



Consorzio per la Gestione del Centro  
di Coordinamento delle Attività di Ricerca  
inerenti il Sistema Lagunare di Venezia

Palazzo Franchetti S. Marco 2847 30124 Venezia

Tel. +39.041.2402511 Fax +39.041.2402512

Progetto **STUDIO B.6.72 B/7**

**ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL  
MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI  
DALLA COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE  
BOCCE LAGUNARI**

Documento **MATRICE: ARIA**

**MACROATTIVITÀ: SIMULAZIONI  
MODELLISTICHE DELLA DISPERSIONE IN  
ATMOSFERA DI GAS E POLVERI**

**RAPPORTO FINALE**

Versione **1.0**

Emissione **29 giugno 2012**

Redazione

Dott.ssa Elena Elvini

Verifica

Dott. Franco Belosi

Approvazione

Ing. Pierpaolo Campostrini

CORILA  
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA  
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

## Indice

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>OGGETTO DELLE SIMULAZIONI .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>DESCRIZIONE DELLA ATTIVITÀ SVOLTE .....</b>	<b>5</b>
3.1	Strumenti modellistici e loro implementazione .....	5
3.1.1	<i>Input meteorologico .....</i>	6
5.1.1	<i>Dominio di calcolo .....</i>	7
5.1.2	<i>Caratterizzazione delle sorgenti emissive .....</i>	7
3.2	Stima delle emissioni da mezzi di cantiere .....	8
3.2.1	<i>Mezzi di terra.....</i>	9
3.2.2	<i>Mezzi acquei .....</i>	10
3.2.3	<i>Emissioni.....</i>	11
3.3	Stima delle emissioni da risollevarimento .....	12
3.4	Simulazioni eseguite e risultati .....	15
3.4.1	<i>Simulazioni per le emissioni da combustione .....</i>	15
3.4.2	<i>Simulazioni per le polveri sottili da risollevarimento.....</i>	16
3.4.3	<i>Analisi degli output .....</i>	16
3.4.4	<i>Approfondimenti.....</i>	31
<b>4</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>33</b>
	<b>APPENDICE.....</b>	<b>34</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>49</b>

Alla realizzazione del presente rapporto hanno contribuito:

Elena Elvini (CORILA)

Silvia Pillon (ARPAV - Osservatorio Aria)

Francesca Liguori (ARPAV - Osservatorio Aria)

Laura Susanetti (ARPAV - Osservatorio Aria)

Salvatore Patti (ARPAV - Osservatorio Aria)

## 1 PREMESSA

Nell'ambito delle attività di monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere del MOSE alle bocche lagunari (VII fase - periodo maggio 2011 - aprile 2012), il CORILA ha affidato ad ARPAV la valutazione modellistica relativa alla dispersione in atmosfera degli inquinanti rilasciati durante le attività di cantiere.

L'incarico è stato affidato mediante specifica convenzione che ha individuato il Servizio Osservatorio Regionale Aria (SOA) come soggetto incaricato dell'esecuzione, in collaborazione con la Dr.ssa Elena Elvini, esperta in modellistica incaricata da CORILA e distaccata presso il SOA per l'esecuzione dello stesso. Il presente documento costituisce il rapporto conclusivo descrittivo delle attività svolte nell'ambito della citata convenzione.

## 2 OGGETTO DELLE SIMULAZIONI

Le simulazioni modellistiche hanno come oggetto le ricadute delle emissioni associate alle attività di costruzione del MOSE alle tre bocche lagunari di Lido, Malamocco e Pellestrina. Le emissioni considerate sono relative all'impiego di macchinari e mezzi sia di terra che di acqua, nonché causate dalla movimentazione e dal risollevarimento di materiale polverulento (risollevarimento meccanico per passaggio di mezzi di lavoro e risollevarimento eolico).

L'attività modellistica è stata completata seguendo le seguenti fasi:

- a. definizione degli obiettivi e degli strumenti idonei al loro conseguimento;
- b. definizione del dominio di indagine;
- c. predisposizione degli input meteorologici e geografici per il dominio scelto;
- d. definizione delle sorgenti di emissione e loro georeferenziazione nel dominio di calcolo;
- e. stima dei ratei emissivi per ciascuna sorgente;
- f. simulazioni con la catena modellistica;
- g. analisi e interpretazione degli output.

In questo rapporto sono esposti i risultati delle simulazioni modellistiche annuali dei livelli di concentrazione di NO<sub>x</sub> e NO<sub>2</sub> e di quelle annuali e stagionali di PM<sub>10</sub> relativamente alle tre bocche di porto, l'analisi dei relativi output e gli approfondimenti per situazioni rappresentative di possibili criticità meteorologiche e/o emissive.

Si ricordano gli obiettivi delle simulazioni descritti nel Disciplinare Tecnico (Studio B6.72 B/7. 7<sup>a</sup> FASE):

- simulazioni annuali di NO<sub>x</sub> e NO<sub>2</sub> per ciascuna bocca di porto;
- approfondimenti per le situazioni meteorologiche/emissive critiche;
- simulazioni stagionali e annuali per ciascuna bocca di porto del particolato primario PM<sub>10</sub>.

In questo rapporto conclusivo, oltre a richiamare la descrizione degli strumenti modellistici utilizzati e la loro implementazione e a sintetizzare i risultati della stima delle emissioni di PM<sub>10</sub> e NO<sub>x</sub> per l'intero anno 2011, si riportano i risultati delle applicazioni della catena modellistica.

### 3 DESCRIZIONE DELLA ATTIVITÀ SVOLTE

#### 3.1 Strumenti modellistici e loro implementazione

Le simulazioni sono condotte utilizzando il modello di dispersione non stazionario a puff CALPUFF (Scire *et al.*, 2001, v. 5.8), in catena col modello meteorologico diagnostico CALMET (Scire *et al.*, 2000, v. 5.8).

CALPUFF è un codice open-source ed è indicato dalla US-EPA<sup>1</sup> come modello di riferimento per applicazioni che coinvolgono il trasporto di inquinanti su lunghe distanze, oppure per applicazioni in campo vicino quando sono importanti effetti non stazionari come variabilità delle condizioni meteorologiche, calme di vento, discontinuità terra-mare, ecc. ([http://www.epa.gov/scram001/dispersion\\_prefrec.htm](http://www.epa.gov/scram001/dispersion_prefrec.htm)).

In merito all'incertezza insita nelle stime modellistiche si richiama il documento "*Guideline on Air Quality Models*" (US-EPA, 2005) dove viene dichiarato che i modelli sono più affidabili per stime di concentrazioni medie di lungo periodo, piuttosto che per concentrazioni di breve periodo in specifici siti e che le stime relative ai massimi di concentrazione vanno ritenute ragionevolmente affidabili come ordine di grandezza. Una sovrastima dei massimi dell'ordine del 10 fino al 40% sono citati come tipici. La normativa italiana, similmente, (rif. DM 60/02) prevede un'incertezza del 30% per le medie annue e del 50% per quelle orarie e giornaliere.

In CALPUFF l'emissione degli inquinanti (continua o non) viene modellizzata attraverso il rilascio di 'pacchetti' di materiale, detti *puff*, ognuno dei quali assume un comportamento indipendente. Ogni *puff* è caratterizzato dalla posizione del suo baricentro e dalle sue dimensioni nelle tre direzioni dello spazio. Dal punto di vista concettuale il trasporto di ciascun puff, dovuto al campo di vento medio, è completamente descritto dalla traiettoria del baricentro, mentre la sua evoluzione, quindi l'incremento delle sue dimensioni con conseguente diminuzione della concentrazione, è dovuta all'interazione tra il *puff* ed i vortici presenti nel PBL (diffusione turbolenta).

In ogni ora, scansione tipica dell'input meteorologico, il modello tiene conto, oltre che dei nuovi rilasci, dei *puff* che non hanno ancora abbandonato il dominio di calcolo. La diffusione turbolenta dei *puff* è descritta, in ognuna delle tre dimensioni longitudinale, laterale e verticale, con la distribuzione gaussiana e le concentrazioni sono calcolate sulla base del contributo di tutti i *puff* che nell'intervallo temporale considerato passano sopra o in prossimità dei recettori.

Rispetto ai modelli gaussiani stazionari, CALPUFF consente il trattamento delle calme di vento. Quando la velocità del vento scende al di sotto di una certa soglia (in questa applicazione si considera calma il vento inferiore a 0.5 m/s) lo sbandieramento è tale da non rendere affidabile il dato di direzione di avvezione. In tali condizioni CALPUFF rilascia tutta la massa emessa nell'ora in un unico *puff* di dimensioni circolari che si innalza in base al galleggiamento termico (differenza di temperatura tra fumi e aria ambiente) e che evolve non più in base alla turbolenza dell'atmosfera ma in base al tempo di residenza nel dominio.

---

<sup>1</sup> Environmental Protection Agency degli USA.

Inoltre, CALPUFF è in grado di considerare, seppure in modo semplificato, alcune delle più tipiche reazioni chimiche in atmosfera. In particolare il codice consente la simulazione delle reazioni di ossidazione degli ossidi di azoto e zolfo e la conseguente formazione di nitrati e solfati. Per queste reazioni il modello richiede all'utente l'inserimento dei valori di concentrazione di background di O<sub>3</sub> e NH<sub>3</sub>.

### 3.1.1 Input meteorologico

Nel presente studio, CALPUFF è stato applicato in catena con CALMET, il preprocessore meteorologico di tipo diagnostico che, a partire da dati di stazioni meteo, elabora campi tridimensionali di vento e temperatura e bidimensionali dei parametri micrometeorologici che governano la dispersione all'interno del PBL (Planetary Boundary Layer).

L'impiego di CALMET, in catena con CALPUFF, consente di considerare la discontinuità terra - mare che caratterizza il caso in esame e di valorizzare la non stazionarietà di CALPUFF medesimo.

CALMET è stato da tempo adottato da ARPAV<sup>2</sup>, quale preprocessore meteorologico di riferimento per la modellistica a scala regionale, con una griglia di risoluzione spaziale di 4 km.

Il dominio regionale, di 200x168 km<sup>2</sup>, comprende tutta la pianura veneta e una porzione della zona montana, con risoluzione di calcolo di 4x4km<sup>2</sup>. Verticalmente CALMET è inizializzato con 10 livelli verticali dalla superficie a 3000 m di altezza. I dati meteorologici relativi al primo livello verticale sono registrati presso 39 stazioni (con anemometro a 10 m in pianura e 5 in zona montuosa) di cui 9 stazioni sinottiche dell'Aeronautica Militare e 30 stazioni della rete del Centro Meteorologico di Teolo; a questi si aggiungono i dati della stazione *off-shore* gestita dal Comune di Venezia e posizionata sulla piattaforma del CNR a largo della laguna di Venezia. Per quanto riguarda i livelli verticali superiori, i dati in input a CALMET sono relativi a 3 radiosondaggi (Milano-Linate, Udine-Campoformido e Bologna-San Pietro Capofiume).

L'ottimizzazione dei campi meteorologici, in particolare i campi di vento su scala regionale, è stata condotta mediante un processo di *tuning* in fase di implementazione del modello (Sansone *et al.*, 2005 and Pernigotti *et al.*, 2005).

Per la simulazione delle opere di costruzione del MOSE, volendo descrivere con maggior dettaglio l'input meteorologico, e in particolare ottenere una migliore descrizione della discontinuità terra-mare che caratterizza il dominio di indagine, si è adottata la strategia di utilizzare l'output meteorologico di CALMET a scala regionale come condizione iniziale in cui sono state innestate le simulazioni con maggiore risoluzione a 500 m, su domini di dimensioni ridotte (20x20 km<sup>2</sup>) centrati sulle singole bocche di porto. La

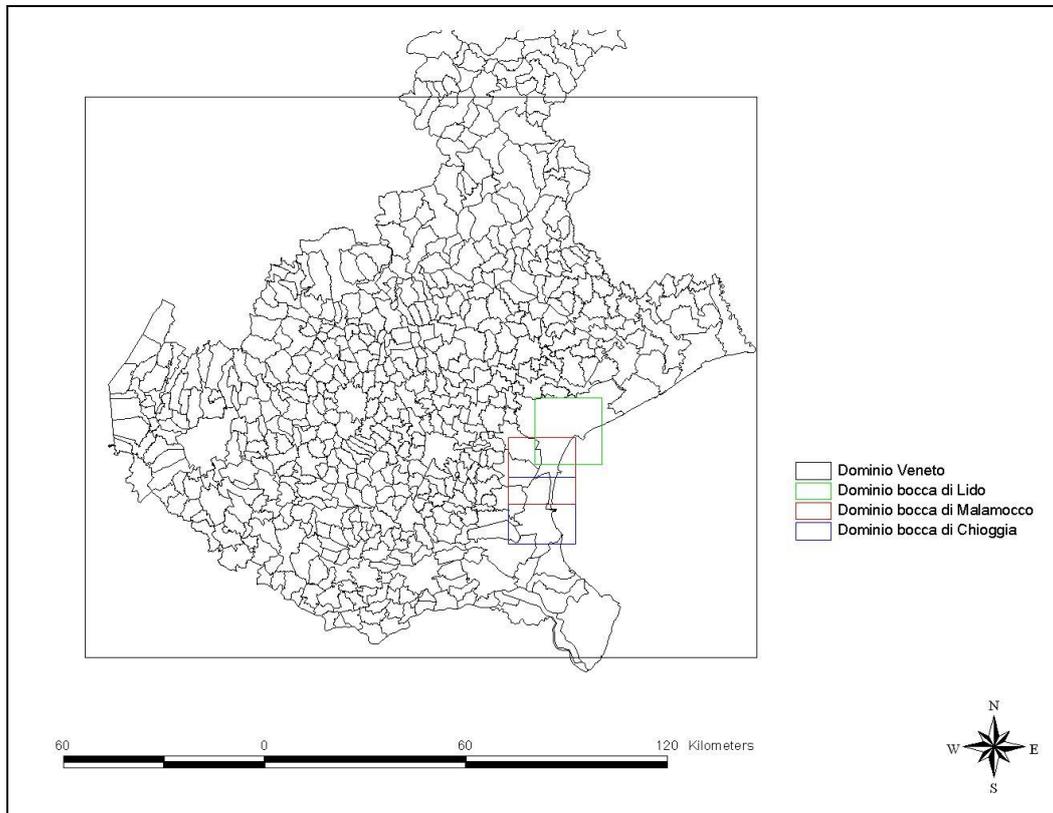
Figura 1 illustra la collocazione geografica del dominio regionale di CALMET e dei sottodomini a maggiore risoluzione per le tre bocche di porto.

---

<sup>2</sup> In particolare dall'Unità Operativa Meteorologia Ambientale e Modellistica (U.O.M.A.M.) presso il Centro Meteo di Teolo (CMT).

CORILA  
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA  
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

Figura 1 Dominio di calcolo regionale di CALMET e sottodomini relativi alle tre bocche di porto



### 5.1.1 *Dominio di calcolo*

I domini di calcolo adottati per le simulazioni con il modello di dispersione CALPUFF per le tre bocche di porto sono coincidenti con i rispettivi sottodomini di CALMET descritti al paragrafo precedente, ma con risoluzione maggiore, pari a 250x250 m<sup>2</sup>.

### 5.1.2 *Caratterizzazione delle sorgenti emissive*

CALPUFF prevede la possibilità di implementare diverse tipologie di sorgenti emissive (puntuali, lineari, areali, volumetriche), potendo scegliere il modo più adeguato al caso in esame per caratterizzare l'input emissivo al modello.

Per le aree dei cantieri del MOSE si sono raggruppate le fonti inquinanti in due categorie: emissioni da combustione (NO<sub>x</sub> e PM<sub>10</sub>) dai mezzi a motore sia terrestri che acquei che operano nei cantieri, e risollevarimento di polveri sottili nelle aree interessate dai cantieri, dovute sia al passaggio di mezzi durante le attività di cantiere, sia all'azione erosiva del vento su superfici di terreno non pavimentato.

Le emissioni da combustione sono state introdotte nel modello come sorgenti volumetriche, che permettono di combinare in un'unica sorgente virtuale parecchie singole sorgenti distribuite in una determinata area. Per ogni bocca di porto è stata assegnata una sorgente volumetrica per ciascuna zona di cantiere (su terra o su mare), secondo gli stessi raggruppamenti con cui il

CORILA  
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA  
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

Consorzio Venezia Nuova, per il tramite del CORILA, ha fornito i dati relativi all'impiego dei mezzi nei cantieri.

Le emissioni di polveri sottili da risollevarimento sono parametrizzate come sorgenti areali, utilizzate per modellizzare emissioni diffuse a livello del suolo senza spinta verticale, e collocate presso le aree di cantiere a terra.

La collocazione e dimensione delle sorgenti areali e volumetriche sono state ricavate dagli *shape file* dei cantieri forniti dal CORILA; la Figura A1 in Appendice ne fornisce una visualizzazione. I ratei emissivi associati alle sorgenti così caratterizzate sono discussi nei prossimi paragrafi.

### 3.2 Stima delle emissioni da mezzi di cantiere

Il Consorzio Venezia Nuova, per il tramite del CORILA, ha fornito allo scrivente ufficio dati relativi alle attività di cantiere in termini di numero di mezzi di cantiere per numero di giorni; i mezzi di cantiere sono stati conteggiati secondo le seguenti tipologie:

MEZZI DI TERRA	MEZZI ACQUEI
dumper, camion	motopontoni
escavatori, miniescavatori	pontoni, chiatte
betoniere	motopontoni con escavatore o gru
carrelli elevatori, merli	pontoni con escavatore o gru
autogru, gru cingolata, gru 50t	motonavi, motobarche
terne, ruspe, pale, rulli, pompe carrate	draghe
mezzi speciali (gru telescopica ...)	spintori, rimorchiatori
altri mezzi (gru a torre, vibratore)	motopontoni con escavatore o gru
	pontoni con escavatore o gru

A questi dati, forniti per ogni bocca di porto e suddivisi per zona di lavoro e mese, sono stati associati dalla Direzione Lavori le percentuali di utilizzo medie mensili e la potenza media per tipologia di mezzo. Come da indicazioni fornite dalla Direzione Lavori, si è assunto che tutti i mezzi sia acquei che di terra fossero dotati di motore diesel, operanti per 10 ore al giorno.

### 3.2.1 Mezzi di terra

Le informazioni fornite sono state utilizzate per applicare il livello Tier 3 (di maggior dettaglio, applicabile a scala locale) della metodologia di stima ufficiale europea CORINAIR, presentata nel Guidebook 2009 alla sezione 1.A.4 *Other mobile* (update June 2010).

Secondo tale metodologia la stima delle emissioni viene effettuata secondo la seguente formula:

$$E = N \times \text{HRS} \times \text{HP} \times \text{LF} \times \text{EF}$$

dove:

E = emissione per l'intero periodo considerato [g]

N = numero mezzi

HRS = durata di lavoro nel periodo considerato [h]

HP = potenza nominale media [kW]

LF = fattore di carico del motore

EF = fattore di emissione medio [g/kWh]

Per i mezzi *off-road* utilizzati in ambito civile-industriale, la metodologia CORINAIR differenzia i fattori di emissione per potenza nominale del mezzo e per tecnologia di trattamento dei gas di scarico, suddividendoli essenzialmente in mezzi non catalizzati (*uncontrolled*), in mezzi con tecnologia Stage I, II o IIIA. Per ulteriori dettagli si riporta in Appendice la tabella 2-3 del Guidebook 2009 (Tabella A1).

In assenza di dati precisi relativi al parco mezzi utilizzati nei 3 cantieri delle opere del MOSE, è stata effettuata una ricostruzione della distribuzione dei mezzi per età e livello tecnologico, incrociando le informazioni relative alla ripartizione dell'uso di combustibile per età del veicolo e tecnologia ricavate dalle tabelle 3-3 e 3-7 del Guidebook stesso (a cui si rimanda per ulteriori approfondimenti). Tale operazione ha permesso di calcolare un fattore di emissione, per *range* di potenza del mezzo, pesato su una "flotta-tipo" di mezzi diesel mediamente utilizzati in ambito civile-industriale a livello europeo.

A scopo cautelativo comunque, oltre al "fattore pesato", che in pratica ricostruisce una flotta con preponderanza di mezzi di categoria tra Stage I e Stage II, le stime emissive sono state condotte anche considerando il parco mezzi attivo nei cantieri come interamente costituito da mezzi "*uncontrolled*".

In

Tabella 1 sono riassunti i fattori di emissione utilizzati per NOx e PM, quest'ultimo considerato come completamente costituito da PM10.

CORILA  
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA  
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

Tabella 1 Fattori di emissione [g/kWh] utilizzati per i mezzi di terra

		<b>power range (kW)</b>							
<i>pollutant</i>	<b>EF</b>	<b>0-20</b>	<b>20-37</b>	<b>37-75</b>	<b>75-130</b>	<b>130-300</b>	<b>300-560</b>	<b>560-1000</b>	<b>&gt; 1000</b>
NO <sub>x</sub>	<i>composite</i>	14.4	9.8	8.1	7.6	7.6	7.6	14.4	14.4
	<i>uncontrolled</i>	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4
PM	<i>composite</i>	2.6	1.3	0.8	0.6	0.5	0.5	1.3	1.3
	<i>uncontrolled</i>	2.6	2.1	1.8	1.4	1.3	1.3	1.3	1.3

Per quanto riguarda infine i fattori di carico (*load factor*) si è deciso di riferirsi alla documentazione corredata all'inventario US-EPA AP42 (*Median Life, Annual Activity, and Load Factor Values for Nonroad Engine Emissions Modeling, EPA420-P-02-014, 2002*), che rappresenta la fonte della metodologia europea per i mezzi *off road* (Tabella 2). Questi fattori rappresentano il rapporto medio tra potenza effettivamente assorbita durante le operazioni di lavoro e la potenza nominale del mezzo impiegato.

Tabella 2 Fattori di carico per i mezzi off-road

<b>MEZZI DI TERRA</b>	<b>LF</b>
dumper, camion	0.21
escavatori, miniescavatori	0.59
betoniere	0.43
carrelli elevatori, merli	0.59
autogru, gru cingolata, gru 50t	0.43
terne, ruspe, pale, rulli, pompe carrate	0.59
mezzi speciali (gru telescopica ...)	0.43
altri mezzi (gru a torre, vibratore)	0.43

### 3.2.2 Mezzi acquei

In questo caso si è applicata la metodologia presentata nella sezione 1.A.3.d - *Navigation (international navigation, national navigation, national fishing)* del Guidebook 2009, sempre per il livello di dettaglio maggiore (Tier 3).

CORILA  
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA  
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

L'equazione per la stima delle emissioni è sostanzialmente analoga al caso precedente: la stima si ottiene moltiplicando i fattori di emissione per la potenza nominale, per le ore di funzionamento e per il fattore di carico del motore. In questo caso però la metodologia di dettaglio differenzia fattori di emissione e di carico per le diverse fasi di attività (crociera, stazionamento e manovra); il calcolo dell'emissione totale è ottenuto come sommatoria di questi tre contributi.

$$E_{\text{trip}} = E_{\text{cruise}} + E_{\text{manoeuvring}} + E_{\text{hotelling}}$$

Inoltre la metodologia differenzia i fattori di carico per motore principale e ausiliario.

Nel caso specifico delle emissioni da mezzi acquei di cantiere si è ritenuto di trascurare la fase di crociera (che in pratica è consistita nel raggiungimento delle zone di lavoro) e di stazionamento, e di considerare tutta l'attività svolta come fase di manovra. Inoltre, data la stazza ridotta delle imbarcazioni, non è stato possibile differenziare tra motore principale e ausiliario, e si è quindi utilizzato cautelativamente il fattore di carico di 0.5 per tutte le tipologie individuate.

A partire da questa considerazione e in riferimento alle indicazioni ottenute dalla Direzione Lavori relative all'utilizzo praticamente esclusivo del combustibile MDO (marine diesel oil), i fattori di emissione utilizzati nella presente stima sono quelli riportati nella successiva Tabella 3, estratti dalla tabella 3-10 (*Tier 3 Emission Factors for NO<sub>x</sub>, NMVOC, PM and Specific Fuel Consumption for different engine types/fuel combinations and vessel trip phases cruising, hotelling, manoeuvring in g/kWh*) del Guidebook 2009.<sup>3</sup>

Tabella 3 Fattori di emissione utilizzati per i mezzi acquei

Pollutant	Emission Factor [g/kWh]
NO <sub>x</sub>	10.2
PM	0.9

### 3.2.3 Emissioni

Il risultato della stima delle emissioni per l'intero anno 2011 è presentato nella seguente Tabella 4, dettagliata per bocca di porto. I risultati del Lido sono parziali, in quanto, in attesa dei dati delle attività di cantiere del secondo semestre non ancora inviati dalla Direzione Lavori, il valore annuo è stato stimato raddoppiando le emissioni del primo semestre.

Le stime, come ovvio, riflettono la diversa intensità dell'attività cantieristica nelle tre bocche, con valori decisamente più contenuti per Chioggia rispetto agli altri cantieri. Anche il livello tecnologico considerato per il parco di mezzi terrestri attivi pesa significativamente sulle emissioni. Si ritiene che il calcolo ottenuto considerando tutti i mezzi come "uncontrolled" sia cautelativo. Infine è interessante notare come, mentre per le bocche di Chioggia e Lido i contributi dei mezzi acquei e terrestri siano paragonabili, per la bocca di Malamocco le operazioni a terra, soprattutto

---

<sup>3</sup> Il Guidebook differenzia ulteriormente i fattori di emissione in "high, medium e slow speed engine". Di queste tre categorie, considerando che i motori diesel a bassa velocità sono tipicamente utilizzati nelle grandi navi, si è deciso di scegliere i fattori di emissione della categoria intermedia, medium speed diesel.

CORILA  
 ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA  
 COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

relative alla spalla sud e alla costruzione dei cassoni, sono preponderanti rispetto al resto delle attività.

Le emissioni riassunte in Tabella 4 sono comunque state calcolate a livello di dettaglio mensile e per zona di lavoro, come riportato nelle tabelle in Appendice (Tabelle da A2 a A5). Per la bocca di porto di Lido sono state mantenute separate le zone di lavoro in mare e su terra.

Da questi input di dettaglio sono stati calcolati i ratei emissivi per le sorgenti volumetriche simulate con CALPUFF.

Tabella 4 Emissioni totali 2011 per bocca di porto [Mg]

Bocca di Porto	tipo	NOx	NOX uncontr.	PM	PM uncontr.
Chioggia	mezzi di terra	12.1	23.0	0.9	2.1
	mezzi acquei	20.1		1.8	
	<b>totale</b>	<b>32.2</b>	<b>43.0</b>	<b>2.7</b>	<b>4.0</b>
Malamocco	mezzi di terra	100.1	189.9	6.9	17.3
	mezzi acquei	46.5		4.1	
	<b>totale</b>	<b>146.6</b>	<b>236.4</b>	<b>11.0</b>	<b>21.4</b>
Lido	mezzi di terra	48.4	91.9	3.4	8.4
	mezzi acquei	49.8		4.4	
	<b>totale</b>	<b>98.2</b>	<b>141.7</b>	<b>7.8</b>	<b>12.8</b>

### 3.3 Stima delle emissioni da risollevarimento

La stima delle polveri da risollevarimento, sia eolico che dovuto alle attività di cantiere che possono essere fonti di polverosità, è stata effettuata applicando il metodo speditivo proposto nell'inventario US-EPA AP42 per "Heavy construction operations". I risultati dell'applicazione di tale approccio sintetico, sono riportati per le tre bocche di porto in Tabella 5, suddivisi per risollevarimento eolico e da cantiere.

CORILA  
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA  
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

Rispetto alla precedente stima, è stata ridotta l'area esposta di ogni cantiere, considerando che la presenza dei cassoni e degli edifici tecnici di fatto riducono l'area esposta al risollevarimento ed è stata introdotta una correzione "open-pit"<sup>4</sup>, che stima che il 9% delle polveri emesse sia trattenuto all'interno delle ture collocate sotto il livello del suolo.

Tabella 5 Stima emissioni di PM10 [Mg/anno] per risollevarimento

Bocca di porto	risollevarimento da cantiere	risollevarimento eolico
Chioggia	9.6	2.5
Malamocco	22.4	5.8
Lido	13.0	3.4

Come indicato nel primo rapporto periodico, il fattore di emissione applicato per stimare l'impatto delle attività di cantiere è di 0.11 tonn/acro/mese, secondo quanto proposto dall'Agenzia di Protezione dell'Ambiente dello Stato della California ([www.arb.ca.gov/ei/areasrc/fullpdf/full7-7.pdf](http://www.arb.ca.gov/ei/areasrc/fullpdf/full7-7.pdf)), che tiene in considerazione un'attività cantieristica di 8 ore al giorno.

Tale metodologia speditiva è stata utilizzata in alternativa al metodo di calcolo dettagliato, previsto sempre per l'inventario US-EPA AP42, specifico per il risollevarimento dovuto al passaggio dei mezzi su superfici non pavimentate e illustrato nella seguente equazione:

$$EF_i(kg/km) = k_i \cdot (s/12)^{a_i} \cdot (W/3)^{b_i}$$

dove:

$EF_i$  = fattore di emissione per la i-esima frazione granulometrica

s = frazione di silt nel terreno [%]

W = peso dei mezzi circolanti [Mg]

$k_i, a_i, b_i$  = coefficienti indicati nella sottostante Tabella 6.

---

<sup>4</sup> In una miniera aperta (open pit) situata sotto il livello del suolo, una parte delle polveri emesse rimane intrappolata all'interno per la scarsità della ventilazione. In Rosemont Copper Company - "CALPUFF Modeling Report to Assess" - <http://www.rosemonteis.us/files/technical-reports/013224.pdf> si stima nel 9% la frazione di polveri trattenute.

CORILA  
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA  
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

Tabella 6 Valori dei coefficienti empirici per frazione granulometrica di particolato

	$k_i$	$a_i$	$b_i$
<b>PTS</b>	1.38	0.7	0.45
<b>PM10</b>	0.423	0.9	0.45
<b>PM2.5</b>	0.0423	0.9	0.45

Per applicare il metodo di dettaglio è richiesta la quantificazione (approssimata) del numero di passaggi e quindi di chilometri percorsi dai mezzi operanti sulle superfici sterrate del cantiere, eventualmente desumibile dai volumi di materiale movimentato all'interno dei cantieri.

Nonostante la mancanza di dati per la stima dei chilometri percorsi nei singoli cantieri, si è tentata l'applicazione di questo approccio più specifico a partire dai dati forniti dalla Direzione Lavori per la bocca di Malamocco, fissando alcune ipotesi:

- i mezzi totali considerati circolanti sono dati dalla sommatoria delle seguenti categorie: dumper e camion, scavatori e miniescavatori, betoniere, carrelli elevatori, terne, ruspe, pale e pompe carrate;
- tutti i mezzi percorrono al giorno circa 4 km (ottenuti mediante GIS a partire dallo *shape file* fornito da CORILA, sommando tutti i percorsi liberi tra i cassoni);
- la percentuale di silt è pari al 5% (ricavata dalla Carta dei Suoli del Veneto, per l'unità tipologica di suolo ALO1);
- si è assunto un peso medio per veicolo a medio carico di 30 tonnellate (ricavato da ricerche bibliografiche per dumper di potenze di circa 250-300 kW).

Tali ipotesi, particolarmente stringenti sia per il percorso medio che per il peso dei veicoli, portano comunque ad una stima di 28.9 tonnellate di PM10, confrontabili con le 22.4 ottenute con il metodo speditivo. Si ritiene quindi che in mancanza di ulteriori informazioni, di più complesso recepimento, la stima con il metodo speditivo possa considerarsi esaustiva.

Per quanto riguarda il risollevarimento eolico si è utilizzato il fattore di emissione di 0.85 tonn/ha/anno<sup>5</sup>, pari a  $2.695 \times 10^{-6}$  g/m<sup>2</sup>/s, definito per "unpaved road" in assenza di copertura vegetale.

---

<sup>5</sup> U.S. EPA - AP42, Compilation of air pollutant emission factors, volume 1 capitolo 11, quinta edizione.

Il sollevamento eolico è stato ipotizzato sempre presente; durante le ore di attività diurna tale fattore si associa al risollevarimento dovuto al passaggio di mezzi.

### 3.4 Simulazioni eseguite e risultati

Per ogni bocca di porto si è proceduto alla definizione del dominio di calcolo per la predisposizione dell'input meteorologico ad alta risoluzione. In tutti i casi, il modello meteorologico CALMET è stato applicato a domini di ampiezza pari a 20 km x 20 km, con risoluzione di 500 m, all'incirca centrati su ciascuna bocca di porto, come illustrato in

Figura 1, utilizzando come *first guess*<sup>6</sup> del campo meteorologico una simulazione di CALMET su un dominio a scala regionale con risoluzione di 4 km.

È stato in questo modo predisposto un input meteorologico per l'intero anno 2011 per ciascuna bocca di porto.

Il dominio di calcolo di CALPUFF coincide, per ciascuna bocca, con il corrispondente dominio di CALMET innestato sulla singola bocca di porto ed ha una risoluzione pari a 250 m. Il modello calcola il valore orario di concentrazione dei diversi inquinanti non solo su tutti i punti della griglia regolare di 250 m all'interno del dominio di calcolo, ma anche su addizionali recettori discreti coincidenti con le posizioni dei siti di monitoraggio del MOSE, per permettere un confronto dell'output modellistico con le misure di qualità dell'aria fornite dal CORILA.

Con la configurazione descritta, sono state eseguite separatamente le simulazioni per le emissioni da combustione e per le polveri sottili da risollevarimento.

#### 3.4.1 Simulazioni per le emissioni da combustione

Nelle simulazioni, le emissioni da combustione sono state caratterizzate come sorgenti volumetriche. Per calcolare gli input emissivi orari per il modello, le emissioni di NO<sub>x</sub> e PM<sub>10</sub>, stimate su base mensile per ogni zona di lavoro dei cantieri, sono state distribuite sulle sole ore lavorative, ipotizzando che i cantieri siano in attività dalle 8 alle 18 dei giorni feriali.

Per permettere il calcolo delle concentrazioni di NO<sub>2</sub>, in CALPUFF è stato applicato lo schema chimico RIVAD/ARM3: il quantitativo totale stimato di ossidi di azoto emessi, identificato come NO<sub>x</sub>, è stato separato nei componenti della miscela, secondo la proporzione (in peso) 95% NO - 5% NO<sub>2</sub>, tipica delle combustioni. Inoltre sono stati forniti in input al modello i valori di concentrazione oraria di ozono (richiesti dallo schema stesso) misurati nel corso dell'anno 2011 presso le stazioni ARPAV di Chioggia e Venezia Sacca Fisola.

Per ogni bocca di porto sono state eseguite simulazioni annuali per l'NO<sub>x</sub>, l'NO<sub>2</sub> e il PM<sub>10</sub>; i risultati relativi a quest'ultimo inquinante sono stati poi sommati a quelli calcolati nelle simulazioni, descritte qui di seguito, relative alle polveri da risollevarimento. I risultati relativi al PM<sub>10</sub> totale (da combustione e da risollevarimento) sono inoltre stati elaborati su base stagionale (trimestri gennaio-marzo, aprile-giugno, luglio-settembre, ottobre-dicembre).

---

<sup>6</sup> Condizione del campo meteorologico ipotizzata in fase iniziale. Su di essa vengono effettuati affinamenti successivi per ottenere il campo meteorologico richiesto.

### 3.4.2 Simulazioni per le polveri sottili da risollevarimento

Per le simulazioni relative al PM10 da risollevarimento, le emissioni sono state parametrizzate come sorgenti areali costituite da poligoni (quadrilateri) tracciati in corrispondenza delle aree interessate dai cantieri. Le superfici di ciascun poligono sono riportate nella sottostante Tabella 7 e la loro collocazione è visualizzata in Figura A1 in Appendice.

Tabella 7 Sorgenti areali per la simulazione del risollevarimento di polveri

	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Frazione sterrata + correzione open-pit</b>	<b>EF diurno (dalle 8 alle 18) [g/m<sup>2</sup>/s]</b>	<b>EF notturno [g/m<sup>2</sup>/s]</b>
<b>Chioggia</b>				
poligono spalla nord (tura)	100116	0.23	6.33894E-06	6.13188E-07
poligono spalla sud (piarda)	13080	0.50	1.39317E-05	1.34767E-06
<b>Malamocco</b>				
poligono nord spalla sud	34414	1.00	2.78635E-05	2.69533E-06
spalla sud-costruz. cassoni	137268	0.25	6.96587E-06	6.73833E-07
<b>Lido</b>				
poligono tura - Treporti	76364	0.23	6.33894E-06	6.13188E-07
poligono isola	22352	1.00	2.78635E-05	2.69533E-06

Come argomentato nel precedente paragrafo, si è ritenuto adeguato l'utilizzo di un fattore di emissione di 0.11 tonn/acro/mese per il risollevarimento di polveri per le attività dei mezzi di cantiere, applicato per 10 ore al giorno in orario lavorativo<sup>7</sup>, e di 0.85 tonn/ha/anno relativamente al risollevarimento eolico. Tali fattori di emissione sono stati rapportati alla porzione sterrata stimata per ciascuna area di cantiere, ricavandone un fattore di emissione "efficace" diurno (attività di cantiere + risollevarimento eolico) e uno notturno (risollevarimento eolico), inseriti in input al modello.

### 3.4.3 Analisi degli output

Nelle Figure da 2 a 13 si presentano, per ciascuna bocca di porto, le mappe delle concentrazioni medie annuali di NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> e PM10 prodotti dalle attività di cantiere, dettagliando inoltre il PM10 nelle quote prodotte dalla combustione nei mezzi a motore e dal risollevarimento. In ciascuna

<sup>7</sup> Senza distinzione tra giorni feriali e lavorativi, in quanto nel caso delle sorgenti areali non è stato possibile per ora applicare una più sofisticata modulazione temporale, come invece fatto per le sorgenti volumetriche.

CORILA  
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA  
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

mappa sono anche evidenziate le posizioni dei punti di monitoraggio della qualità dell'aria dei cantieri del MOSE.

I valori dei massimi di dominio per la media annuale, ottenuti per i vari inquinanti in ciascuna bocca di porto, sono ricapitolati in Tabella 8. Per la ricerca dei massimi di dominio sono stati esclusi i punti ricadenti all'interno delle aree descritte come sorgenti emmissive.

Tabella 8 Concentrazioni [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] - massimi di dominio (esclusi i punti di cantiere) delle medie annuali

	NO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	PM10		
			emiss. mezzi	risolleivamento	emiss mezzi + risolleivamento
<b>Lido</b>	31.2	66.3	5.3	15.8	21.1
<b>Malamocco</b>	42.4	138.0	10.8	20.2	24.3
<b>Chioggia</b>	14.1	25.1	2.1	10.9	12.7

La bocca di porto per la quale risultano concentrazioni medie annuali più elevate per tutti gli inquinanti è quella di Malamocco, nella quale infatti, in base alla documentazione fornita dalla Direzione Lavori, risulta un'attività di cantiere più intensa in termini di numero di mezzi impiegati, ed una maggiore estensione dell'area di potenziale risolleivamento di polveri PM10.

Per tale bocca, le medie annuali di NO<sub>2</sub> superano i 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (valore limite annuale per la protezione della salute umana di cui al D.Lgs. 155/2010) in un punto del dominio posizionato a ridosso del cantiere, in corrispondenza della spiaggia degli Alberoni. Per questa bocca di porto il recettore sensibile più significativo è stato individuato, anche in termini di monitoraggio della qualità dell'aria, nella casa di cura di Santa Maria al Mare, ed in questo punto il modello stima una concentrazione media annua compresa nell'intervallo 5-10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  per il solo effetto del cantiere.

Per quanto riguarda gli NO<sub>x</sub>, il modello stima il superamento del livello critico annuale per la protezione della vegetazione<sup>8</sup> (30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , di cui al D.Lgs. 155/2010), in una fascia di circa 500 m nella porzione più meridionale della spiaggia degli Alberoni.

Anche per il PM10, in corrispondenza del sito di monitoraggio presso la casa di cura di Santa Maria al Mare il modello stima valori di concentrazione media annuale tra 1 e 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , ampiamente al di sotto del limite di legge di 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (rif. D.Lgs. 155/2010). Nella totalità del dominio di calcolo, la media annuale del PM10 stimata per le attività di cantiere supera il limite di legge solo nei punti ricadenti all'interno del cantiere stesso, mentre l'abitato di San Pietro in Volta, posizionato a circa 1 km di distanza, vede un contributo inferiore ai 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Si può dunque concludere che, per quanto attiene ai limiti in vigore per la protezione della salute umana per l'NO<sub>2</sub> ed il PM10, le simulazioni modellistiche su Malamocco non mostrino alcuna criticità, mentre in riferimento alla protezione della vegetazione, il contributo alla concentrazione

<sup>8</sup> Secondo il decreto da verificarsi presso i siti di monitoraggio per la protezione della vegetazione.

CORILA  
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA  
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

media annuale di NO<sub>x</sub> del cantiere verso gli Alberoni meriti una certa attenzione al fine di tutelare quest'area.

Per quanto riguarda la bocca di porto di Lido, il valore medio annuale di NO<sub>2</sub> dalle attività di cantiere rimane al di sotto del valore limite di legge di 40 µg/m<sup>3</sup> in tutto il dominio di calcolo, fatta eccezione per i punti ricadenti all'interno dell'area di cantiere, che si trovano in corrispondenza dello specchio d'acqua compreso tra i due moli foranei. Si segnala come l'abitato di Punta Sabbioni ricada nella porzione di dominio dove il contributo del cantiere alla concentrazione media annua di NO<sub>2</sub> è inferiore a 5 µg/m<sup>3</sup>, e solo nella sua propaggine più prossima al cantiere ricada nell'intervallo 20-40 µg/m<sup>3</sup>.

Anche presso la bocca di porto di Lido, il contributo del cantiere alle concentrazioni medie annuali di NO<sub>x</sub> comporta il superamento del valore limite di 30 µg/m<sup>3</sup>, ma ciò avviene in un'area che non presenta siti sensibili a tale forma di inquinamento.

Infine, in merito al contributo dei cantieri alle concentrazioni di PM<sub>10</sub>, si può osservare, in modo simile a quanto visto per l'NO<sub>2</sub>, come l'abitato di Punta Sabbioni sia solo marginalmente interessato dal cantiere.

Ancor più che per la bocca di Malamocco, nel caso del Lido l'impatto del cantiere sui livelli di concentrazione dei tre inquinanti in esame non mostra elementi di criticità, né sotto l'aspetto della protezione della salute umana né della tutela della vegetazione.

I risultati delle simulazioni modellistiche relative alla bocca di Chioggia rispecchiano un'attività di cantiere meno intensa rispetto alle due precedenti.

Per quanto riguarda l'NO<sub>2</sub> e il PM<sub>10</sub>, i rispettivi valori limite per la protezione della salute umana non sono superati nemmeno nelle aree di cantiere, mentre l'NO<sub>x</sub> raggiunge e supera il livello critico annuale di 30 µg/m<sup>3</sup> per la protezione della vegetazione solo all'interno delle aree di cantiere, nello specchio acqueo tra i due moli foranei.

Figura 2 Concentrazione media annuale di NO<sub>2</sub> - bocca di Lido

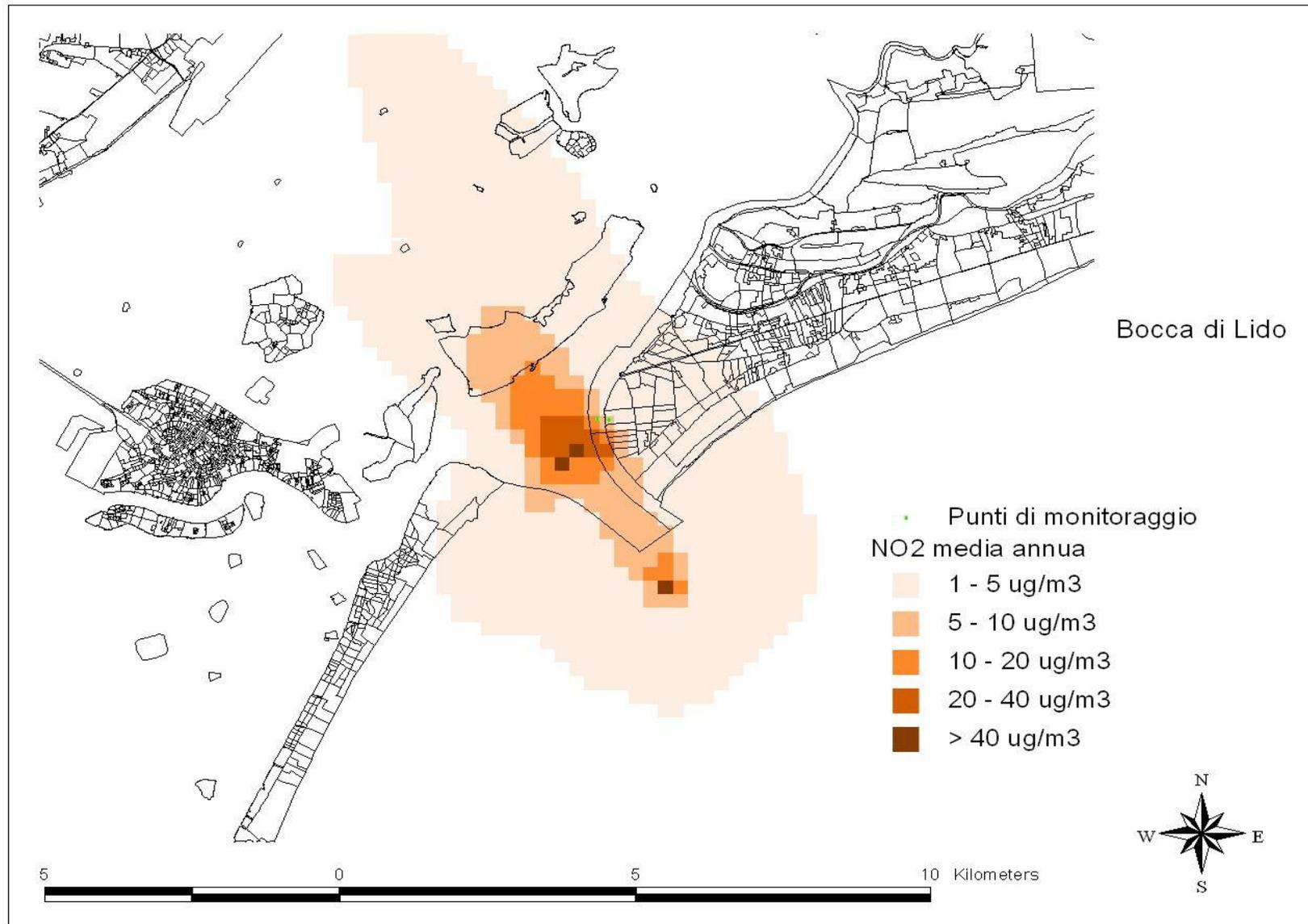


Figura 3 Concentrazione media annuale di NOx - bocca di Lido

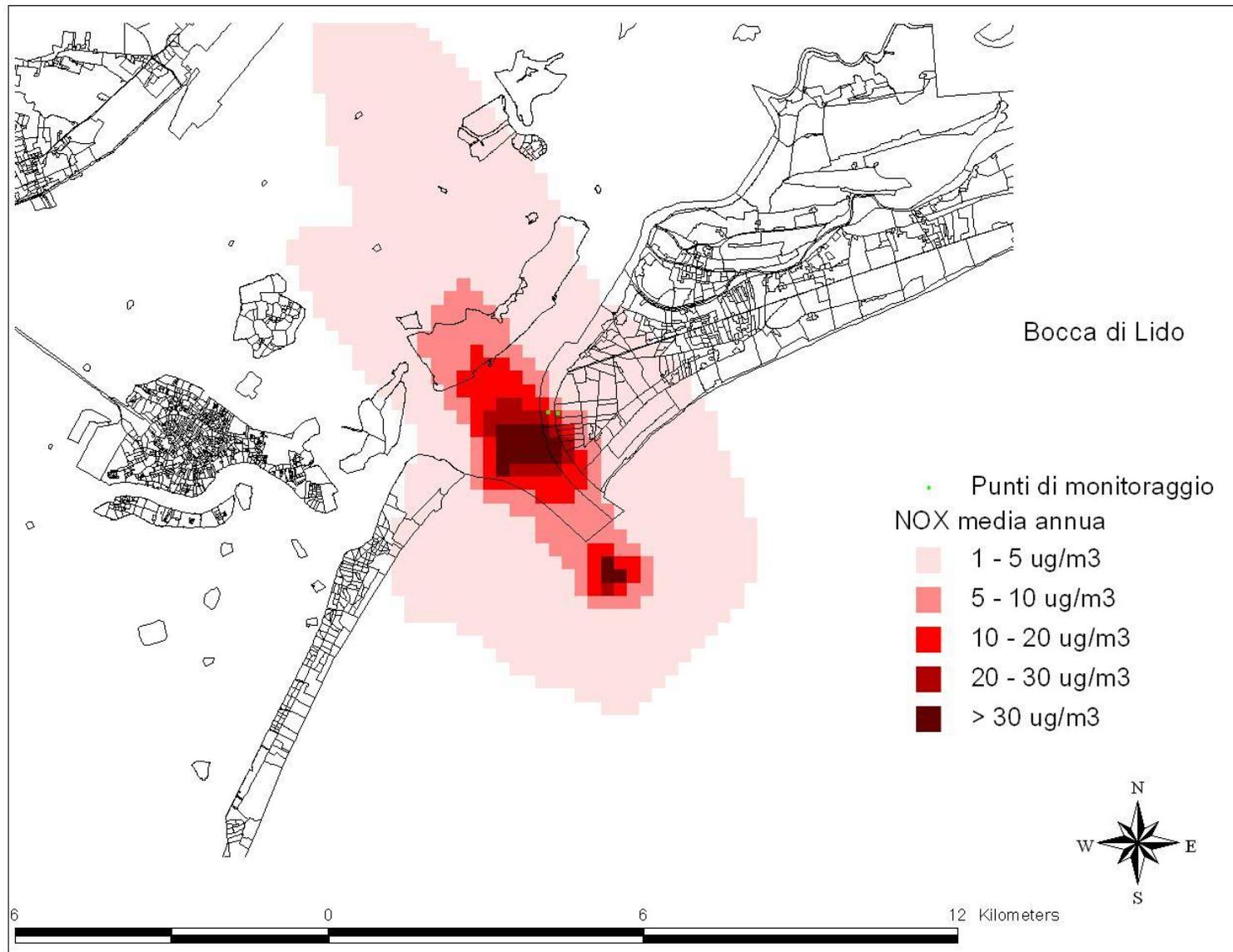


Figura 4 Concentrazione media annuale di PM10 (emissioni mezzi + risolleamento) - bocca di Lido

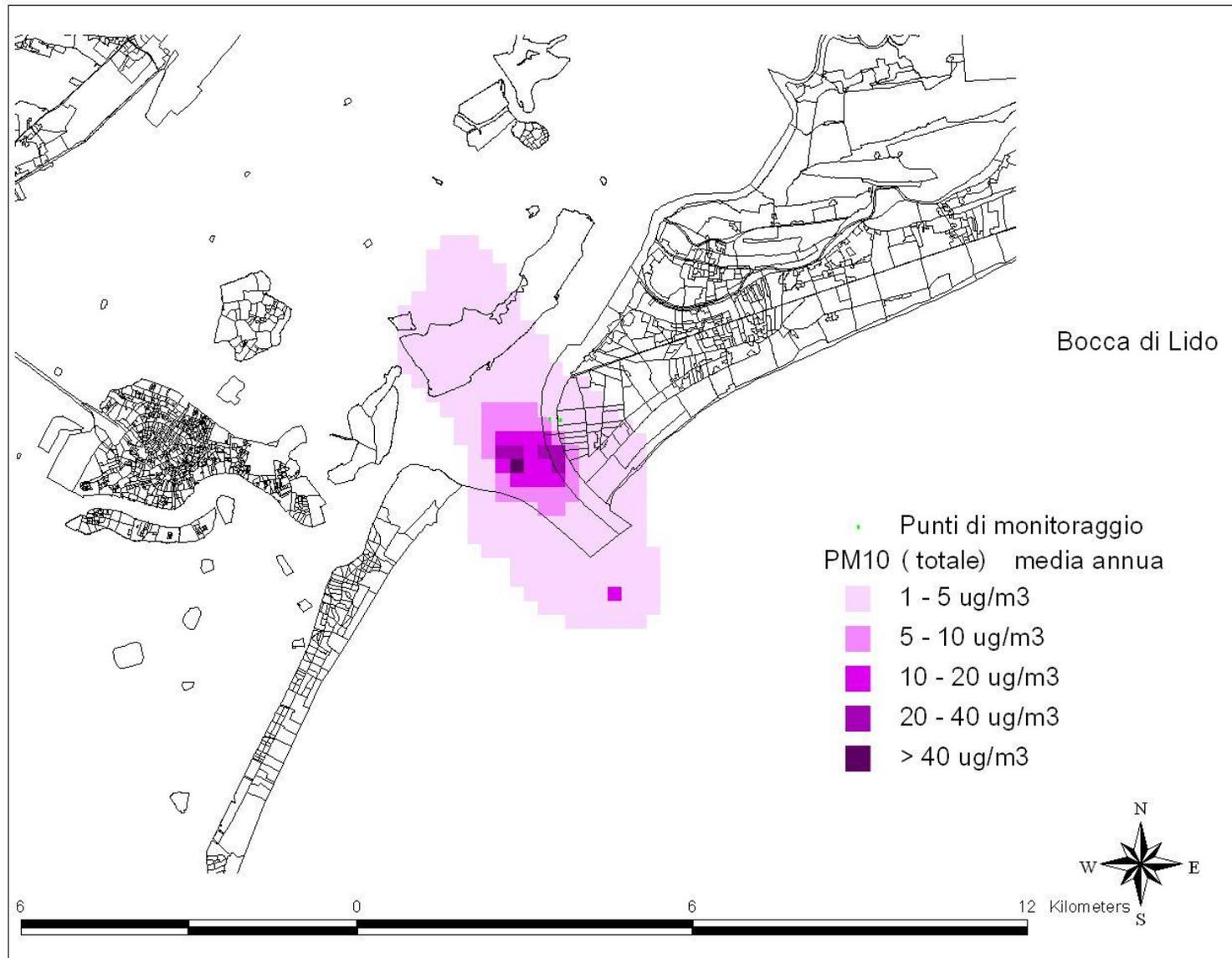


Figura 5 Concentrazione media annuale di PM10: a sinistra: emissione mezzi - a destra: risolleramento - bocca di Lido

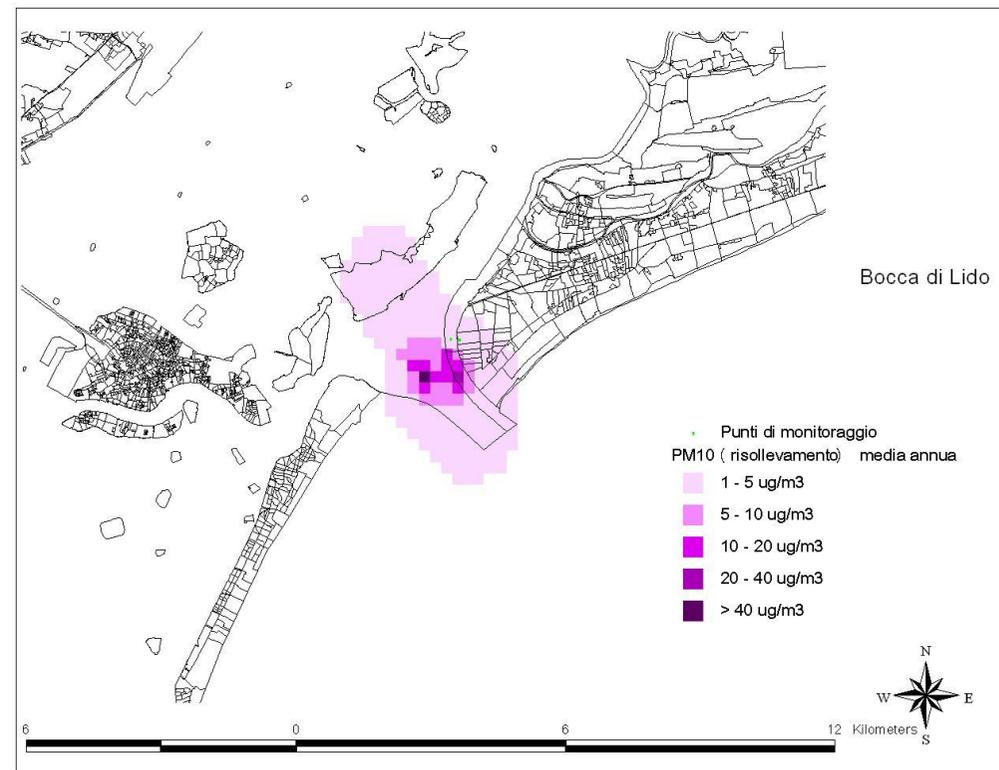
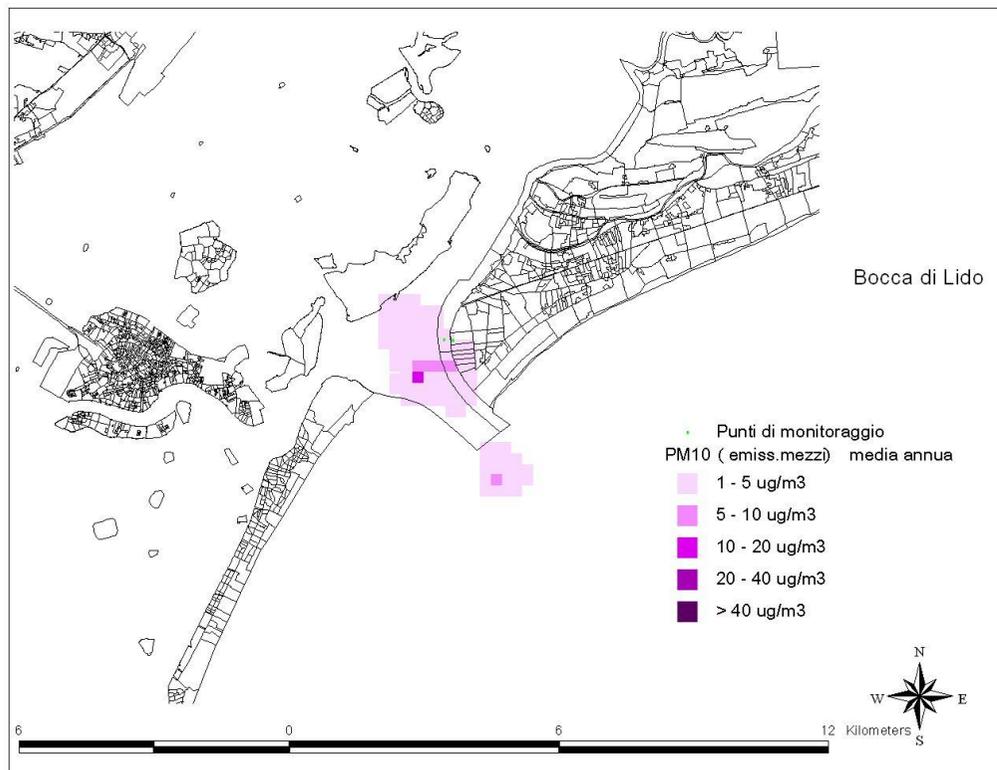


Figura 6 Concentrazione media annuale di NO2 - bocca di Malamocco

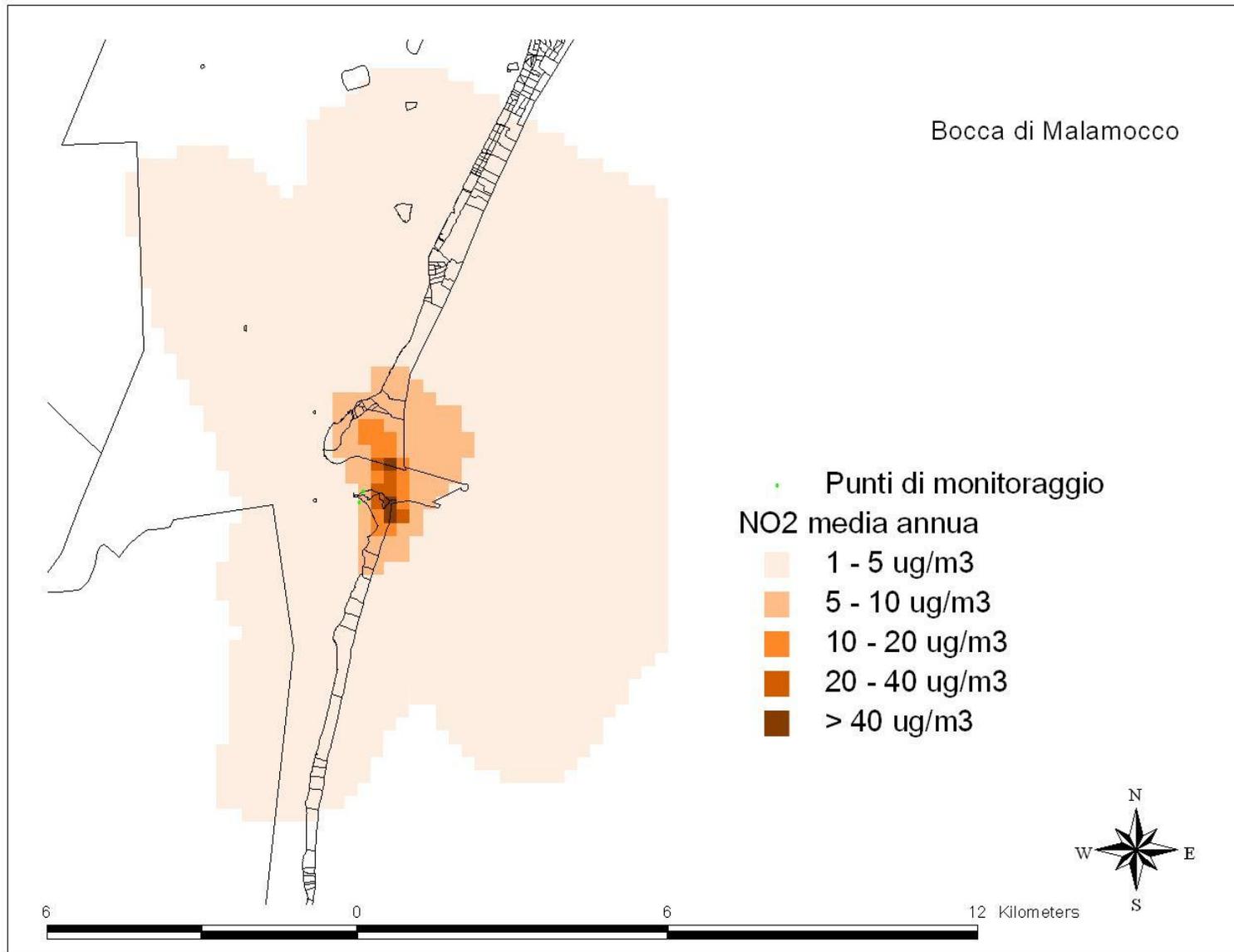


Figura 7 Concentrazione media annuale di NOx - bocca di Malamocco

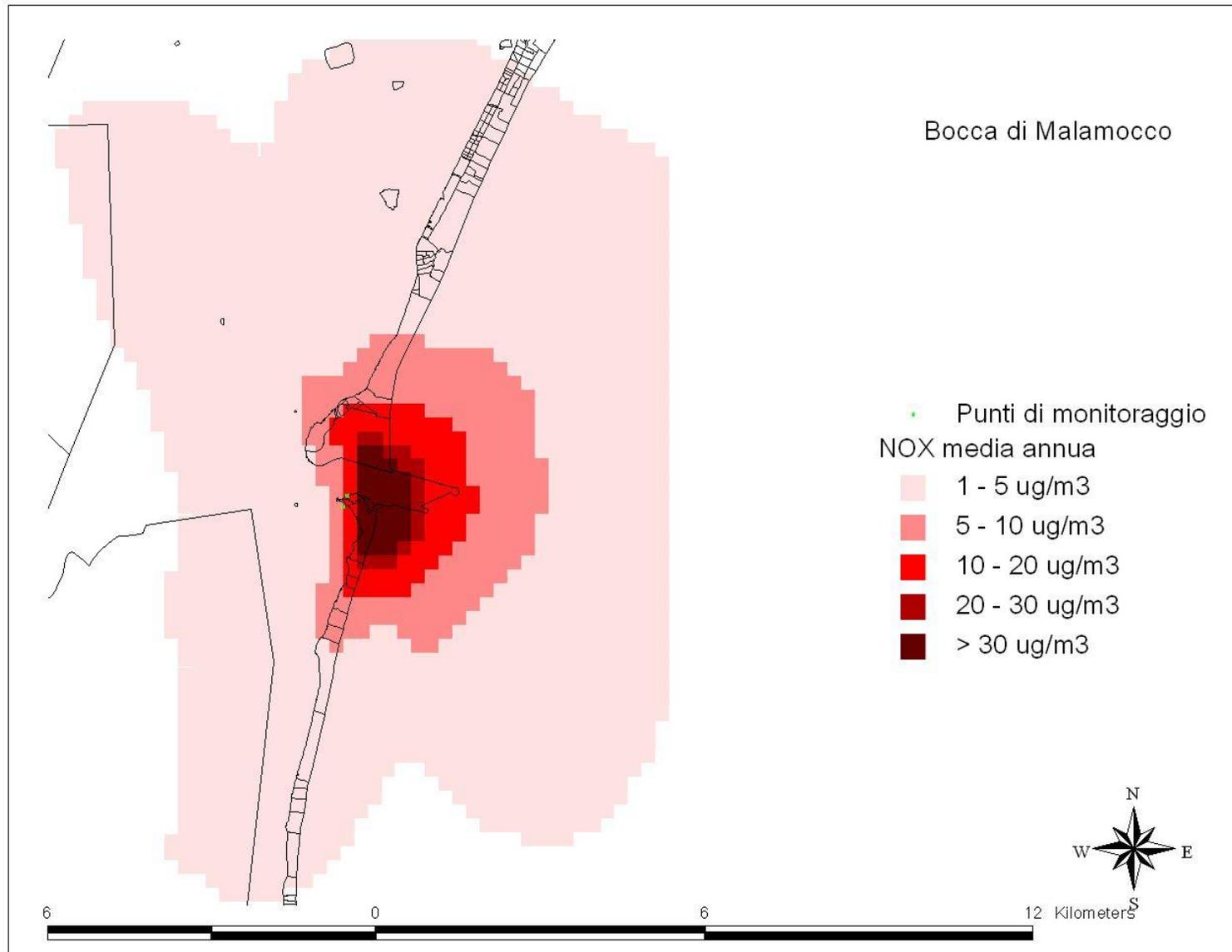


Figura 8 Concentrazione media annuale di PM10 (emissione mezzi + risolleivamento) - bocca di Malamocco

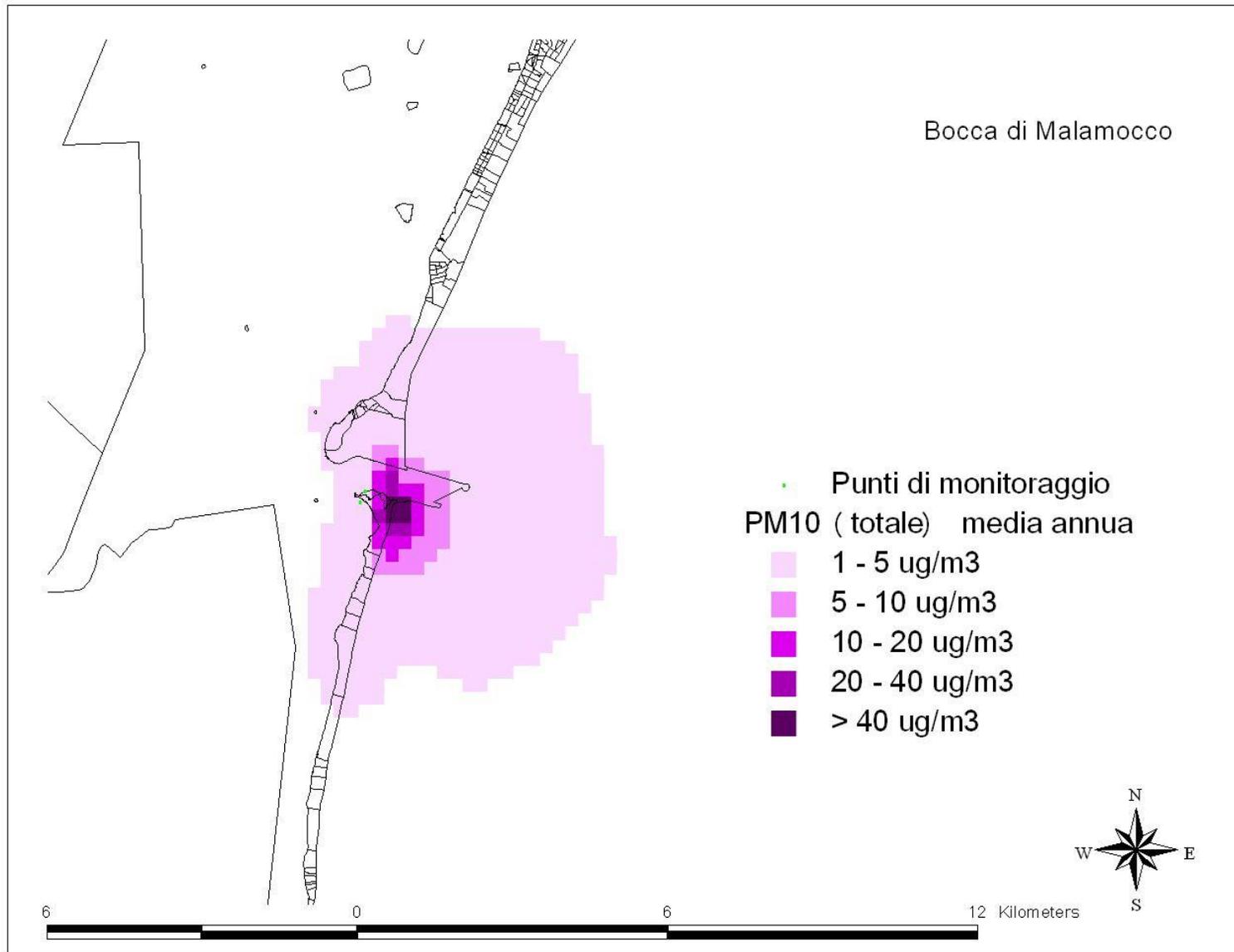


Figura 9 Concentrazione media annuale di PM10: a sinistra: emissione mezzi - a destra: risolleivamento - bocca di Malamocco

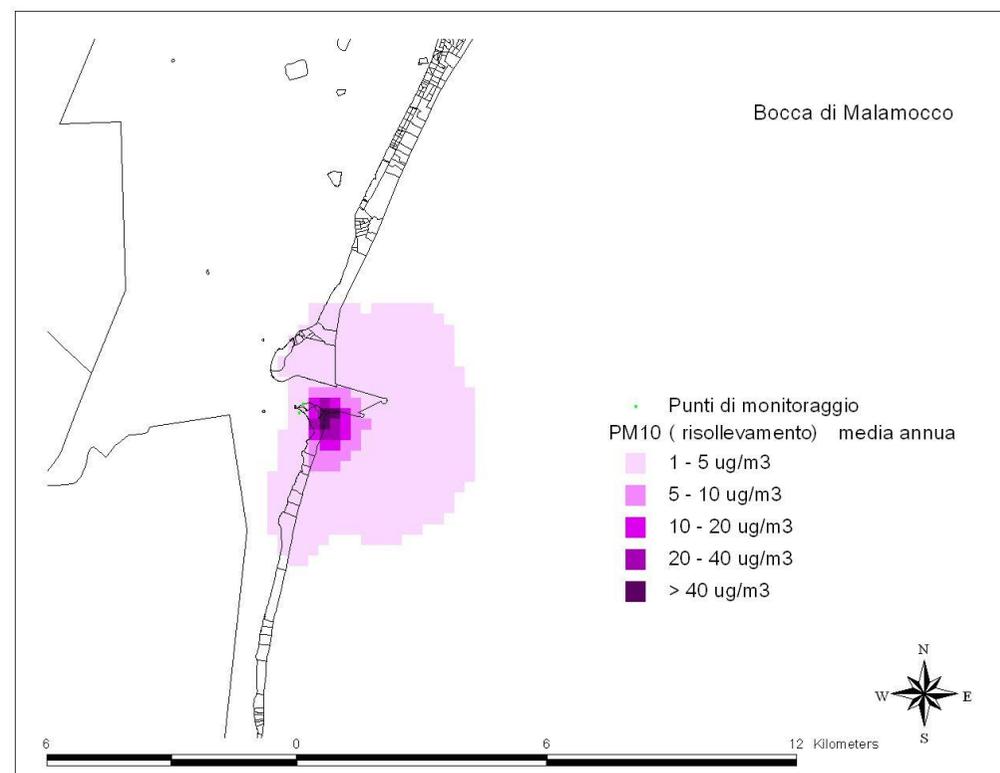
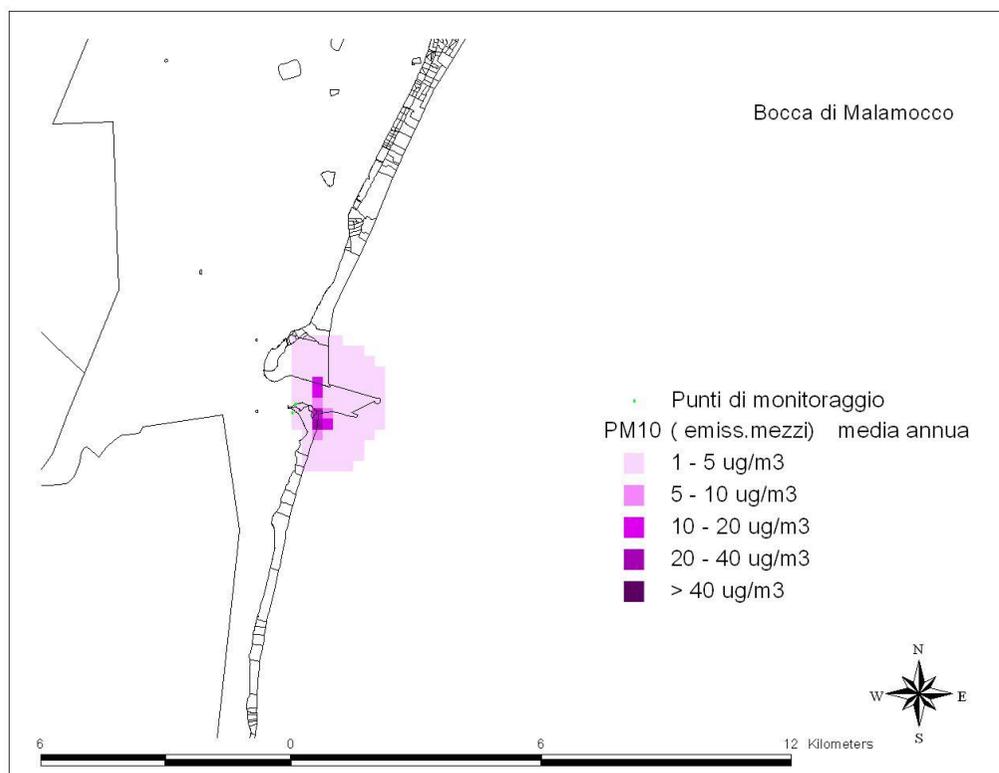


Figura 10 Concentrazione media annuale di NO2 - bocca di Chioggia

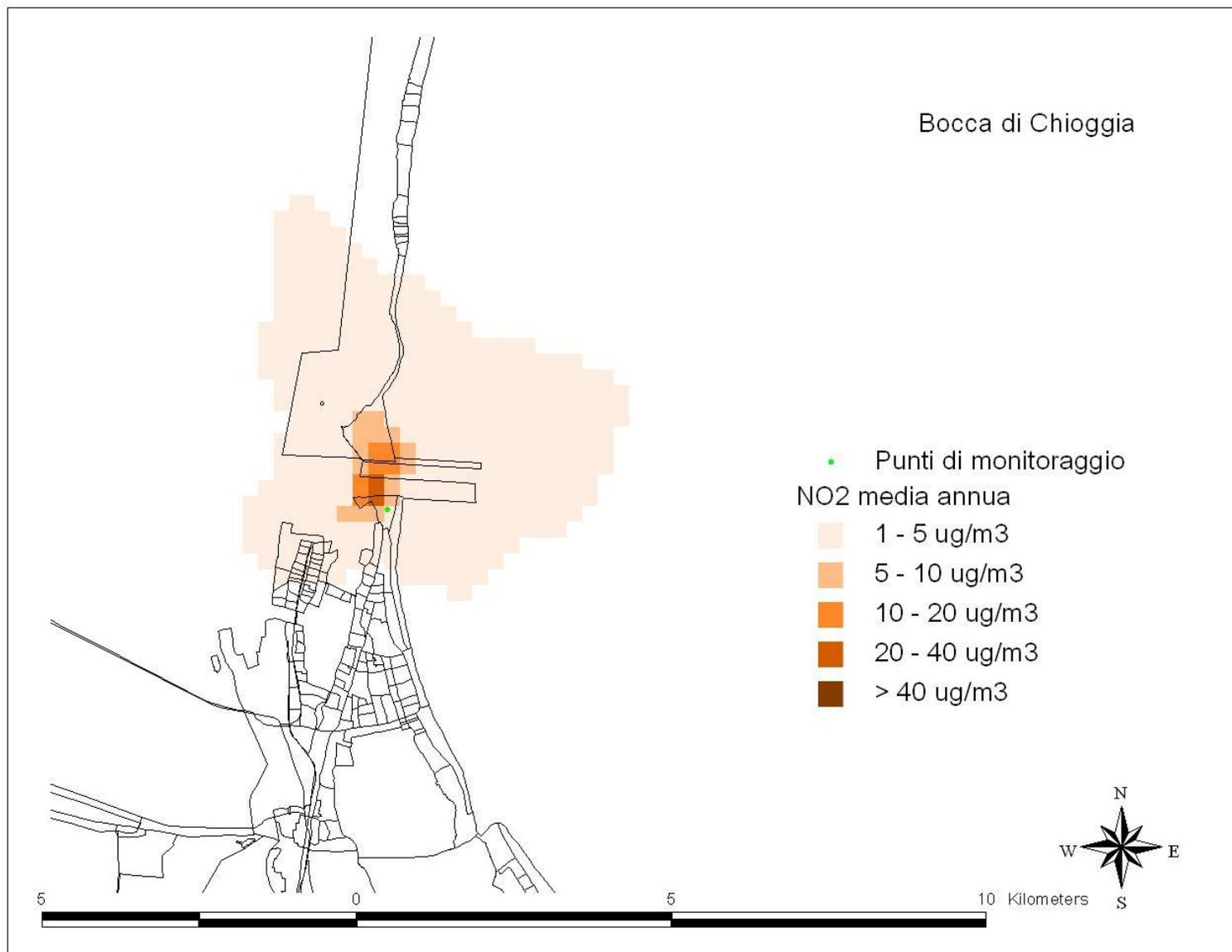


Figura 11 Concentrazione media annuale di NOx - bocca di Chioggia

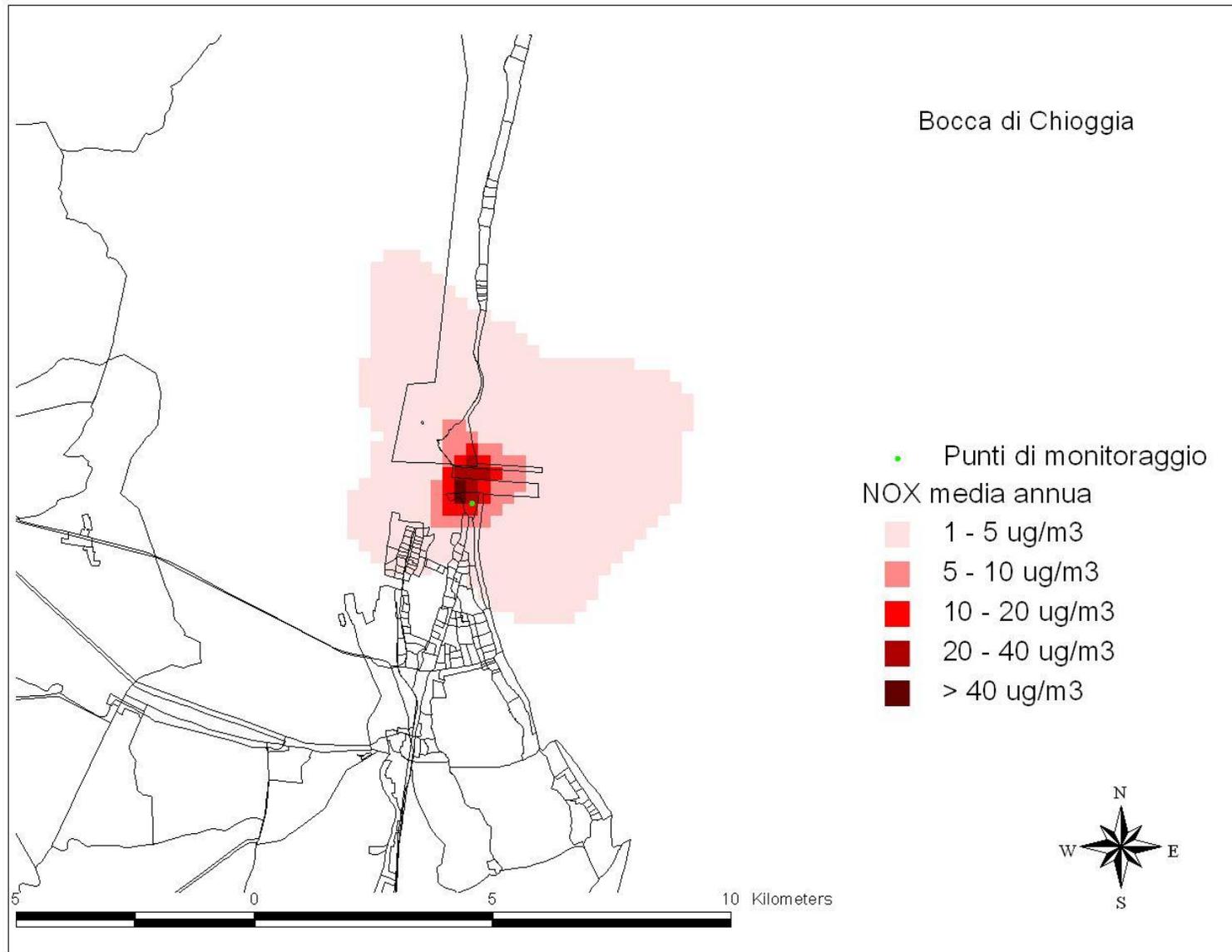


Figura 12 Concentrazione media annuale di PM10 (emissione mezzi + risollelamento) - bocca di Chioggia

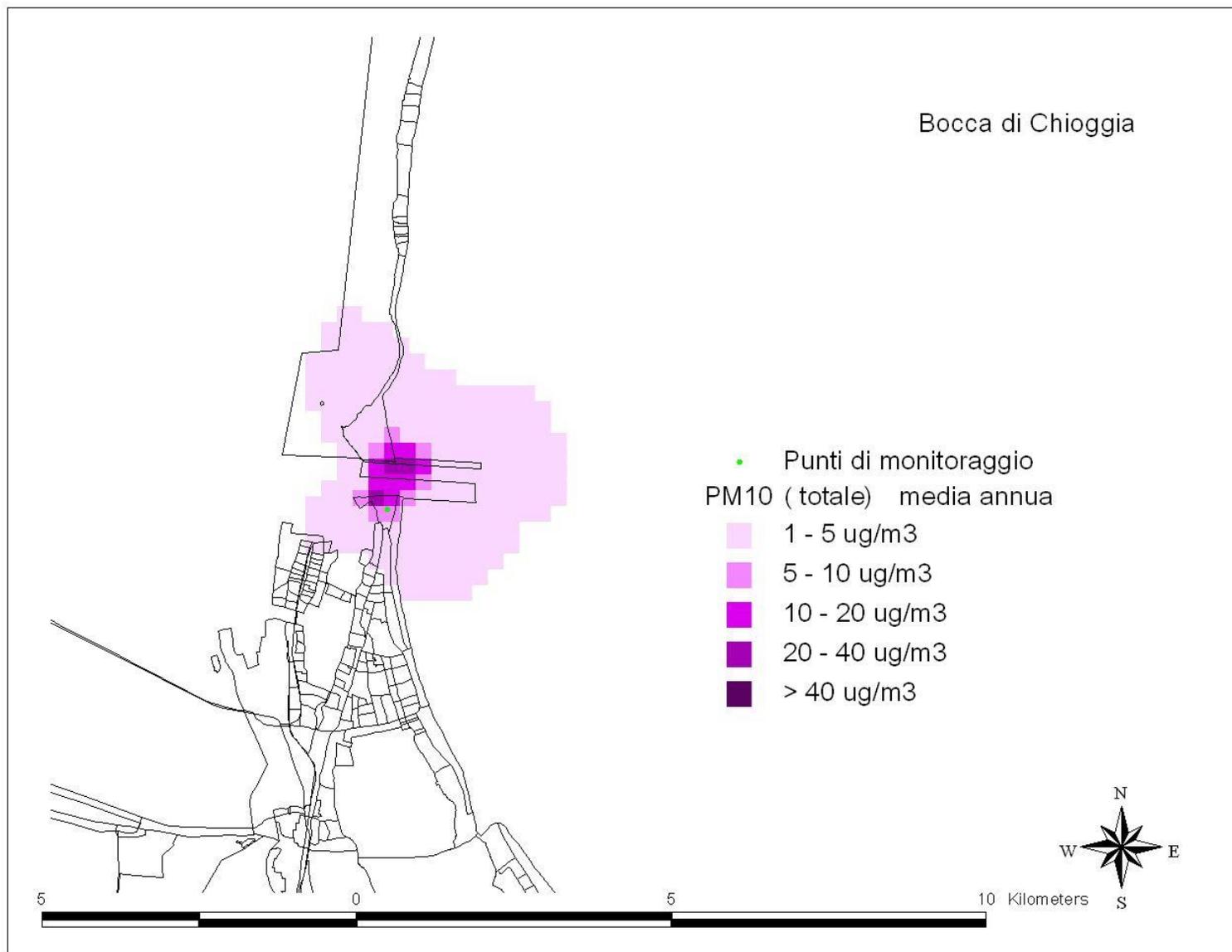
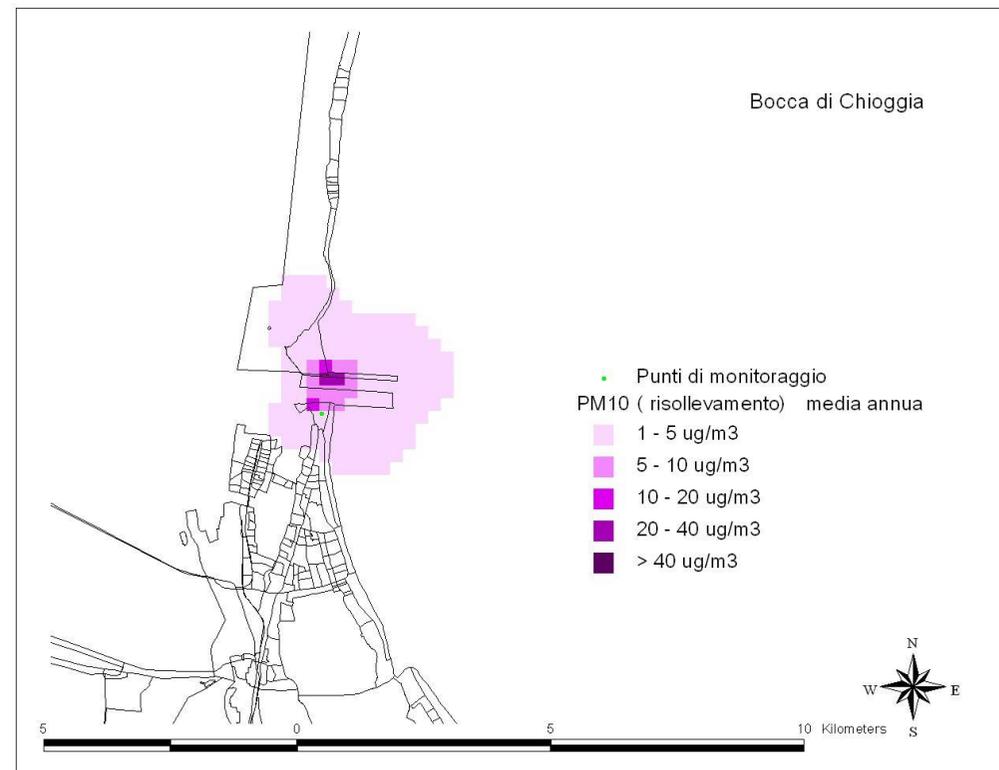
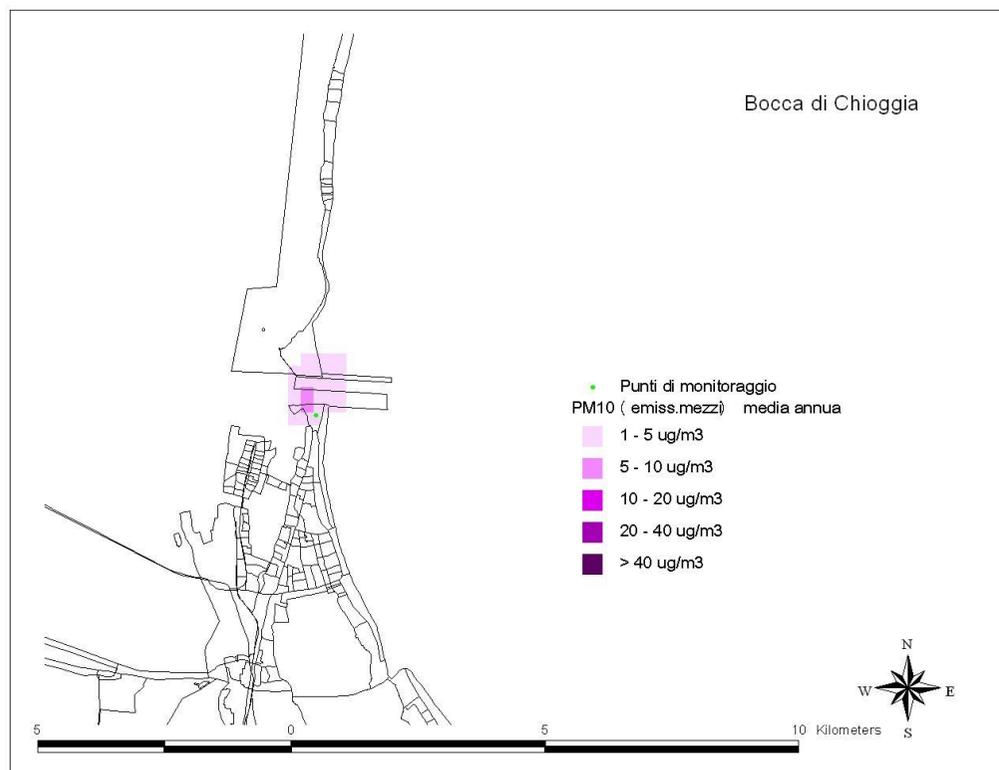


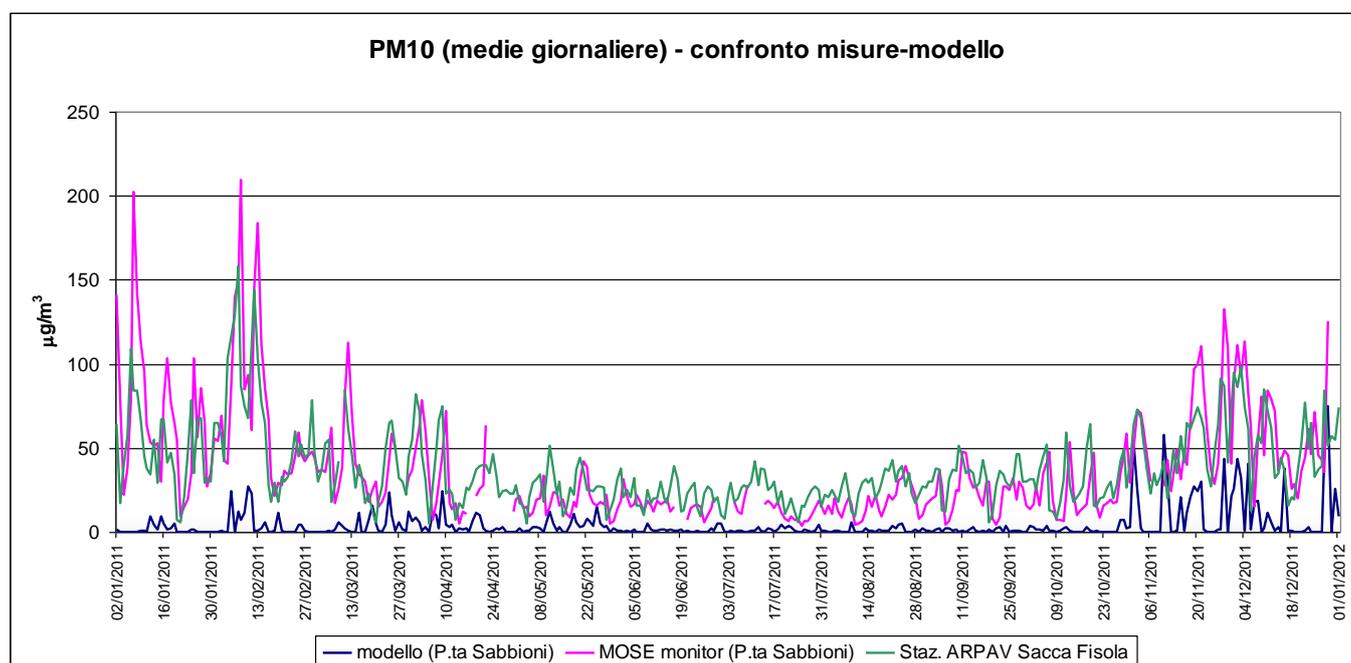
Figura 13 Concentrazione media annuale di PM10: a sinistra: emissione mezzi - a destra: risollevamento - bocca di Chioggia



### 3.4.4 Approfondimenti

Per il PM10 sono state effettuate anche simulazioni stagionali. Per ciascuna bocca di porto, si riportano in Appendice (Figure da A2 a A4) le mappe delle medie trimestrali del PM10 totale (emissione da combustione dei mezzi di cantiere e da risollevarimento). Per tutte e tre le bocche di porto, la stagione in cui il modello stima un contributo più rilevante da parte dei cantieri del MOSE sulla concentrazione di PM10 è il trimestre ottobre-dicembre. In Figura 14 si riporta l'andamento delle medie giornaliere stimate dal modello in corrispondenza del punto di misura di Punta Sabbioni, in cui si evidenzia come il contributo del cantiere sia più consistente nell'ultima parte dell'anno. In tale figura è stato anche riportato l'andamento annuale del PM10 misurato presso la stazione di background urbano più prossima ai cantieri, rappresentata dalla stazione ARPAV di Sacca Fisola.

Figura 14 Serie annuali di PM10 (medie giornaliere). Confronto misure-modello



All'interno di tale trimestre, si è selezionato un periodo di quattro giorni (dal 26 al 29 dicembre 2011) nel quale il modello stima, in corrispondenza dei siti di monitoraggio presso le tre bocche di porto, i livelli di PM10 orario più elevati.

Questo approfondimento ha portato all'elaborazione di una serie di mappe di concentrazioni medie giornaliere nei quattro giorni in esame per le tre bocche, riportate in Appendice (Figure da A5 a A7).

Nelle mappe si possono notare zone di superamento del valore limite giornaliero di 50 µg/m<sup>3</sup> del PM10 nelle due bocche di porto di Lido e Malamocco. Tali valori si verificano in punti molto prossimi alle aree di cantiere stesse, arrivando nella giornata del 27-28 dicembre al Lido e del 26-28-29 dicembre a Malamocco, ad interessare, seppur marginalmente, gli abitati di Punta Sabbioni e San Pietro in Volta rispettivamente.

Per effettuare una valutazione degli effetti acuti dell'impatto delle attività di cantiere nelle tre bocche di porto, nel periodo più critico, il trimestre ottobre-dicembre 2011, si è voluto calcolare l'occorrenza del superamento per l'NO<sub>2</sub> del valore limite orario di 200 µg/m<sup>3</sup>, da non superare più di 18 volte nell'anno

civile. Da un punto di vista statistico, su base annua il 19° massimo orario è rappresentato dal 99.8° percentile della serie dei dati. Nel trimestre in esame il 99.8° percentile è stato dunque mappato per le tre bocche di porto (Figure da A8 a A10).

La stessa statistica è stata inoltre applicata sia alle serie di dati orari misurati nel corso delle campagne di misura presso i due cantieri di Lido e Malamocco, sia agli output modellistici calcolati sui medesimi siti nelle medesime ore ed è riportata in Tabella 9.

Tabella 9 Calcolo del 99.8° percentile degli insiemi delle misure delle campagne e dei concomitanti output modellistici

	<b>misura</b>	<b>modello</b>	<b>numerosità degli insiemi</b>
GAS1 (bocca di Lido)	85.5	213.5	576
GAS2 (bocca di Malamocco)	94.3	72.3	1726

La statistica del 99.8° percentile, relativa al quarto trimestre, mostra superamenti del valore limite orario per l'NO<sub>2</sub> di 200 µg/m<sup>3</sup> per tutte e tre le bocche di porto. Tale impatto, per quanto rilevante, può considerarsi cautelativo in quanto corrisponde ad una cautelativa ricostruzione dell'andamento orario delle emissioni, con l'attività lavorativa protratta anche in inverno fino alle ore 18 comprese.

Proprio nelle ore serali, dopo il tramonto, nelle condizioni atmosferiche particolarmente stabili, il modello simula i massimi di concentrazione che probabilmente sono sovrastimati, come sembra evidenziarsi in particolare per il caso del Lido nel confronto misura - modello di Tabella 9.

## 4 CONCLUSIONI

Il presente documento costituisce il rapporto conclusivo di descrizione delle attività svolte per la simulazione delle ricadute di inquinanti generate dalle attività di cantiere del MOSE presso le bocche di porto di Lido, Malamocco e Chioggia.

Sono qui presentate le attività svolte nell'intero periodo di convenzione relativamente alle tre bocche di porto:

- stima delle emissioni nell'anno 2011 di gas (NO<sub>x</sub> ed NO<sub>2</sub>) e polveri (PM<sub>10</sub>) da mezzi di cantiere;
- stima speditiva del risollevario di polveri fini PM<sub>10</sub> e confronto con metodi più raffinati (basati su alcune assunzioni cautelative);
- simulazione della dispersione dei prodotti della combustione dei mezzi di cantiere (NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> e PM<sub>10</sub>) e del PM<sub>10</sub> da risollevario per l'intero anno 2011;
- simulazione del PM<sub>10</sub> da combustione e da risollevario su base stagionale (trimestrale);
- approfondimenti in termini di:
  - analisi di dettaglio, su base giornaliera, di un episodio con elevate concentrazioni di PM<sub>10</sub> (superiori a 50 µg/m<sup>3</sup>);
  - calcolo statistico e mappe dei percentili per la valutazione del superamento del valore limite orario dell'NO<sub>2</sub> (200 µg/m<sup>3</sup> da non superare più di 18 volte/anno) su base trimestrale.
- analisi di dettaglio, su base giornaliera, di un episodio con elevate concentrazioni di PM<sub>10</sub> (superiori a 50 µg/m<sup>3</sup>);
- calcolo statistico e mappe dei percentili per la valutazione del superamento del valore limite orario dell'NO<sub>2</sub> (200 µg/m<sup>3</sup> da non superare più di 18 volte/anno) su base trimestrale.

Rimanendo al di fuori delle aree di lavorazione, il contributo delle attività dei cantieri del MOSE, sia rispetto all'NO<sub>2</sub> che al PM<sub>10</sub>, non presentano elementi di criticità nelle tre bocche di porto in termini di superamento dei rispettivi valori limite annuali per la protezione della salute umana, di cui al D.Lgs. 155/2010. In riferimento alla protezione della vegetazione, il contributo alla concentrazione media annuale di NO<sub>x</sub> del cantiere di Malamocco verso gli Alberoni merita invece una certa attenzione al fine di tutelare quest'area.

Per quanto riguarda situazioni di inquinamento acuto, gli impatti più alti in termini di concentrazioni medie giornaliere di PM<sub>10</sub> possono verificarsi non solo in diretta prossimità delle aree di cantiere, ma anche a ridosso degli abitati di Punta Sabbioni e di San Pietro in Volta.

In riferimento al verificarsi di episodi acuti di inquinamento da NO<sub>2</sub> su base oraria, che conseguono a valutazioni comunque da ritenersi cautelative sia in termini di condizioni meteorologiche che emissive, essi investono in parte anche le zone abitate di Punta Sabbioni, San Pietro in Volta e Chioggia.

## APPENDICE

Tabella A1 Livelli tecnologici per mezzi off-road diesel in ambito civile-industriale (estratto da EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook – 2009, <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emission-inventory-guidebook-2009>).

Stage/engine size [kW]	Table 2-3 Overview of EU emission directives relevant for diesel-fuelled non-road machinery					Diesel machinery			Tractors	
	CO	VOC	NO <sub>x</sub>	VOC+NO <sub>x</sub>	PM	Implement. date			EU	Implement.
	[g/kWh]					EU Directive	Transient	Constant	Directive	date
Stage I										
37<=P< 75	6.5	1.3	9.2	-	0.85	97/68	1/4 1999	-	2000/25	1/7 2001
Stage II										
130<=P< 560	3.5	1	6	-	0.2	97/68	1/1 2002	1/1 2007	2000/25	1/7 2002
75<=P< 130	5	1	6	-	0.3		1/1 2003	1/1 2007		1/7 2003
37<=P< 75	5	1.3	7	-	0.4		1/1 2004	1/1 2007		1/1 2004
18<=P< 37	5.5	1.5	8	-	0.8		1/1 2001	1/1 2007		1/1 2002
Stage IIIA										
130<=P< 560	3.5	-	-	4	0.2	2004/26	1/1 2006	1/1 2011	2005/13	1/1 2006
75<=P< 130	5	-	-	4	0.3		1/1 2007	1/1 2011		1/1 2007
37<=P< 75	5	-	-	4.7	0.4		1/1 2008	1/1 2012		1/1 2008
19<=P< 37	5.5	-	-	7.5	0.6		1/1 2007	1/1 2011		1/1 2007
Stage IIIB										
130<=P< 560	3.5	0.19	2	-	0.025	2004/26	1/1 2011	-	2005/13	1/1 2011
75<=P< 130	5	0.19	3.3	-	0.025		1/1 2012	-		1/1 2012
56<=P< 75	5	0.19	3.3	-	0.025		1/1 2012	-		1/1 2012
37<=P< 56	5	-	-	4.7	0.025		1/1 2013	-		1/1 2013
Stage IV										
130<=P< 560	3.5	0.19	0.4	-	0.025	2004/26	1/1 2014		2005/13	1/1 2014
56<=P< 130	5	0.19	0.4	-	0.025		1/10 2014			1/10 2014

Tabella A2 Bocca di porto di Chioggia - Emissioni mensili mezzi di cantiere [Mg] raggruppati per aree di lavoro

Bocca di porto	Zona	Mese	NOx			NOx uncontrolled			PM			PM uncontrolled		
			Mezzi di terra	Mezzi acquei	Totale	Mezzi di terra	Mezzi acquei	Totale	Mezzi di terra	Mezzi acquei	Totale	Mezzi di terra	Mezzi acquei	Totale
CHIOGGIA	SPALLA SUD	gen	0.014	0.623	0.636	0.026	0.623	0.649	0.001	0.057	0.058	0.003	0.057	0.059
	SPALLA SUD	feb	0.019	0.940	0.960	0.037	0.940	0.977	0.002	0.087	0.088	0.004	0.087	0.090
	SPALLA SUD	mar	0.025	0.712	0.737	0.047	0.712	0.759	0.002	0.065	0.067	0.005	0.065	0.070
	SPALLA SUD	apr	0.037	0.954	0.991	0.070	0.954	1.024	0.003	0.087	0.090	0.007	0.087	0.094
	SPALLA SUD	mag	0.438	0.776	1.214	0.832	0.776	1.608	0.034	0.071	0.106	0.080	0.071	0.151
	SPALLA SUD	giu	0.641	0.848	1.489	1.216	0.848	2.064	0.048	0.077	0.125	0.114	0.077	0.192
	SPALLA SUD	lug	0.664	0.659	1.323	1.260	0.659	1.919	0.049	0.060	0.109	0.118	0.060	0.178
	SPALLA SUD	ago	0.451	0.377	0.828	0.856	0.377	1.233	0.035	0.034	0.069	0.082	0.034	0.116
	SPALLA SUD	set	0.362	0.726	1.087	0.686	0.726	1.412	0.030	0.067	0.096	0.067	0.067	0.134
	SPALLA SUD	ott	0.338	0.496	0.833	0.641	0.496	1.137	0.028	0.045	0.073	0.063	0.045	0.108
	SPALLA SUD	nov	0.738	0.781	1.519	1.400	0.781	2.181	0.054	0.071	0.125	0.131	0.071	0.202
	SPALLA SUD	dic	0.602	0.435	1.037	1.142	0.435	1.577	0.045	0.039	0.085	0.108	0.039	0.147
	SPALLA SUD	2011	4.327	8.326	12.653	8.212	8.326	16.539	0.331	0.761	1.092	0.782	0.761	1.542
	BARRIERA	gen	0.000	1.224	1.224	0.000	1.224	1.224	0.000	0.113	0.113	0.000	0.113	0.113
	BARRIERA	feb	0.000	1.157	1.157	0.000	1.157	1.157	0.000	0.107	0.107	0.000	0.107	0.107
	BARRIERA	mar	0.000	0.975	0.975	0.000	0.975	0.975	0.000	0.090	0.090	0.000	0.090	0.090
	BARRIERA	apr	0.000	1.014	1.014	0.000	1.014	1.014	0.000	0.093	0.093	0.000	0.093	0.093
	BARRIERA	mag	0.000	0.796	0.796	0.000	0.796	0.796	0.000	0.073	0.073	0.000	0.073	0.073
	BARRIERA	giu	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	BARRIERA	lug	0.000	0.377	0.377	0.000	0.377	0.377	0.000	0.035	0.035	0.000	0.035	0.035
	BARRIERA	ago	0.000	0.147	0.147	0.000	0.147	0.147	0.000	0.014	0.014	0.000	0.014	0.014
	BARRIERA	set	0.728	0.426	1.154	1.381	0.426	1.807	0.048	0.039	0.088	0.123	0.039	0.162
	BARRIERA	ott	0.000	0.381	0.381	0.000	0.381	0.381	0.000	0.035	0.035	0.000	0.035	0.035
	BARRIERA	nov	0.000	0.247	0.247	0.000	0.247	0.247	0.000	0.023	0.023	0.000	0.023	0.023
	BARRIERA	dic	0.000	0.247	0.247	0.000	0.247	0.247	0.000	0.023	0.023	0.000	0.023	0.023
	BARRIERA	2011	0.728	6.991	7.718	1.381	6.991	8.372	0.048	0.645	0.693	0.123	0.645	0.768
	SPALLA NORD	gen	0.548	0.379	0.927	1.040	0.379	1.419	0.040	0.035	0.075	0.097	0.035	0.131
	SPALLA NORD	feb	0.613	0.327	0.940	1.164	0.327	1.491	0.044	0.030	0.074	0.108	0.030	0.138
	SPALLA NORD	mar	0.766	0.118	0.884	1.454	0.118	1.572	0.054	0.011	0.064	0.133	0.011	0.144
	SPALLA NORD	apr	0.743	0.445	1.188	1.410	0.445	1.855	0.053	0.041	0.094	0.130	0.041	0.171
	SPALLA NORD	mag	0.803	0.453	1.256	1.524	0.453	1.977	0.057	0.042	0.099	0.140	0.042	0.182
	SPALLA NORD	giu	0.614	0.452	1.066	1.166	0.452	1.617	0.044	0.041	0.085	0.107	0.041	0.148
SPALLA NORD	lug	0.757	0.488	1.245	1.437	0.488	1.925	0.054	0.045	0.099	0.132	0.045	0.177	
SPALLA NORD	ago	0.266	0.253	0.519	0.505	0.253	0.758	0.020	0.023	0.043	0.047	0.023	0.070	
SPALLA NORD	set	0.600	0.168	0.768	1.138	0.168	1.306	0.043	0.015	0.059	0.105	0.015	0.121	
SPALLA NORD	ott	0.421	0.605	1.025	0.798	0.605	1.403	0.031	0.055	0.086	0.075	0.055	0.130	
SPALLA NORD	nov	0.556	0.672	1.228	1.055	0.672	1.727	0.040	0.061	0.101	0.097	0.061	0.158	
SPALLA NORD	dic	0.369	0.387	0.757	0.701	0.387	1.089	0.027	0.035	0.062	0.065	0.035	0.100	
SPALLA NORD	2011	7.056	4.746	11.802	13.392	4.746	18.138	0.506	0.434	0.939	1.236	0.434	1.670	
<b>TOTALE BOCCA DI CHIOGGIA</b>			<b>12.1</b>	<b>20.1</b>	<b>32.2</b>	<b>23.0</b>	<b>20.1</b>	<b>43.0</b>	<b>0.9</b>	<b>1.8</b>	<b>2.7</b>	<b>2.1</b>	<b>1.8</b>	<b>4.0</b>

Tabella A3 Bocca di porto di Malamocco - Emissioni mensili mezzi di cantiere [Mg] raggruppati per aree di lavoro

Bocca di porto	Zona	Mese	NOx			NOx uncontrolled			PM			PM uncontrolled		
			Mezzi di terra	Mezzi acquei	Totale	Mezzi di terra	Mezzi acquei	Totale	Mezzi di terra	Mezzi acquei	Totale	Mezzi di terra	Mezzi acquei	Totale
MALAMOCCO	SPALLA NORD	gen	0.000	1.795	1.795	0.000	1.795	1.795	0.000	0.158	0.158	0.000	0.158	0.158
	SPALLA NORD	feb	3.519	3.366	6.885	6.679	3.366	10.045	0.249	0.297	0.546	0.613	0.297	0.910
	SPALLA NORD	mar	4.156	2.693	6.849	7.887	2.693	10.580	0.292	0.238	0.530	0.722	0.238	0.960
	SPALLA NORD	apr	2.748	2.244	4.992	5.215	2.244	7.459	0.192	0.198	0.390	0.475	0.198	0.673
	SPALLA NORD	mag	1.793	0.673	2.466	3.403	0.673	4.076	0.134	0.059	0.194	0.321	0.059	0.380
	SPALLA NORD	giu	2.847	1.750	4.597	5.403	1.750	7.153	0.211	0.154	0.365	0.506	0.154	0.661
	SPALLA NORD	lug	2.583	1.571	4.154	4.903	1.571	6.474	0.191	0.139	0.330	0.460	0.139	0.598
	SPALLA NORD	ago	1.804	1.100	2.904	3.425	1.100	4.524	0.134	0.097	0.231	0.321	0.097	0.418
	SPALLA NORD	set	2.592	1.279	3.871	4.919	1.279	6.198	0.191	0.113	0.304	0.460	0.113	0.573
	SPALLA NORD	ott	2.727	1.638	4.365	5.176	1.638	6.814	0.202	0.145	0.346	0.485	0.145	0.629
	SPALLA NORD	nov	2.638	1.122	3.760	5.006	1.122	6.128	0.198	0.099	0.297	0.473	0.099	0.572
	SPALLA NORD	dic	1.671	0.673	2.344	3.171	0.673	3.844	0.123	0.059	0.183	0.297	0.059	0.356
	SPALLA NORD	2011	29.078	19.904	48.982	55.187	19.904	75.091	2.118	1.756	3.874	5.132	1.756	6.888
	SPALLA SUD + CASSONI	gen	6.020	2.654	8.674	11.424	2.654	14.078	0.409	0.234	0.643	1.029	0.234	1.263
	SPALLA SUD + CASSONI	feb	5.964	2.815	8.779	11.317	2.815	14.132	0.400	0.248	0.648	1.014	0.248	1.262
	SPALLA SUD + CASSONI	mar	5.721	0.490	6.210	10.856	0.490	11.346	0.389	0.043	0.433	0.979	0.043	1.022
	SPALLA SUD + CASSONI	apr	6.124	0.618	6.742	11.622	0.618	12.240	0.416	0.055	0.471	1.048	0.055	1.102
	SPALLA SUD + CASSONI	mag	6.111	2.448	8.559	11.598	2.448	14.046	0.417	0.216	0.633	1.047	0.216	1.263
	SPALLA SUD + CASSONI	giu	7.274	3.019	10.293	13.804	3.019	16.823	0.495	0.266	0.761	1.245	0.266	1.511
	SPALLA SUD + CASSONI	lug	6.598	2.672	9.270	12.520	2.672	15.193	0.449	0.236	0.685	1.129	0.236	1.365
	SPALLA SUD + CASSONI	ago	4.621	1.881	6.502	8.769	1.881	10.650	0.314	0.166	0.480	0.791	0.166	0.957
	SPALLA SUD + CASSONI	set	7.046	2.672	9.718	13.371	2.672	16.043	0.479	0.236	0.715	1.205	0.236	1.441
	SPALLA SUD + CASSONI	ott	5.916	2.487	8.403	11.228	2.487	13.715	0.403	0.219	0.623	1.013	0.219	1.233
	SPALLA SUD + CASSONI	nov	5.770	2.438	8.207	10.949	2.438	13.387	0.392	0.215	0.607	0.987	0.215	1.202
	SPALLA SUD + CASSONI	dic	3.822	2.326	6.148	7.253	2.326	9.579	0.260	0.205	0.465	0.654	0.205	0.859
	SPALLA SUD + CASSONI	2011	70.986	26.520	97.506	134.712	26.520	161.232	4.824	2.340	7.164	12.140	2.340	14.480
	BARRIERA	gen	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	BARRIERA	feb	0.000	0.006	0.006	0.000	0.006	0.006	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001
	BARRIERA	mar	0.000	0.010	0.010	0.000	0.010	0.010	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001
	BARRIERA	apr	0.000	0.024	0.024	0.000	0.024	0.024	0.000	0.002	0.002	0.000	0.002	0.002
	BARRIERA	mag	0.000	0.035	0.035	0.000	0.035	0.035	0.000	0.003	0.003	0.000	0.003	0.003
	BARRIERA	giu	0.000	0.014	0.014	0.000	0.014	0.014	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001
	BARRIERA	lug	0.000	0.007	0.007	0.000	0.007	0.007	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001
BARRIERA	ago	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
BARRIERA	set	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
BARRIERA	ott	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
BARRIERA	nov	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
BARRIERA	dic	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
BARRIERA	2011	0.000	0.095	0.095	0.000	0.095	0.095	0.000	0.008	0.008	0.000	0.008	0.008	
<b>TOTALE BOCCA DI MALAMOCCO</b>			<b>100.1</b>	<b>46.5</b>	<b>146.6</b>	<b>189.9</b>	<b>46.5</b>	<b>236.4</b>	<b>6.9</b>	<b>4.1</b>	<b>11.0</b>	<b>17.3</b>	<b>4.1</b>	<b>21.4</b>

Tabella A4 Bocca di porto di Lido, zona di lavoro in mare - Emissioni mensili mezzi di cantiere [Mg] raggruppati per aree di lavoro

Bocca di porto	Zona	Mese	Mezzi di terra	Mezzi acquei	Totale	Mezzi di terra	Mezzi acquei	Totale	Mezzi di terra	Mezzi acquei	Totale	Mezzi di terra	Mezzi acquei	Totale	
LIDO - ACQUA	CANALE	gen	0.365	0.567	0.932	0.693	0.567	1.260	0.024	0.050	0.074	0.062	0.050	0.112	
	CANALE	feb	0.551	0.861	1.412	1.046	0.861	1.907	0.037	0.076	0.113	0.093	0.076	0.169	
	CANALE	mar	0.547	0.918	1.465	1.037	0.918	1.955	0.036	0.081	0.117	0.093	0.081	0.174	
	CANALE	apr	0.408	0.657	1.065	0.775	0.657	1.432	0.027	0.058	0.085	0.069	0.058	0.127	
	CANALE	mag	0.193	0.730	0.924	0.367	0.730	1.097	0.013	0.064	0.077	0.033	0.064	0.097	
	CANALE	giu	0.279	0.938	1.218	0.530	0.938	1.469	0.019	0.083	0.101	0.047	0.083	0.130	
	CANALE	lug	0.264	0.559	0.823	0.502	0.559	1.061	0.018	0.049	0.067	0.045	0.049	0.095	
	CANALE	ago	0.142	0.224	0.366	0.269	0.224	0.494	0.009	0.020	0.029	0.024	0.020	0.044	
	CANALE	set	0.340	0.530	0.871	0.646	0.530	1.176	0.023	0.047	0.069	0.058	0.047	0.104	
	CANALE	ott	0.410	0.612	1.022	0.779	0.612	1.391	0.028	0.054	0.082	0.070	0.054	0.124	
	CANALE	nov	0.263	0.330	0.594	0.500	0.330	0.830	0.018	0.029	0.047	0.045	0.029	0.074	
	CANALE	dic	0.120	0.129	0.249	0.228	0.129	0.357	0.008	0.011	0.020	0.021	0.011	0.032	
	CANALE	2011		3.885	7.056	10.941	7.372	7.056	14.429	0.260	0.623	0.882	0.659	0.623	1.282
	BARRIERA	gen	0.038	0.227	0.264	0.071	0.227	0.298	0.003	0.020	0.023	0.007	0.020	0.027	
	BARRIERA	feb	0.042	0.252	0.294	0.080	0.252	0.332	0.004	0.022	0.026	0.008	0.022	0.030	
	BARRIERA	mar	0.062	0.242	0.304	0.118	0.242	0.360	0.005	0.021	0.027	0.012	0.021	0.033	
	BARRIERA	apr	0.030	0.311	0.341	0.056	0.311	0.368	0.003	0.027	0.030	0.006	0.027	0.033	
	BARRIERA	mag	0.042	0.610	0.652	0.080	0.610	0.690	0.004	0.054	0.057	0.008	0.054	0.062	
	BARRIERA	giu	0.052	0.349	0.401	0.099	0.349	0.448	0.004	0.031	0.035	0.010	0.031	0.041	
	BARRIERA	lug	0.049	0.436	0.485	0.094	0.436	0.530	0.004	0.038	0.043	0.009	0.038	0.048	
	BARRIERA	ago	0.018	0.124	0.142	0.034	0.124	0.158	0.001	0.011	0.012	0.003	0.011	0.014	
	BARRIERA	set	0.038	0.362	0.400	0.072	0.362	0.434	0.003	0.032	0.035	0.007	0.032	0.039	
	BARRIERA	ott	0.040	0.297	0.336	0.076	0.297	0.372	0.003	0.026	0.030	0.008	0.026	0.034	
	BARRIERA	nov	0.025	0.675	0.700	0.048	0.675	0.723	0.002	0.060	0.062	0.005	0.060	0.064	
	BARRIERA	dic	0.020	0.484	0.504	0.038	0.484	0.522	0.002	0.043	0.044	0.004	0.043	0.046	
	BARRIERA	2011		0.456	4.369	4.824	0.865	4.369	5.233	0.038	0.385	0.424	0.086	0.385	0.472
	LUNATA	gen	1.160	3.041	4.201	2.202	3.041	5.243	0.077	0.268	0.345	0.196	0.268	0.465	
	LUNATA	feb	0.967	2.647	3.614	1.835	2.647	4.482	0.064	0.234	0.298	0.164	0.234	0.397	
	LUNATA	mar	1.354	4.384	5.738	2.569	4.384	6.953	0.090	0.387	0.477	0.229	0.387	0.616	
	LUNATA	apr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	LUNATA	mag	1.031	1.925	2.956	1.957	1.925	3.882	0.068	0.170	0.238	0.174	0.170	0.344	
	LUNATA	giu	1.289	1.630	2.919	2.447	1.630	4.077	0.085	0.144	0.229	0.218	0.144	0.362	
	LUNATA	lug	1.170	0.767	1.937	2.221	0.767	2.988	0.078	0.068	0.145	0.198	0.068	0.266	
	LUNATA	ago	0.691	0.593	1.284	1.312	0.593	1.905	0.046	0.052	0.098	0.117	0.052	0.169	
	LUNATA	set	1.223	1.203	2.427	2.321	1.203	3.525	0.081	0.106	0.187	0.207	0.106	0.313	
	LUNATA	ott	1.064	1.047	2.110	2.019	1.047	3.065	0.070	0.092	0.163	0.180	0.092	0.272	
LUNATA	nov	0.846	0.977	1.823	1.606	0.977	2.582	0.056	0.086	0.142	0.143	0.086	0.229		
LUNATA	dic	0.556	0.698	1.254	1.055	0.698	1.753	0.037	0.062	0.098	0.094	0.062	0.156		
LUNATA	2011		11.352	18.911	30.263	21.544	18.911	40.456	0.752	1.669	2.421	1.920	1.669	3.588	
<b>TOTALE BOCCA DI LIDO - ACQUA</b>			<b>15.7</b>	<b>30.3</b>	<b>46.0</b>	<b>29.8</b>	<b>30.3</b>	<b>60.1</b>	<b>1.1</b>	<b>2.7</b>	<b>3.7</b>	<b>2.7</b>	<b>2.7</b>	<b>5.3</b>	

Tabella A5 Bocca di porto di Lido, zona di lavoro su terra - Emissioni mensili mezzi di cantiere [Mg] raggruppati per aree di lavoro

Bocca di porto	Zona	Mese	Mezzi di terra	Mezzi acquei	Totale	Mezzi di terra	Mezzi acquei	Totale	Mezzi di terra	Mezzi acquei	Totale	Mezzi di terra	Mezzi acquei	Totale
LIDO - TERRA	SPALLA NORD + TURA	gen	1.055	0.272	1.328	2.003	0.272	2.275	0.082	0.024	0.106	0.192	0.024	0.216
	SPALLA NORD + TURA	feb	1.488	0.956	2.444	2.825	0.956	3.781	0.114	0.084	0.199	0.269	0.084	0.354
	SPALLA NORD + TURA	mar	1.603	0.320	1.923	3.042	0.320	3.362	0.120	0.028	0.149	0.287	0.028	0.315
	SPALLA NORD + TURA	apr	1.984	0.212	2.196	3.766	0.212	3.978	0.146	0.019	0.164	0.352	0.019	0.370
	SPALLA NORD + TURA	mag	1.431	0.212	1.643	2.715	0.212	2.927	0.110	0.019	0.128	0.259	0.019	0.277
	SPALLA NORD + TURA	giu	1.116	0.163	1.279	2.118	0.163	2.281	0.084	0.014	0.098	0.200	0.014	0.214
	SPALLA NORD + TURA	lug	1.369	0.441	1.809	2.597	0.441	3.038	0.103	0.039	0.142	0.245	0.039	0.284
	SPALLA NORD + TURA	ago	1.318	0.212	1.530	2.501	0.212	2.713	0.095	0.019	0.114	0.231	0.019	0.250
	SPALLA NORD + TURA	set	1.610	0.372	1.981	3.055	0.372	3.427	0.116	0.033	0.148	0.282	0.033	0.315
	SPALLA NORD + TURA	ott	1.399	0.438	1.837	2.655	0.438	3.093	0.100	0.039	0.138	0.244	0.039	0.283
	SPALLA NORD + TURA	nov	1.746	0.496	2.242	3.314	0.496	3.810	0.123	0.044	0.167	0.304	0.044	0.347
	SPALLA NORD + TURA	dic	2.090	0.082	2.172	3.967	0.082	4.049	0.155	0.007	0.162	0.372	0.007	0.379
	SPALLA NORD + TURA	2011	18.209	4.176	22.384	34.558	4.176	38.733	1.346	0.368	1.714	3.236	0.368	3.605
	ISOLA	gen	0.960	0.961	1.921	1.822	0.961	2.783	0.066	0.085	0.151	0.165	0.085	0.250
	ISOLA	feb	1.899	1.493	3.393	3.605	1.493	5.098	0.129	0.132	0.261	0.325	0.132	0.457
	ISOLA	mar	1.797	1.240	3.037	3.411	1.240	4.650	0.123	0.109	0.233	0.309	0.109	0.418
	ISOLA	apr	1.691	0.982	2.673	3.209	0.982	4.191	0.116	0.087	0.202	0.290	0.087	0.377
	ISOLA	mag	1.478	1.642	3.121	2.806	1.642	4.448	0.102	0.145	0.247	0.255	0.145	0.399
	ISOLA	giu	0.629	1.878	2.507	1.193	1.878	3.071	0.043	0.166	0.209	0.108	0.166	0.274
	ISOLA	lug	0.661	1.742	2.403	1.254	1.742	2.996	0.048	0.154	0.202	0.117	0.154	0.271
	ISOLA	ago	0.448	1.603	2.051	0.850	1.603	2.453	0.032	0.141	0.173	0.078	0.141	0.220
	ISOLA	set	0.873	1.945	2.818	1.657	1.945	3.602	0.063	0.172	0.235	0.153	0.172	0.325
	ISOLA	ott	0.441	0.906	1.347	0.837	0.906	1.743	0.032	0.080	0.112	0.078	0.080	0.158
	ISOLA	nov	0.437	0.571	1.008	0.829	0.571	1.400	0.031	0.050	0.082	0.077	0.050	0.127
	ISOLA	dic	0.244	0.357	0.601	0.464	0.357	0.821	0.018	0.032	0.049	0.043	0.032	0.074
	ISOLA	2011	11.558	15.321	26.880	21.936	15.321	37.257	0.804	1.352	2.156	1.997	1.352	3.349
	SPALLA SUD	gen	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	SPALLA SUD	feb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	SPALLA SUD	mar	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	SPALLA SUD	apr	0.505	0.000	0.505	0.958	0.000	0.958	0.034	0.000	0.034	0.086	0.000	0.086
	SPALLA SUD	mag	0.834	0.000	0.834	1.584	0.000	1.584	0.056	0.000	0.056	0.142	0.000	0.142
	SPALLA SUD	giu	0.020	0.000	0.020	0.039	0.000	0.039	0.001	0.000	0.001	0.003	0.000	0.003
	SPALLA SUD	lug	0.025	0.000	0.025	0.048	0.000	0.048	0.002	0.000	0.002	0.004	0.000	0.004
SPALLA SUD	ago	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
SPALLA SUD	set	0.353	0.000	0.353	0.669	0.000	0.669	0.023	0.000	0.023	0.060	0.000	0.060	
SPALLA SUD	ott	0.657	0.000	0.657	1.246	0.000	1.246	0.044	0.000	0.044	0.111	0.000	0.111	
SPALLA SUD	nov	0.475	0.000	0.475	0.902	0.000	0.902	0.031	0.000	0.031	0.080	0.000	0.080	
SPALLA SUD	dic	0.074	0.000	0.074	0.140	0.000	0.140	0.005	0.000	0.005	0.012	0.000	0.012	
SPALLA SUD	2011	2.943	0.000	2.943	5.586	0.000	5.586	0.196	0.000	0.196	0.499	0.000	0.499	
<b>TOTALE BOCCA DI LIDO - TERRA</b>			<b>32.7</b>	<b>19.5</b>	<b>52.2</b>	<b>62.1</b>	<b>19.5</b>	<b>81.6</b>	<b>2.3</b>	<b>1.7</b>	<b>4.1</b>	<b>5.7</b>	<b>1.7</b>	<b>7.5</b>

Figura A1 Collocazione presso le tre bocche di porto delle sorgenti areali e volumetriche per gli input emissivi a CALPUFF

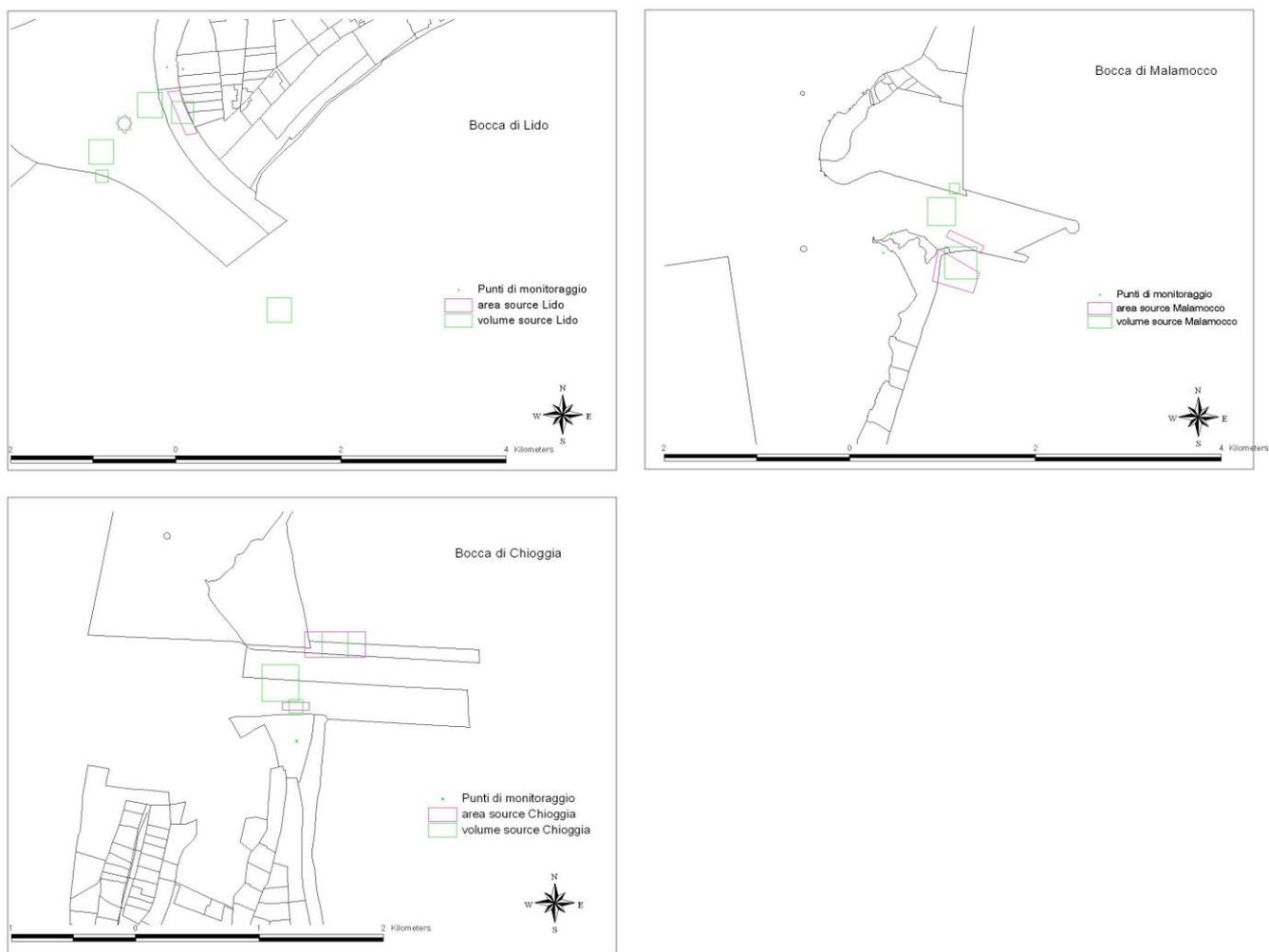


Figura A2 Concentrazioni medie trimestrali di PM10 (emissione mezzi + risolleivamento) - bocca di Lido

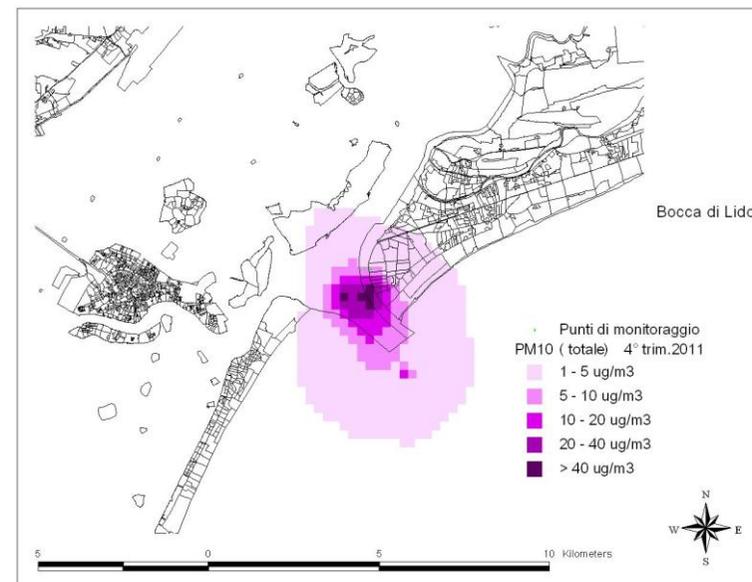
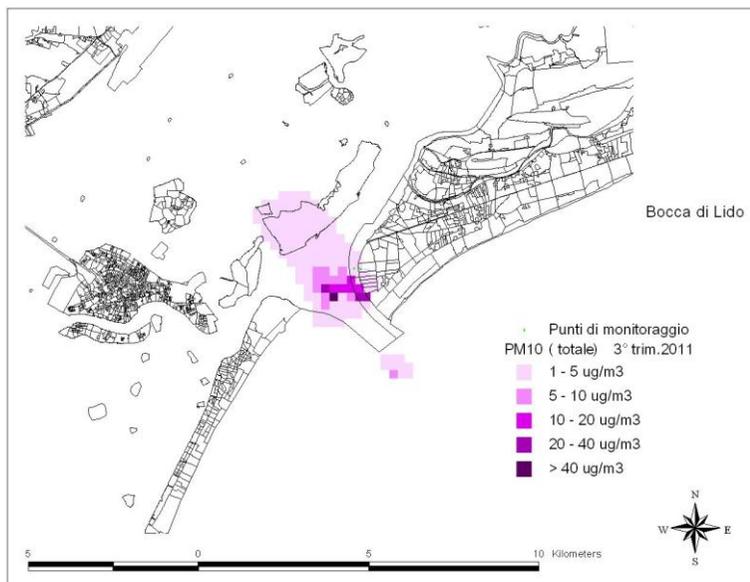
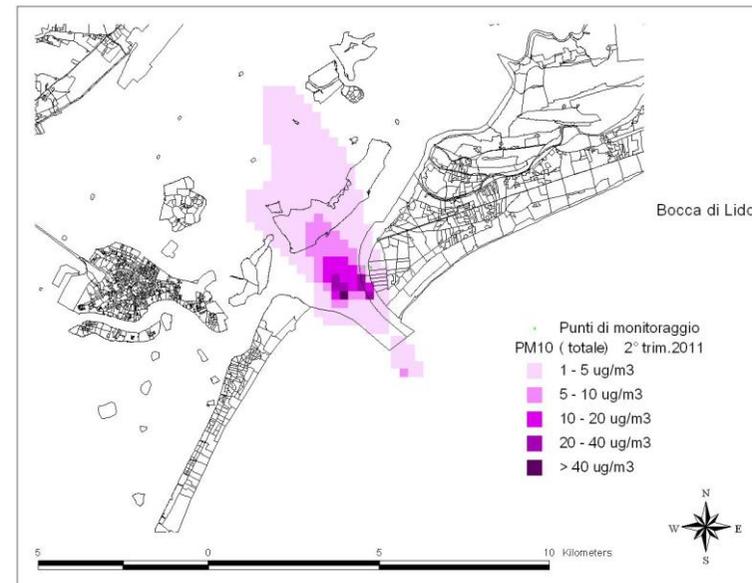
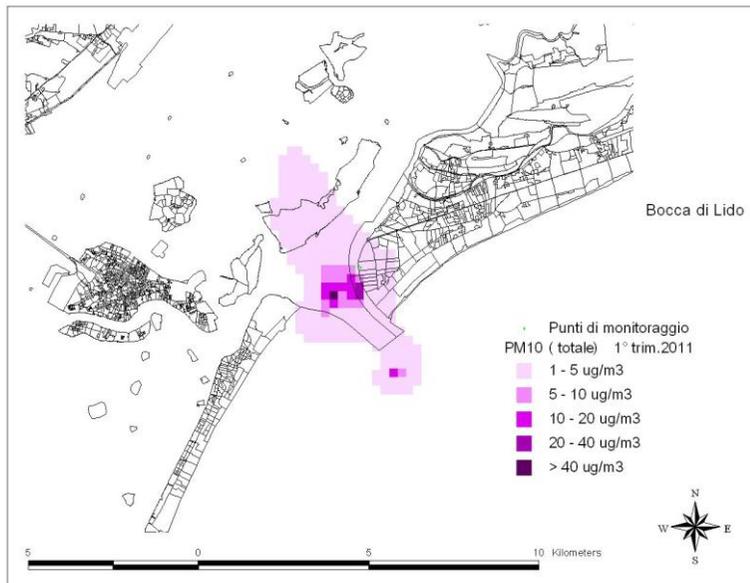


Figura A3 Concentrazioni medie trimestrali di PM10 (emissione mezzi + risolleivamento) - bocca di Malamocco

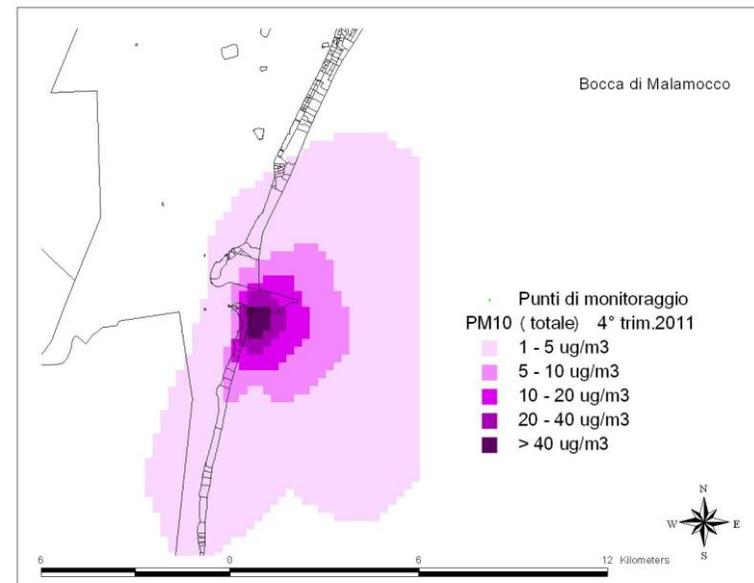
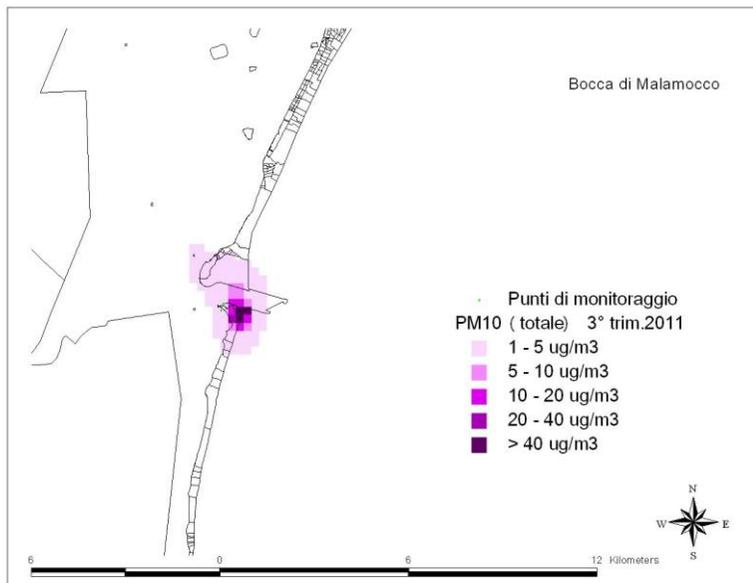
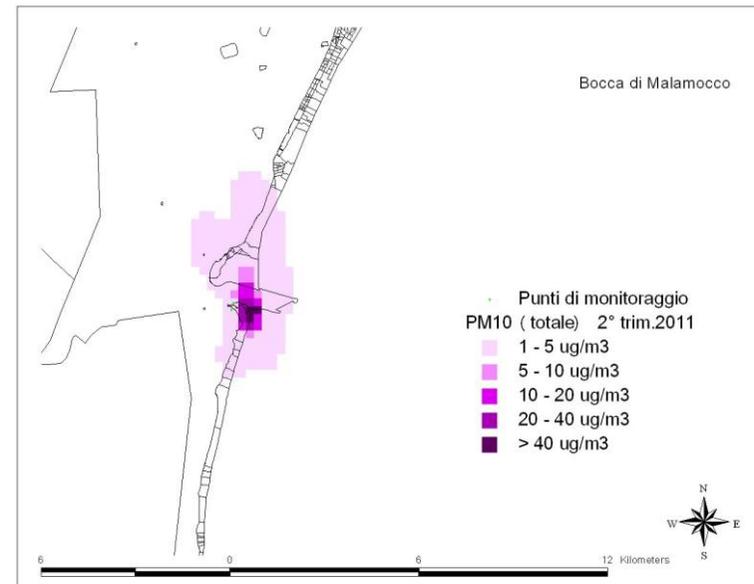
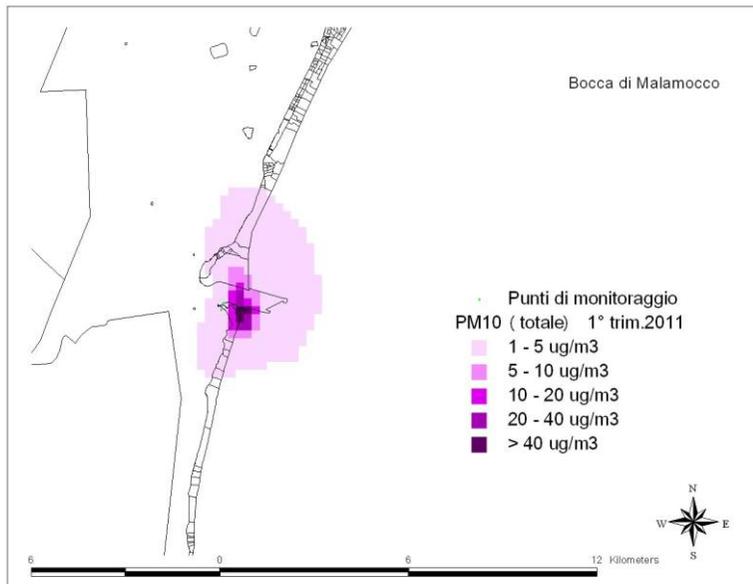


Figura A4 Concentrazioni medie trimestrali di PM10 (emissione mezzi + risolleivamento) - bocca di Chioggia

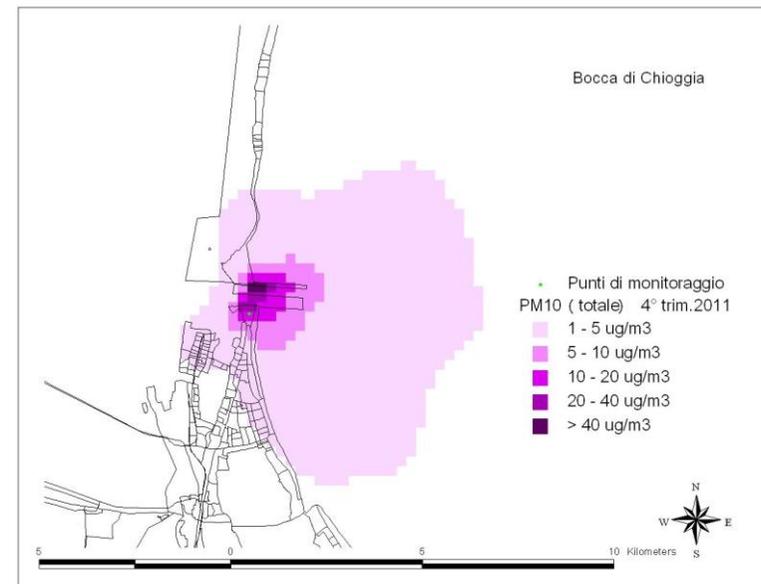
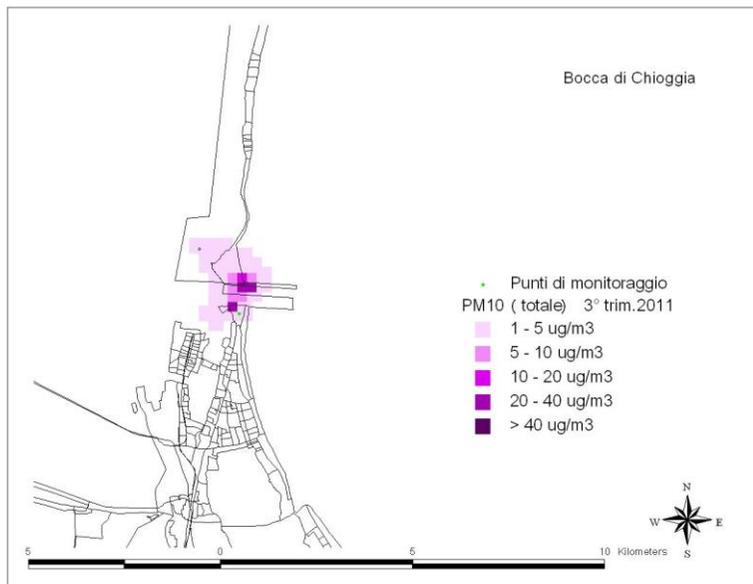
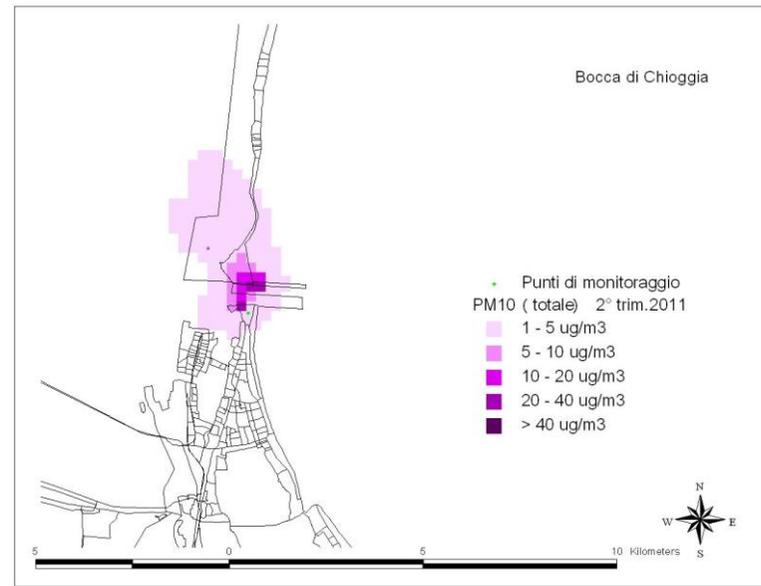
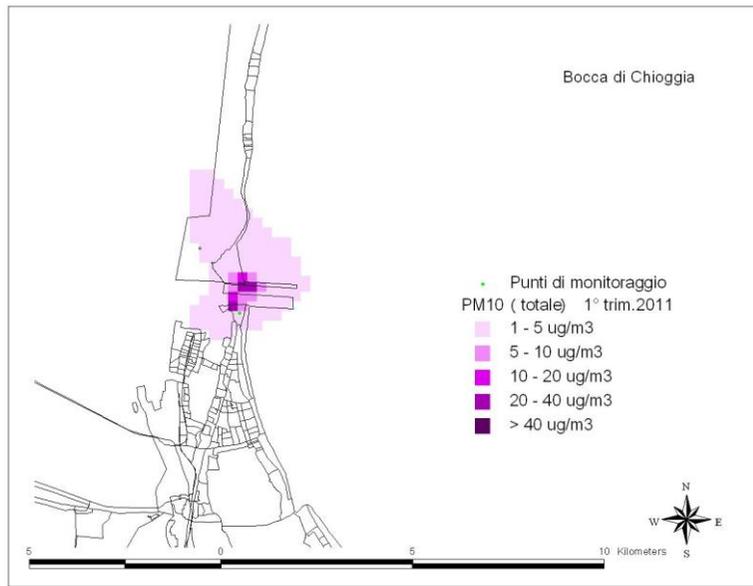


Figura A5 Concentrazioni medie giornaliere di PM10 (emissione mezzi + risolleivamento) nei giorni 26-27-28-29/12/2011 - bocca di Lido

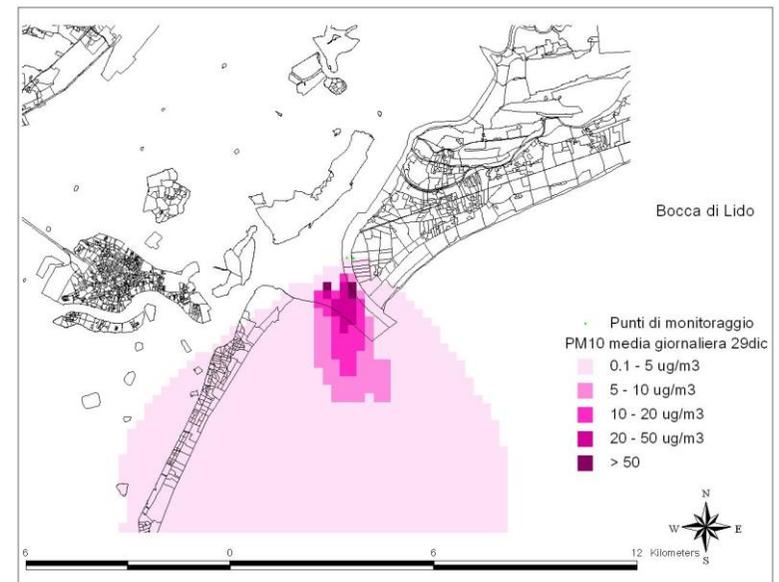
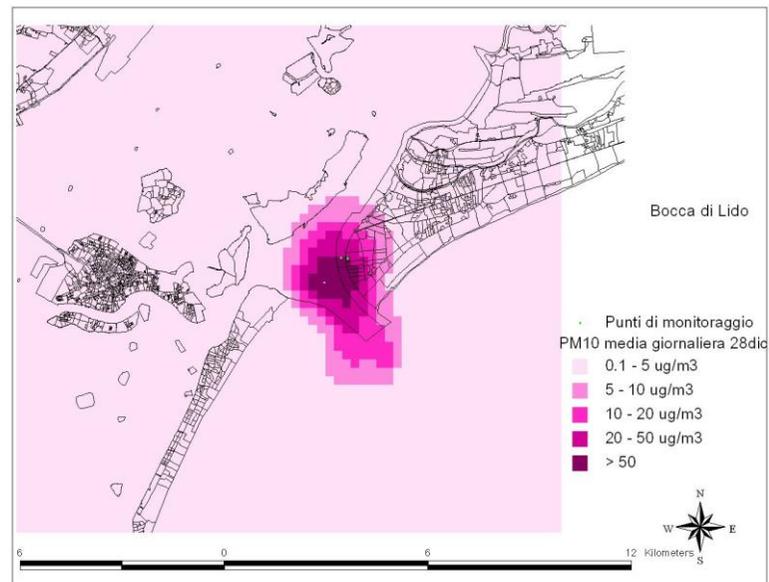
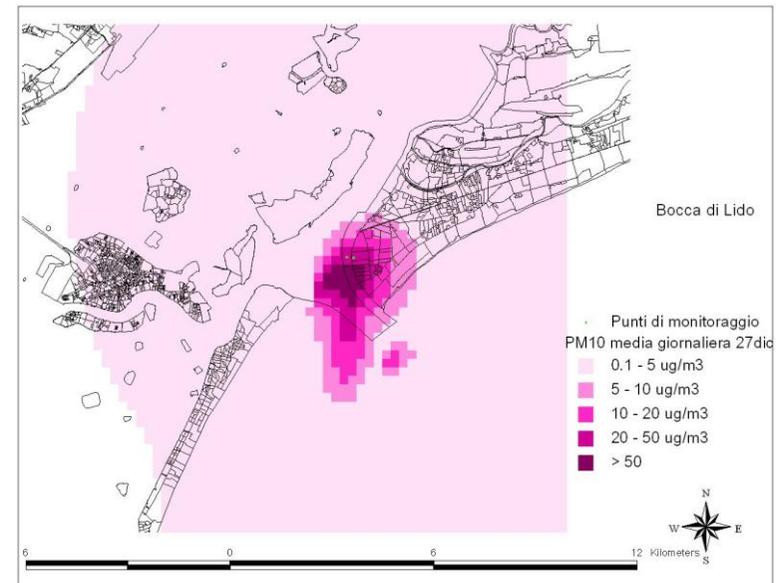
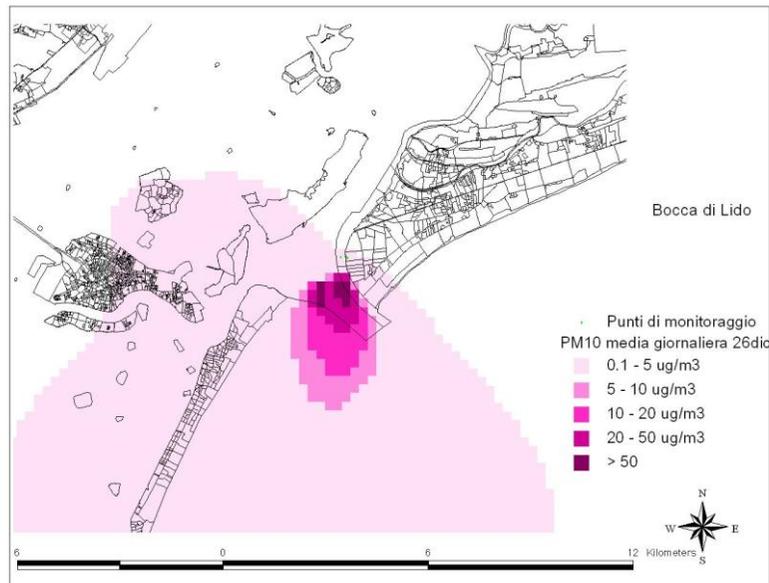


Figura A6 Concentrazioni medie giornaliere di PM10 (emissione mezzi + risollelamento) nei giorni 26-27-28-29/12/2011 - bocca di Malamocco

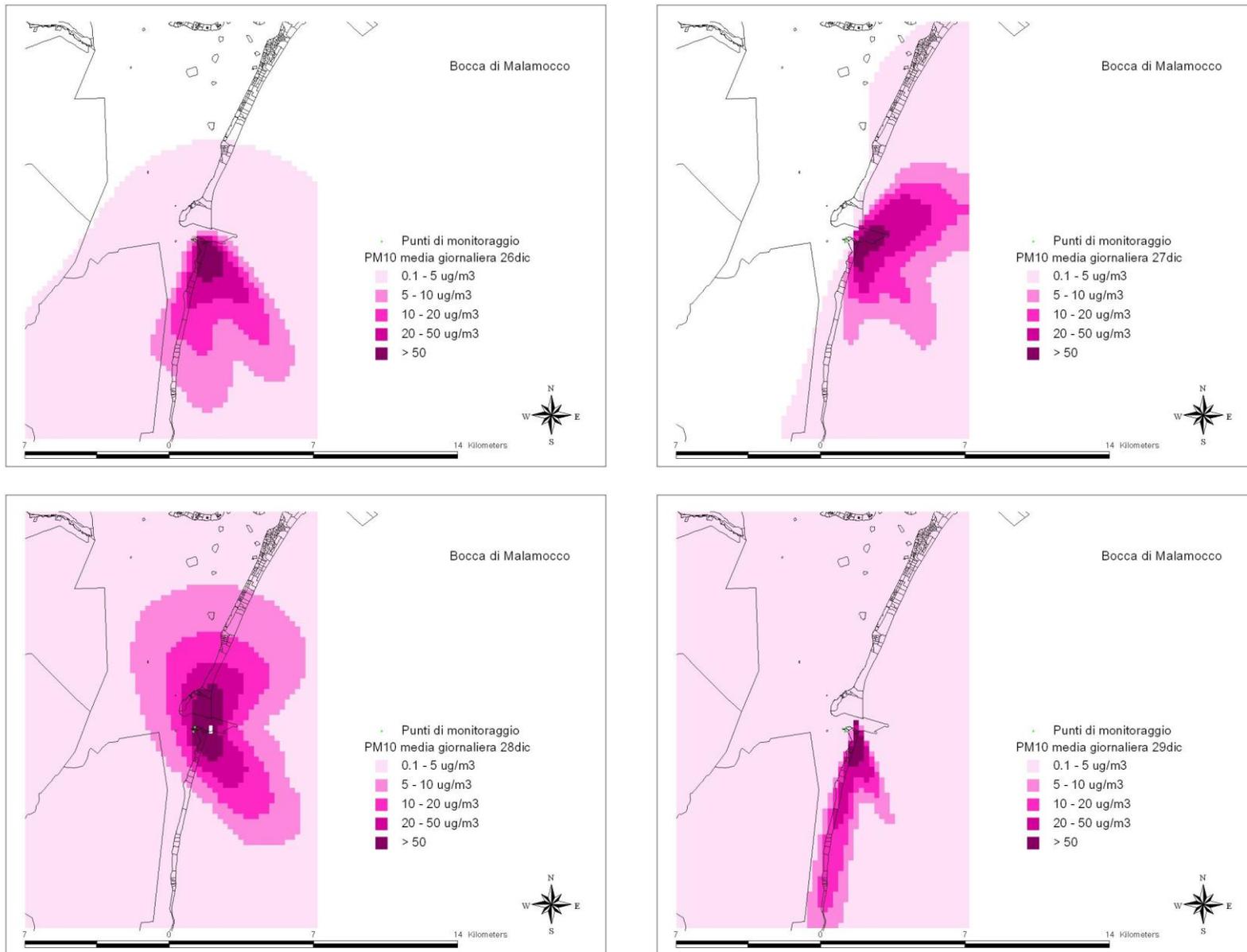


Figura A7 Concentrazioni medie giornaliere di PM10 (emissione mezzi + risollelamento) nei giorni 26-27-28-29/12/2011 - bocca di Chioggia

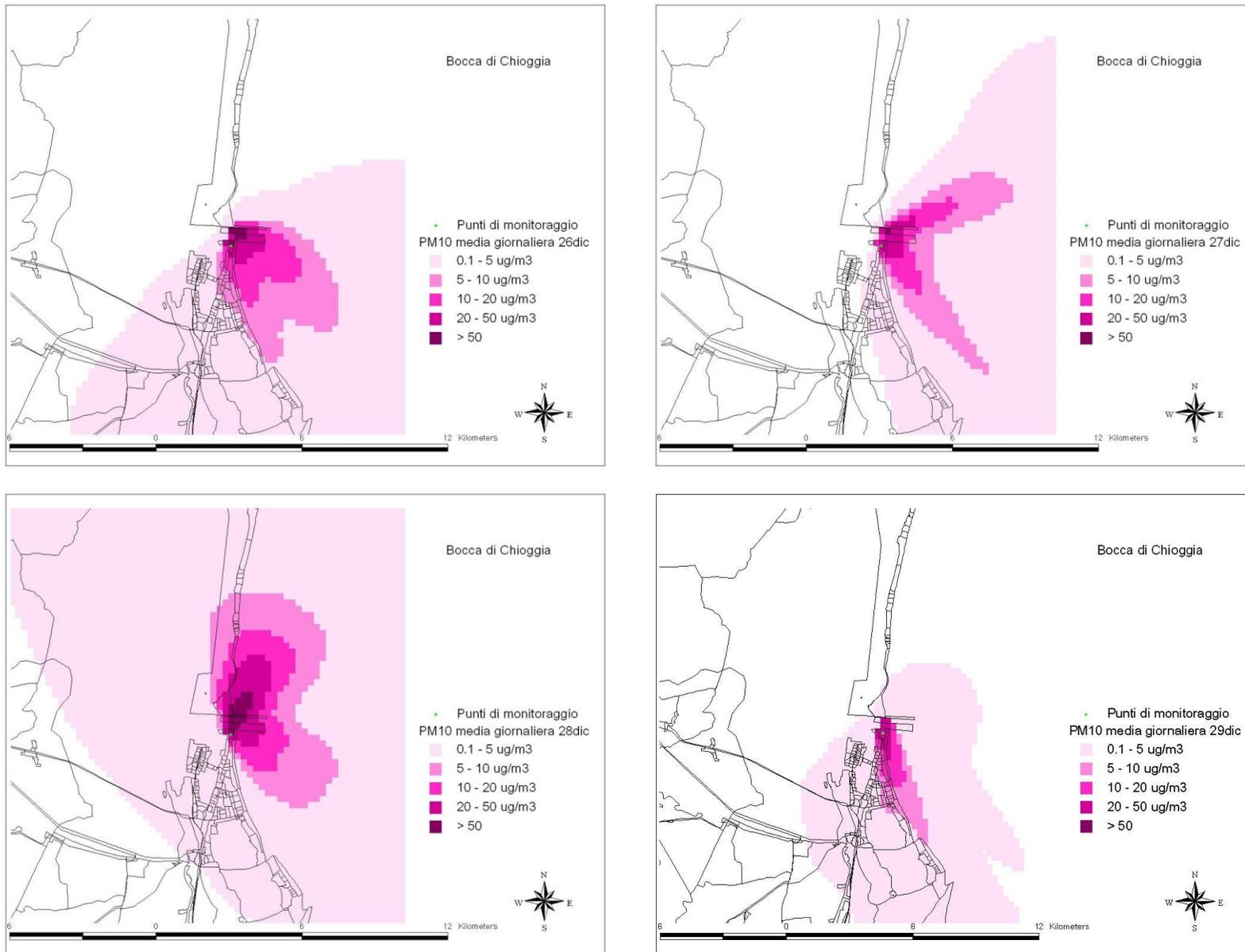


Figura A8 Mappa del 99.8° percentile dei valori orari di NO2. Quarto trimestre - bocca di Lido

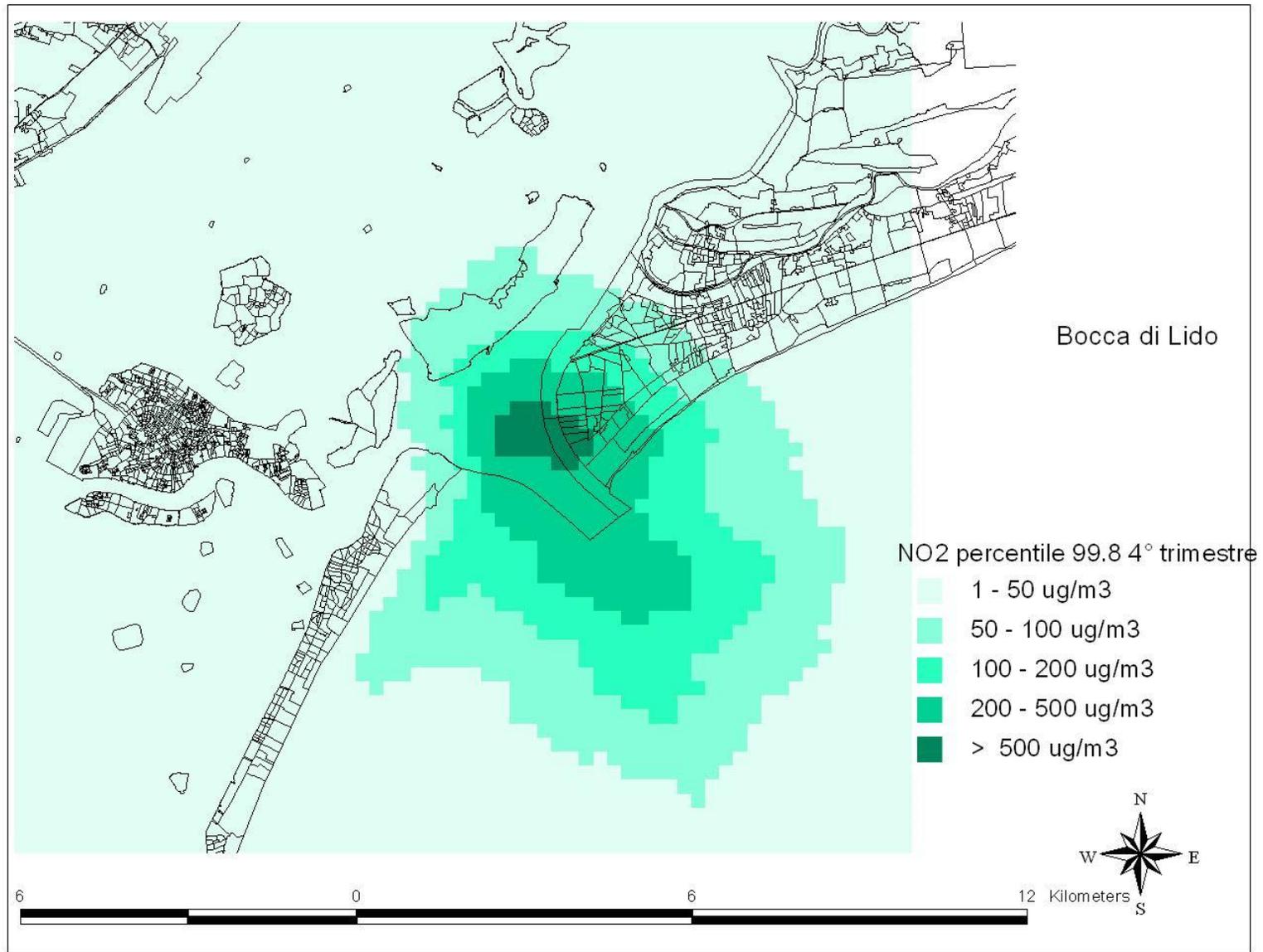


Figura A9 Mappa del 99.8° percentile dei valori orari di NO2. Quarto trimestre - bocca di Malamocco

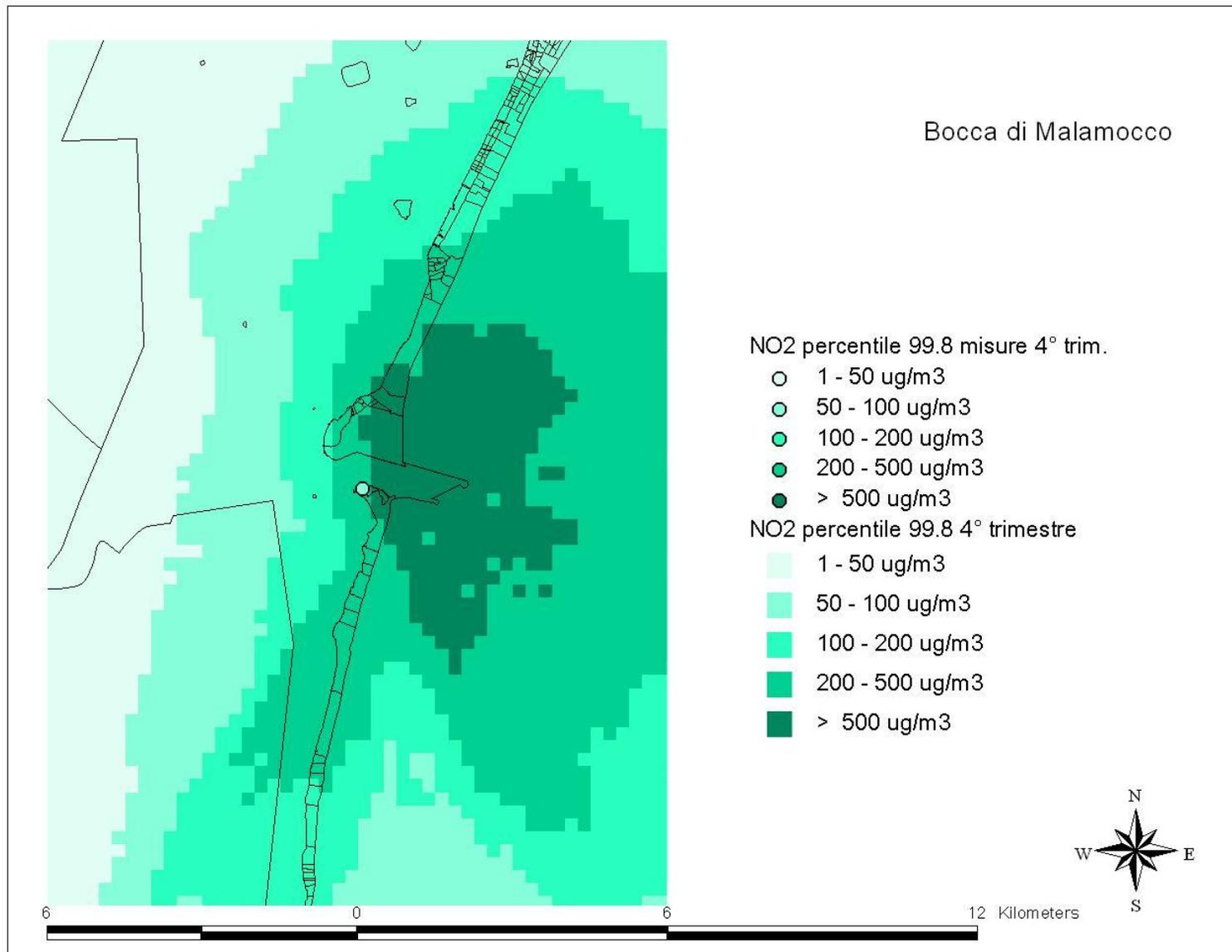
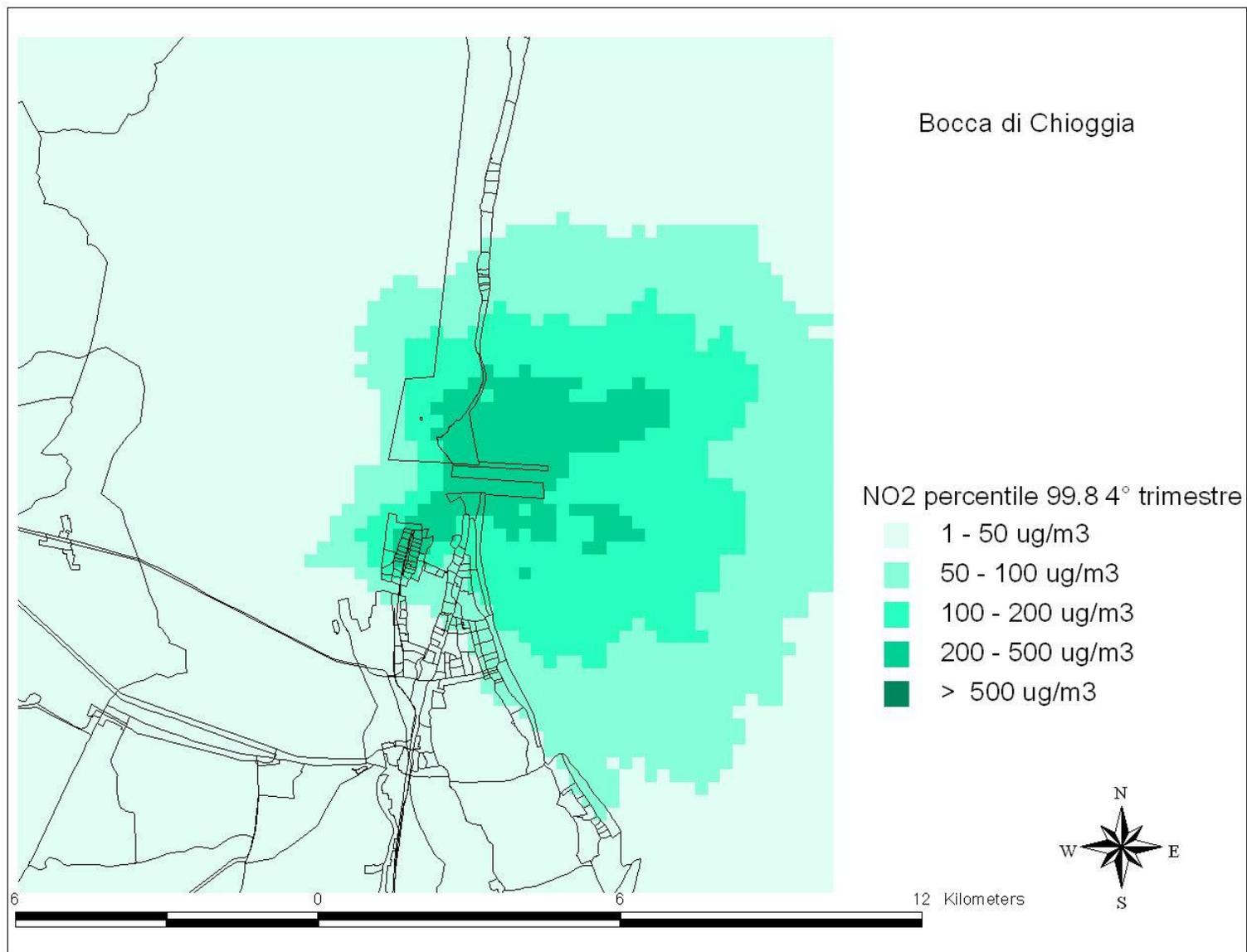


Figura A10 Mappa del 99.8° percentile dei valori orari di NO2. Quarto trimestre - bocca di Chioggia



## BIBLIOGRAFIA

Scire J.S., D.G. Strimaitis, R.J. Yamartino, 2001. *A user's Guide for the CALPUFF Dispersion Model*, Earth Tech, Concord, MA.

Scire, J.S., F.R. Robe, M.E. Fernau, and R.J. Yamartino, 2000. *A User's Guide for the CALMET Meteorological Model*. Earth Tech, Inc., Concord, M.

US-EPA, 2005. *Revision to the Guideline on Air Quality Models*. 40CFR Part 51

Pernigotti, D., M. Sansone and M. Ferrario, 2005. *Validation of one-year LAMI model Re-Analysis on the Po-Valley, Northern Italy. Comparison to CALMET model output on the sub-area of Veneto Region*. 10th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, Crete 17-20 October.

Sansone, M., D. Pernigotti and M. Ferrario, 2005. *Application of CALMET model to the Veneto region, with particular attention to the shoreline, using offshore data for initialization*. 1st International Conference on Harbours & Air Quality, Genova (Italy), 15 - 17 June.

EMEP/EEA, 2010. *Air Pollutant Emission Inventory Guidebook – 2009 (Revisione 2010)*

US-EPA AP42, 2002. *Median Life, Annual Activity, and Load Factor Values for Nonroad Engine Emissions Modeling*, EPA420-P-02-014

California Air Resources Board, 1997. *Methodologies by Major Category Section 7.7 Building Construction Dust*, (Revisione settembre 2002)

Rosemont Copper Company, 2010. *CALPUFF Modeling Report to Assess*. (<http://www.rosemonteis.us/files/technical-reports/013224.pdf>)

U.S. EPA – AP42. *Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1: Stationary Point and Area Sources*, Quinta Edizione. (<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/>)