli matematici utilizzati sono pienamente validati rispetto ad una situazione ideale di controllo, mentre in un confronto con un caso reale occorre tener presente che il modello matematico fornisce una rappresentazione della realtà tanto accurata quanto lo sono i dati di input che gli forniamo e che l'incertezza dei risultati risiede anche nel termine di confronto, quindi nel nostro caso le misure. Detto questo, il processo di verifica dei risultati ha lo scopo di stimare quanto la realtà viene rappresentata bene dal modello ed in caso di discrepanze identificare le cause e quando possibile eliminarle. Questo processo è stato eseguito con grande scrupolosità e il modello è pienamente validato come si può vedere dai confronti riportati in relazione. Questi ci dicono che il modello in alcune stazioni riproduce correttamente la rete, su altre meno o perché la stazione è affetta da sorgenti non presenti nell'inventario o la stazione è posta in contesti che il modello non vede a causa della risoluzione spaziale (bordo strada o in presenza di ostacoli). Quindi a valle di questa interpretazione dei risultati e data la comprensione dei limiti della specifica applicazione, il modello ci segnala le aree di maggior ricaduta così da poter ad esempio evidenziare la necessità di maggiori approfondimenti sperimentali, dove e quali inquinanti misurare.

I risultati prodotti sono disponibili in formato binario netCDF georeferenziati per le specie normate e per le statistiche di riferimento. In particolare sono disponibili sul server di calcolo di Regione Marche all'indirizzo locale **10.101.10.79** al seguente percorso:



**/mnt/disk3/home/alessio\_dallura/archives/model/farm/2019-2020\_emiv4\_offline** i file contenenti le concentrazioni medie orarie per tutto il periodo e le seguenti statistiche:

- PM10 media giornaliera;
- PM25 media giornaliera;
- NO<sub>2</sub> media giornaliera;
- SO<sub>2</sub> media giornaliera;
- NO<sub>2</sub> massimo giornaliero;
- SO<sub>2</sub> massimo giornaliero;
- O<sub>3</sub> massimo della media trascinata su 8 ore;

Questi ultimi sono nominati in modo da rappresentare il loro contenuto secondo la seguente struttura:

*{nome modello}\_conc\_{dominio di calcolo}\_{data}.{statistica}.{specie chimica}.nc*

dove *nome modello*: FARM, SPRAY; *dominio di calcolo*: g4 (dominio comunale) e g5 (dominio locale); *statistica*: AVG media, MAX massimo, RAVG8 massimo della media trascinata su 8 ore.

## 8 Calcolo valori medi per isola censuaria

Al fine di supportare le analisi epidemiologiche nel contesto del progetto PIA, le concentrazioni calcolate dal modello Euleriano FARM sono state utilizzate per attribuire un valore ad ognuna delle isole censuarie definite da ISTAT su tutto il territorio intercettato dal dominio. Il valore di concentrazione per ogni isola censuaria viene pesato in funzione di una proxy spaziale che rappresenta la popolazione urbanizzata (POUA). Si parte dalla mappa delle concentrazioni stimate dal modello.

Il secondo passo è la costruzione di questa proxy che si basa su 2 elementi:

- L'edificato urbano, sia continuo che discontinuo, da Corine Land Cover 2012
- Popolazione residente in ogni isola censuaria (dato ISTAT)

La proxy spaziale POUA viene costruita intersecando questi due elementi, sulla stessa griglia di calcolo del modello, pesando in maniera differente l'edificato urbano; si associa un peso maggiore alle aree più densamente urbanizzate. In questo modo si ottiene un tematismo spaziale con pesi più alti in corrispondenza di aree urbane caratterizzate da edificato continuo e con una popolazione residente elevata rispetto al resto del contesto delimitato dal dominio (Figura 81).



**Figura 81. proxy spaziale POUA**

Successivamente è necessario intersecare i poligoni delle isole censuarie di ISTAT con la griglia di calcolo del modello, calcolando l'area dell'isola censuaria sia prima che dopo la fase di intersezione. Il valore dell'area verrà utilizzato nel computo della media pesata delle concentrazioni del modello.

In Figura 82 si mostrano i confini delle isole censuarie considerate in questo studio.

Si può osservare che la densità delle isole censuarie aumenta in prossimità dei centri urbani (es. Ancona) diminuendo progressivamente la loro estensione dato che vi è la necessità di descrivere al meglio aree densamente popolate.

Infine, il calcolo della concentrazione media pesata per ogni isola censuaria segue la formula:

$$C_{isola} = \frac{\sum_{i=1}^n (conc_i * intersezione_i * poua_i)}{\sum_{i=1}^n (intersezione_i * poua_i)}$$

dove

$C_{isola}$  = concentrazione media dell'isola censuaria

$conc_i$  = concentrazione della i-esima cella che interseca l'isola censuaria

$intersezione_i$  = frazione di superficie dell'isola censuaria con l'i-esima cella

$poua_i$  = valore della variabile proxy POUA nella cella i-esima

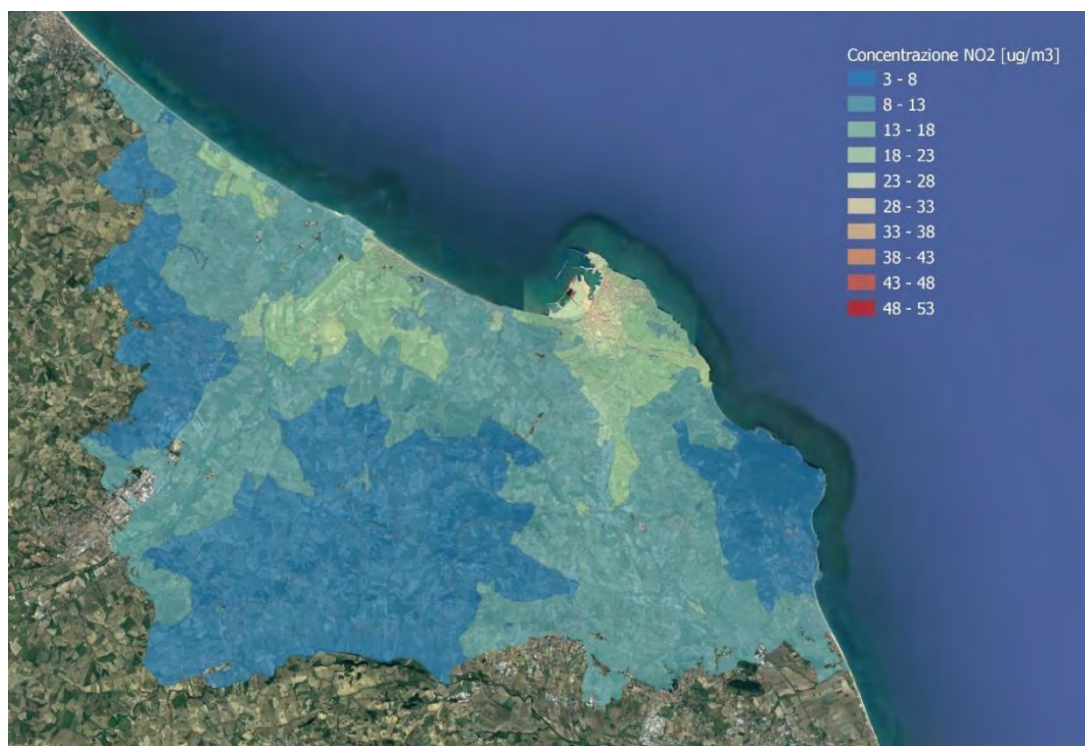
$n$  = numero di celle che l'isola censuaria interseca

In questo modo, partendo dalla mappa degli inquinanti stimati dal modello sulla griglia di calcolo sarà possibile associare ad ogni singola isola censuaria il valore di concentrazione pesato in base all'edificato presente e la popolazione residente. Il risultato finale viene mostrato nella Figura 83.



Figura 82. Isole censuarie (dati ISTAT 2011)





**Figura 83. Concentrazione media pesata di NO2 per ogni isola censuaria**

A supporto della figura precedente si riporta in Tabella 14 un estratto dell'elenco delle isole censuarie e il relativo valore di concentrazione pesata degli inquinanti considerati. Si tenga presente che sul dominio di calcolo sono presenti 1380 isole censuarie e i valori di concentrazione sono relativi alle medie annuali della simulazione da marzo 2019 a marzo 2020. La prima colonna rappresenta il codice univoco dell'isola censuaria ISTAT mentre dalla seconda alla quinta colonna sono presenti i valori di concentrazione di NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, PM10 e PM2.5, espressi in µg/m<sup>3</sup>, derivanti dalla pesatura delle stime del modello con i dati di popolazione urbanizzata.

In accordo con le valutazioni sul contributo delle polveri desertiche descritto al capitolo 7.3 il valore di PM10 stimato dal modello si intende integrato con il contributo medio annuale di dust pari a 3.5 µg/m<sup>3</sup> sull'area di Ancona. La tabella completa viene fornita in allegato alla presente relazione (file Concentrazioni-isole-censuarie.xlsx).

**Tabella 14. Estratto della tabella finale che mostra per ogni isola censuaria il valore di concentrazione associato.**

sez2011	NO2	O3	PM10	PM25	PM10 + DUST re-analisi CAMS (3.5 ug/m3)
420010000001	8.038	73.724	13.178	11.056	16.678
420010000002	7.710	74.106	12.352	10.255	15.852
420010000003	7.395	74.170	12.172	10.126	15.672
420010000004	7.591	72.440	11.519	9.363	15.019
420010000005	8.875	69.937	12.071	9.852	15.571
420010000006	9.263	69.729	12.208	9.801	15.708
420010000010	7.861	73.827	12.951	10.854	16.451
420010000011	8.974	69.946	12.124	9.879	15.624
420010000012	7.985	71.452	11.335	9.164	14.835
420010000013	7.560	72.433	11.386	9.242	14.886
420010000014	7.403	71.416	11.032	8.944	14.532



## 9 Conclusioni

All'interno del PROGETTO INQUINAMENTO ATMOSFERICO (P.I.A.) ANCONA PER LA TUTELA DELLA POPOLAZIONE DALL'INQUINAMENTO AEROBIOLOGICO E DA POLVERI SOTTILI, sono state previste alcune attività che si inquadrano nella realizzazione degli obiettivi della normativa comunitaria (Direttiva 2008/50/CE) e nazionale (D. lgs. 155/2010), per una corretta valutazione della qualità dell'aria ambiente: la normativa prevede, oltre alla realizzazione di una adeguata rete di monitoraggio atmosferico, la definizione di inventari delle fonti emissive ad adeguata risoluzione spaziale e temporale e l'utilizzo di tecniche di modellizzazione per lo studio e la previsione della diffusione e della concentrazione degli inquinanti sul territorio di competenza.

Per finalizzare questi obiettivi sul territorio del comune di Ancona, nell'ambito del progetto PIA, la Direzione Comunale di Pianificazione Urbanistica, Edilizia Pubblica, Porto e Mobilità Urbana, Progetti Speciali, Ambiente e Green Economy, ha incaricato ARIANET SRL per la "realizzazione di una catena modellistica per la previsione della qualità dell'aria sull'area di Ancona in downscaling dal Sistema Regionale Marche".

I lavori sono partiti a gennaio 2020 e hanno portato all'attivazione del sistema modellistico alla fine di marzo 2020; le previsioni sono mostrate alla pagine del sito comunale dedicata al PIA: <https://www.comune.ancona.gov.it/ankonline/anconarespira/previsioni/> e alla pagina corrispondente sul sito di ARIANET: <http://marche.aria-net.it/ancona/> e sono aggiornate ogni giorno. La realizzazione del servizio ha comportato diverse attività.

È stato definito il quadro emissivo locale utilizzando tutte le fonti di dati disponibili: l'inventario regionale (realizzato dall'Università di Ancona), quello delle emissioni legate al traffico navale, (eseguito all'interno del progetto NEWBRAIN per l'Autorità di Sistema Portuale del Mare Adriatico Centrale, sempre nell'ambito del PIA) e dati forniti dal Comune; si è provveduto all'aggiornamento di alcuni macrosettori ed eseguita la disaggregazione spaziale e temporale dei dati emissivi sui domini di calcolo oggetto del servizio; il quadro complessivo mostra un contributo emissivo di NOx proveniente in massima parte del trasporto stradale (in particolare veicoli diesel) e del traffico navale (in particolare durante la fase di stazionamento), mentre per l'SO<sub>2</sub> le emissioni principali sono relative alle navi nelle fasi di manovra e crociera; le emissioni di PM10 sono dovute principalmente al riscaldamento (biomassa) e al traffico stradale (risospensione).

In downscaling dal Sistema Previsionale Regionale della Qualità dell'Aria dell'Università di Urbino, sono state realizzate 2 catene modellistiche per la previsione della qualità dell'aria alla massima risoluzione possibile sull'area urbana di Ancona: la prima utilizzando il modello FARM in 2-way nesting dalla griglia regionale a 2 km, su un dominio di 30 x 30 km<sup>2</sup> a risoluzione 500 m comprendente il comune di Ancona e comuni limitrofi, considerando tutte le sorgenti antropiche e naturali presenti nel dominio di calcolo e i contributi esterni, la seconda, utilizzando il modello SPRAY su un dominio di 10 x 10 km<sup>2</sup> a risoluzione 100 m, centrato sul porto, per la previsione dell'impatto delle emissioni legate all'attività portuale. Le catene modellistiche (modello meteorologico + modello di dispersione) forniscono una previsione oraria della qualità dell'aria per il giorno corrente e per 2 giorni successivi attraverso le mappe delle concentrazioni dei principali inquinanti su tutta l'area di calcolo.

Per la verifica delle simulazioni modellistiche, inizialmente sono state effettuate simulazioni su casi test per una prima verifica dell'inventario del porto con il codice SPRAY (nell'ambito del progetto NEWBRAIN); sono stati simulati gli inquinanti NOx, SO<sub>2</sub> e Polveri in due settimane distinte, una nel

periodo estivo ed una nel periodo invernale; i risultati hanno mostrato impatti significativi solo per le ricadute degli ossidi di azoto; considerazioni più esaustive saranno prodotte al termine delle simulazioni su periodi annuali, ora in corso con le attività finali del progetto PIA relative alla valutazione di scenari emissivi.

La valutazione delle prestazioni del modello FARM è stata verificata su un periodo annuale: a causa della pandemia di COVID-19 e delle misure prese per contenerla, le emissioni inquinanti a partire dal marzo 2020 sono anomale rispetto all'inventario e quindi non è stato possibile utilizzare le simulazioni di questo periodo. Per poter disporre di un intero anno di dati è stato preso in esame il periodo 9 marzo 2019 – 8 marzo 2020, su cui è stata eseguita una prima simulazione off-line, (run "base") mantenendo però le stesse impostazioni del sistema modellistico che funziona in continuo sul server regionale. Successivamente, nell'esaminare i dati con i responsabili del progetto PIA, si è deciso di rilanciare una nuova simulazione annuale (run "test4") dopo aver effettuato test finalizzati alla calibrazione del sistema, necessari per verificare le risposte del modello ad alcune variabili meteorologiche ed emissive.

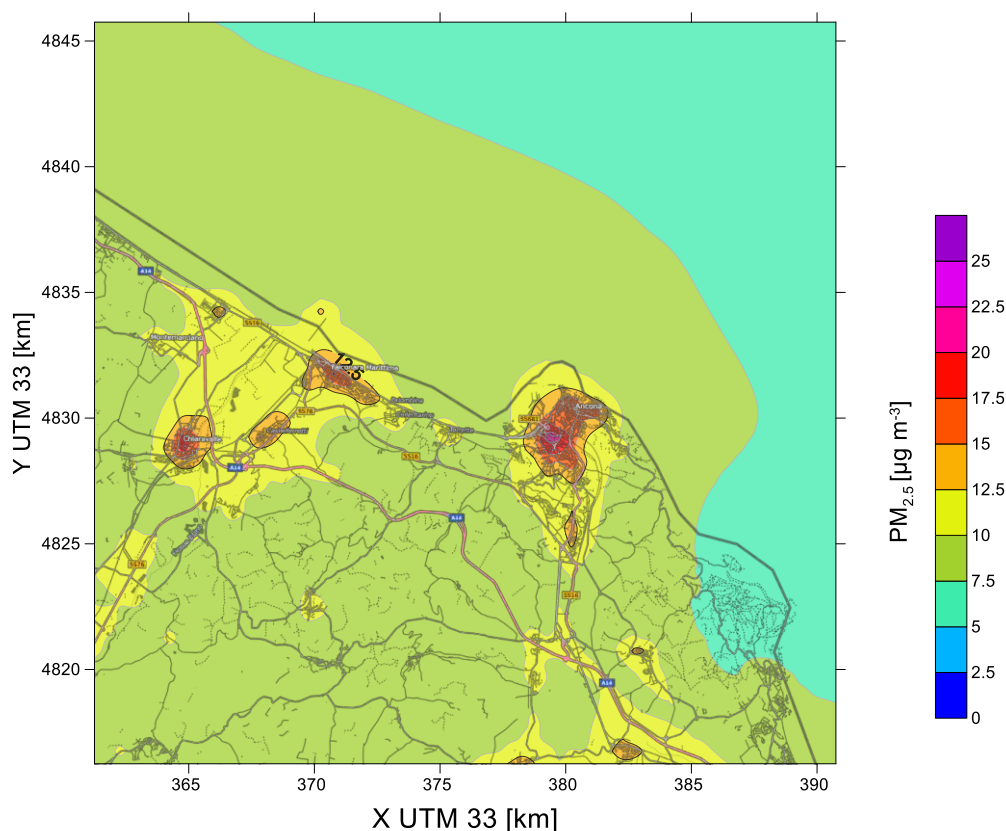
Dai risultati dei test sono state individuate alcune modifiche del set-up modellistico volte ad ottenere una migliore corrispondenza con i dati delle centraline di misura: in particolare è stato quantificato il contributo delle polveri sahariane, elevato il fattore di emissione delle polveri generate dalla risospensione da traffico veicolare, corretta la modulazione stagionale dei volumi di traffico in base a dati reali AISCAT, modificato il rapporto tra  $\text{NO}_2/\text{NO}_x$  in base a fattori COPERT4 aggiornati, corretto il calcolo del plume rise dei fumi emessi dalle navi e il profilo di vento nel primo livello verticale del modello. I risultati del run "test4" evidenziano come i test effettuati migliorino le prestazioni del modello in riferimento alle stazioni prese in esame anche se non tutte le criticità sono risolte (Figura 77-Figura 80), tenendo anche in considerazione l'incremento di  $3.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  del contributo sahariano al  $\text{PM}_{10}$ . Nelle figure successive sono riportate con maggiore dettaglio le mappe delle medie annuali di  $\text{PM}_{2.5}$ ,  $\text{PM}_{10}$  e  $\text{NO}_2$ .

I risultati della simulazione test4 relativi al **PM<sub>2.5</sub>** sono in buon accordo con le misure della rete di monitoraggio e riproducono correttamente l'andamento stagionale: si evidenziano valori superiori ai  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  della media annuale su tutta l'area urbana di Ancona con punte fino a  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , anche se non si supera il limite legislativo di  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Dall'esame del source apportionment che sarà condotto con le attività finali del progetto PIA, si potrà valutare il contributo a questi valori imputabile al riscaldamento domestico (combustione di biomassa), principale emettitore e quanto derivi da altre fonti, interne o esterne al dominio di calcolo.

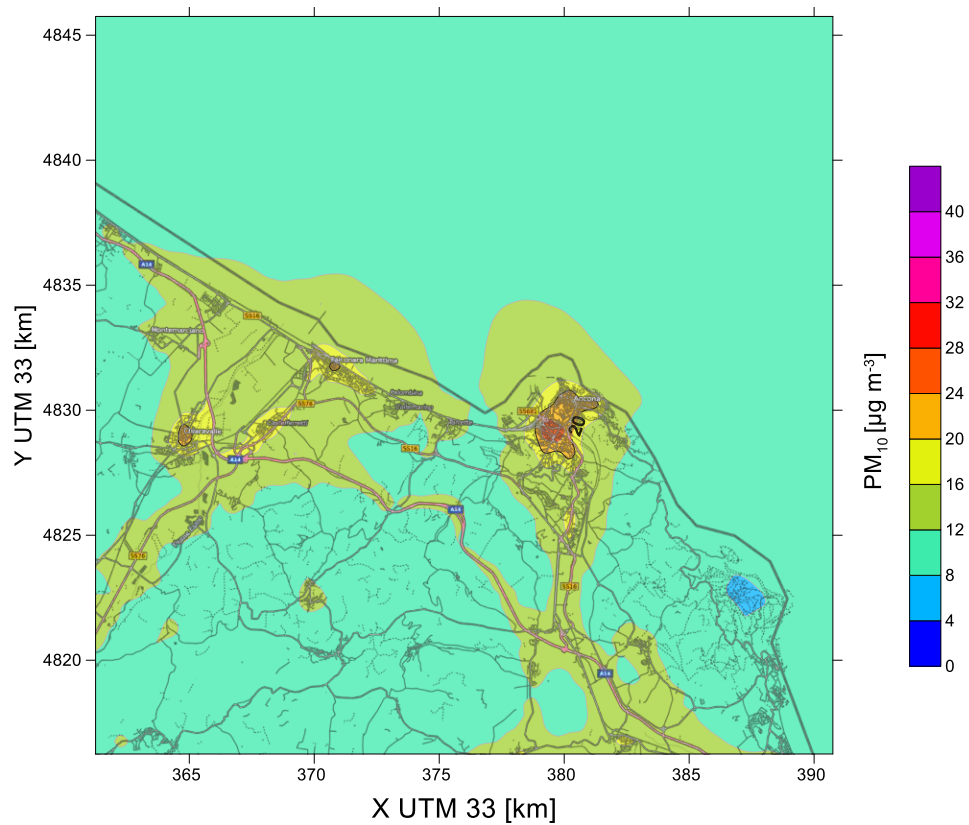
Le stime delle ricadute dovute alle polveri sahariane e l'incremento della risospensione da traffico non spiegano del tutto la sottostima del **PM<sub>10</sub>**, ma il divario con le misure si è ridotto con la simulazione test4: la sottostima va imputata alla frazione coarse e per migliorare l'accordo servirebbero informazioni di maggior dettaglio da campagne sperimentali che forniscano dati sulla composizione del particolato atmosferico (componenti cristallini, dalla vegetazione o da sorgenti non inserite in inventario). Considerando l'apporto sahariano, i valori medi annuali sul centro di Ancona superano abbondantemente i  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ma non si avvicinano ai  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  del limite legislativo.

Più complessa risulta l'interpretazione dell'impatto relativo al **NO<sub>2</sub>**: il modello riproduce correttamente le concentrazioni a Falconara Alta e in modo accettabile Ancona Stazione, mentre resta critico il confronto per le stazioni di Chiaravalle e Ancona Cittadella. Chiaravalle misura concentrazioni più alte rispetto alle altre stazioni indicando una maggiore incidenza probabilmente

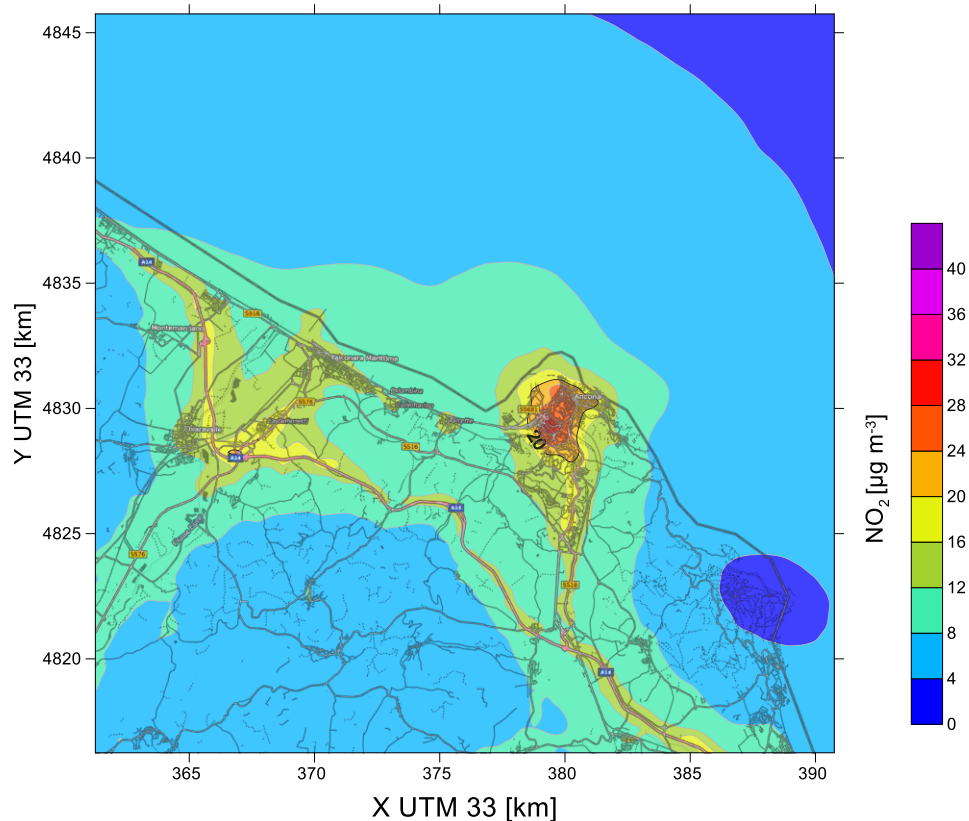
delle emissioni associate al traffico veicolare molto vicine alla stazione o la presenza di altre sorgenti non considerate nell'inventario: data la risoluzione di 500 m del modello, stazioni troppo vicine a sorgenti non possono essere ben riprodotte. Per Ancona Cittadella l'anomalia è dovuta alla posizione della stazione localizzata in un parco pubblico e su un'altura rispetto al porto e al centro urbano di Ancona; i valori misurati sono inferiori alle altre stazioni urbane, in particolare nei mesi più caldi (probabile schermatura da vegetazione); questo è confermato da un esame dei dati storici della rete provinciale in funzione dal 2005 al 2012: si riscontra che la stazione di Cittadella misurava in media valori inferiori al 50% per l'NO<sub>2</sub> e al 70% per il PM<sub>10</sub> rispetto alle altre 4 stazioni poste in città (Porto, piazza Roma, Torrette, via Bocconi). Il modello presenta quindi una sovrastima rispetto alla misura (unico caso riscontrato). Sarebbe utile avere misure in altri punti della città, anche in ragione delle aree di impatto maggiore segnalate dalla simulazione modellistica: i valori medi annuali su gran parte del tessuto urbano di Ancona superano abbondantemente i 20 µg/m<sup>3</sup>, con punte intorno ai 30 µg/m<sup>3</sup>, anche se non arrivano ai 40 µg/m<sup>3</sup> del limite legislativo. Anche per questo inquinante, attendiamo informazioni maggiori dall'esame del source apportionment che sarà condotto con le attività finali del progetto PIA, per valutare in particolare il contributo a questi valori imputabile al traffico urbano o alle emissioni delle attività portuali.



**Figura 84. Concentrazione media di periodo 9/3/2019-8/3/2020 del PM<sub>2.5</sub> (µg/m<sup>3</sup>) - caso test4.**



**Figura 85. Concentrazione media di periodo 9/3/2019-8/3/2020 del PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) - caso test4 (senza l'incremento di  $3.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  del contributo sahariano).**



**Figura 86. Concentrazione media di periodo 9/3/2019-8/3/2020 del NO<sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) - caso test4.**



I risultati della simulazione test4 del modello Euleriano FARM sono stati ricondotti alle isole censuarie definite da ISTAT su tutto il territorio intercettato dal dominio di calcolo, per l'esecuzione delle analisi epidemiologiche previste nel contesto del progetto PIA.

La funzionalità di un sistema di previsione della qualità dell'aria garantisce un'informazione continua ai cittadini attraverso mappe di concentrazione al suolo e permette ai decisori di affrontare le tematiche relative all'inquinamento atmosferico con studi e valutazioni di scenari futuri o interventi anche in condizioni impreviste, come nel caso dell'incendio verificatosi all'interno dell'area portuale il 16 settembre 2020: la disponibilità di un'informazione meteorologica continua e aderente al territorio consente verifiche immediate per l'identificazione delle aree di impatto.