



Consorzio per il coordinamento delle ricerche
inerenti al 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/10**

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

Contratto CVN-CORILA n. 11373 spo/sim

Documento **MACROATTIVITÀ: ARIA
SIMULAZIONI MODELLISTICHE
II RAPPORTO DI VALUTAZIONE**

Versione **1.0**

Emissione **15 Maggio 2015**

Redazione

Dott.ssa Elena Elvini

Redazione e Verifica

Dott. Franco Belosi
(CNR-ISAC)

Approvazione

Ing. Pierpaolo Campostrini

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

Indice

1 INTRODUZIONE.....	3
1.1 Oggetto delle simulazioni.....	3
1.2 Fasi di svolgimento dell'attività modellistica.....	3
1.3 Obiettivi delle simulazioni	4
2 DESCRIZIONE ATTIVITA' SVOLTE	5
1.4 Strumenti modellistici e loro implementazione	5
1.4.1 <i>Caratterizzazione delle sorgenti emissive</i>	6
1.5 Emissioni da mezzi di cantiere	6
1.5.1 <i>Fattori di emissione - Mezzi di terra</i>	7
1.5.2 <i>Fattori di emissione - Mezzi acquei</i>	8
1.5.3 <i>Stima delle emissioni da mezzi di cantiere.....</i>	9
1.6 Emissioni da risollevamento	10
1.7 Simulazioni eseguite.....	10
1.7.1 <i>Simulazioni per le emissioni dei mezzi di cantiere</i>	11
1.7.2 <i>Simulazioni per le polveri sottili da risollevamento</i>	11
3 ANALISI DEGLI OUTPUT	12
4 APPENDICE	19
BIBLIOGRAFIA.....	23

1 INTRODUZIONE

Nell'ambito delle attività di monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere del MOSE alle bocche lagunari (Studio B/10, periodo maggio 2014 - aprile 2015), CORILA ha affidato ad ARPAV, Servizio Osservatorio Regionale Aria (ORAR), come già per i precedenti Studi B/7, B/8 e B/9, la valutazione modellistica relativa alla dispersione in atmosfera degli inquinanti rilasciati durante le attività di cantiere.

1.1 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 Chioggia.

Le emissioni considerate sono relative all'impiego di macchinari e mezzi sia di terra che di acqua, nonché causate dalla movimentazione e dal risollevamento di materiale polverulento (risollevamento meccanico per passaggio di mezzi di lavoro e risollevamento eolico).

1.2 Fasi di svolgimento dell'attività modellistica

Come definito nei rapporti delle precedenti annualità, l'attività modellistica si sviluppa nelle seguenti fasi:

- a. definizione degli obiettivi e degli strumenti modellistici idonei;
- b. definizione del dominio di indagine;
- c. predisposizione degli input meteorologici e geografici per l'area di indagine (dominio di calcolo);
- 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.

Il contenuto di questo periodo di attività riguarda:

- la predisposizione dell'input meteorologico per il periodo luglio-dicembre 2014;
- la stima delle emissioni per il periodo luglio-dicembre 2014 dovute alle attività di cantiere, relativamente alla bocca di porto di Chioggia, per la quale sono disponibili tutti i dati di cantiere necessari alle simulazioni modellistiche;
- per la bocca di porto di Chioggia, le simulazioni modellistiche per il periodo sopra indicato relativamente a NO_x, NO₂ e PM10.

Per la conclusione dell'attività prevista si attende la fornitura dei dati di attività dei cantieri di Malamocco relativi al periodo luglio-dicembre 2014. Per la bocca di porto di Lido i dati dell'attività dei cantieri sono stati già resi disponibili, ma verranno elaborati e discussi anch'essi nel Rapporto Finale.

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

1.3 Obiettivi delle simulazioni

Si ricordano gli obiettivi delle simulazioni descritti nel Disciplinare Tecnico (Studio B6.72 B/10):

- simulazioni annuali di NOx e NO₂ per ciascuna bocca di porto;
- approfondimenti per le situazioni meteorologiche/emissive critiche;
- simulazioni stagionali e annuali per ciascuna bocca di porto del particolato primario PM10.

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

2 DESCRIZIONE ATTIVITA' SVOLTE

1.4 Strumenti modellistici e loro implementazione

Le simulazioni previste 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).

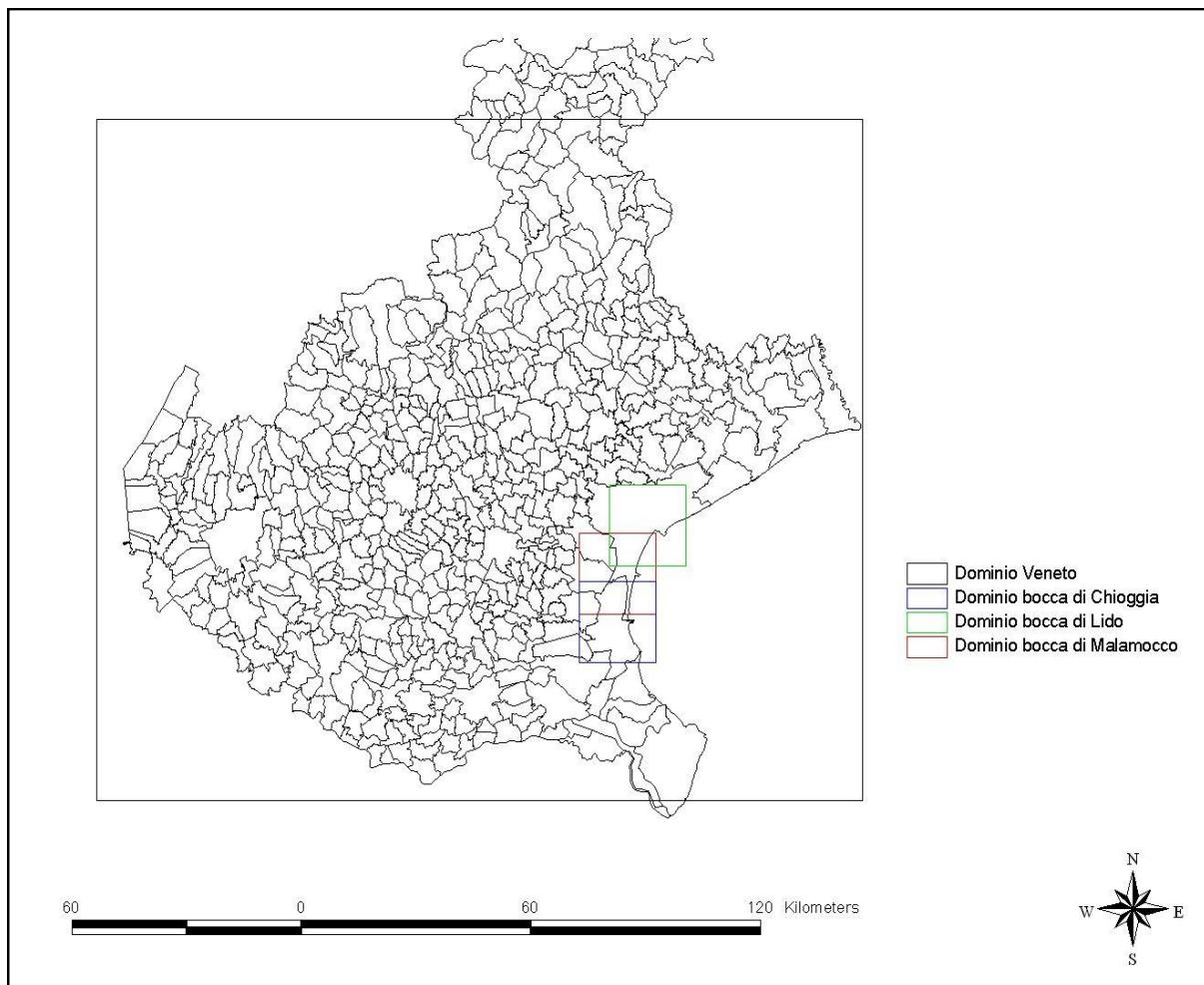


Figura 1 Dominio di calcolo regionale di CALMET e sottodomini relativi alle tre bocche di porto.

L'input meteorologico per CALPUFF è stato calcolato tramite CALMET su tre domini di dimensione 20x20 km², centrati sulle tre bocche di porto, con griglia a risoluzione di 500 m, innestati su un dominio regionale, di 200x168 km², comprendente tutta la pianura veneta e una porzione della zona montana, con risoluzione di calcolo di 4x4 km², come illustrato in Figura 1. 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 40 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 al largo della laguna di Venezia e i dati delle stazioni 5 e 23 gentilmente forniti dall'Ente Zona Industriale di Porto Marghera. Per quanto riguarda i livelli verticali superiori, i dati in input a

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

CALMET sono relativi a 3 radiosondaggi (Milano-Linate, Udine-Campoformido e Bologna-San Pietro Capofiume).

Le concentrazioni di inquinanti sono state stimate tramite il modello CALPUFF sugli stessi tre domini di 20x20 km², ma con risoluzione maggiore, pari a 250x250 m².

Per la descrizione più dettagliata degli strumenti modellistici e della loro implementazione si rimanda ai rapporti presentati nel corso dello Studio B.6.72 B/7.

1.4.1 Caratterizzazione delle sorgenti emissive

CALPUFF prevede la possibilità di implementare diverse tipologie di sorgenti emissive (puntuali, lineari, areali, volumetriche), consentendo di 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 (NOx e PM10) dai mezzi a motore sia terrestri che acquei che operano nei cantieri, e risollevamento 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 introdotte nel modello come sorgenti volumetriche, combinando in un'unica sorgente virtuale le singole sorgenti distribuite in area di cantiere. 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 sono forniti i dati relativi all'impiego dei mezzi nei cantieri.

Le emissioni di polveri sottili da risollevamento 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; la Figura A1 in Appendice ne fornisce una visualizzazione. I ratei emissivi associati alle sorgenti così caratterizzate sono discussi nei prossimi paragrafi.

1.5 Emissioni da mezzi di cantiere

Per la stima delle emissioni legate alle attività dei cantieri, secondo quanto previsto nel Disciplinare Tecnico, Consorzio Venezia Nuova ha fornito i dati relativi ai mezzi impiegati in ciascun cantiere, suddivisi per zone di lavoro e mesi, in termini di numero di mezzi per numero di giorni e percentuali di utilizzo, 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

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

Già dallo Studio B.6.72 B/7 è disponibile l'informazione sulla potenza media per ciascuna tipologia di mezzi. Come da indicazioni fornite dalla Direzione Lavori, si è assunto inoltre che tutti i mezzi sia acquei che di terra siano dotati di motore diesel.

Per ciascun mese è stato chiesto di quantificare il numero tipico di ore lavorative in un giorno e di precisare i giorni in cui non si sono svolte attività nei cantieri.

1.5.1 Fattori di emissione - 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:

$$E = N \times HRS \times HP \times LF \times EF$$

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.

In assenza di dati precisi relativi al parco mezzi utilizzati nei tre 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 BOCCHE LAGUNARI

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

pollutant	EF	Power range (kW)							
		0-20	20-37	37-75	75-130	130-300	300-560	560-1000	> 1000
NOx	<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*.

MEZZI DI TERRA	LF
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

1.5.2 *Fattori di emissione - Mezzi acquei*

Per i mezzi acquei 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).

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.

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

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 0.5¹.

¹ Il Guidebook prevederebbe in fase di manovra fattore di carico 0.2 per il motore principale e 0.5 per i motori ausiliari.

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

A partire da questa considerazione ed 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 Emission Factors for NOx, NMVOC, PM and Specific Fuel Consumption for different engine types/fuel combinations and vessel trip phases cruising, hotelling, manoeuvring in g/kWh*) del Guidebook 2009².

Tabella 3 Fattori di emissione utilizzati per i mezzi acquei.

Pollutant	Emission Factor [g/kWh]
NOx	10.2
PM	0.9

1.5.3 Stima delle emissioni da mezzi di cantiere

A partire dallo Studio B.6.72 B/8 i cantieri hanno fornito, oltre ai dati relativi al numero di mezzi impiegati per numero di giorni e percentuali di utilizzo per ciascun mese dell'anno e per ciascuna tipologia di mezzi, anche i dati relativi all'orario lavorativo giornaliero (riportati in Tabella 4 per il cantiere di Chioggia, analizzato in questo rapporto).

Tabella 4 Orario lavorativo giornaliero indicato dai cantieri per l'anno 2014.

Bocca di Porto	Cantiere o Ditta	Ore lavorative al giorno	Orario lavorativo
Chioggia	Chioggia	8	7:00-12:00 13:00-16:00

(¹) Il cantiere ha dettagliato mese per mese l'orario lavorativo, qui si riporta solo una sintesi.

L'ammontare mensile delle emissioni dei mezzi di cantiere per zona di lavoro per ciascun inquinante è stato stimato utilizzando i dati mensili sui mezzi in attività e i fattori di emissione descritti nel paragrafo precedente. Per i mezzi di terra sono stati usati fattori di emissione ricavati per un parco-mezzi con una parziale presenza di mezzi catalitici, così come descritti dalla tipologia composite. In Tabella 5 sono riportate le stime emissive di NOx e PM10 dei mezzi di cantiere per l'intero anno 2014 per la bocca di porto analizzata. Per tale periodo sono state eseguite le simulazioni con il modello di dispersione.

Tabella 5 Stima emissioni dei mezzi di cantiere (composite) per la bocca di porto di Chioggia per l'anno 2014 [Mg].

Bocca di Porto	tipo	NOx	PM
Chioggia	mezzi di terra	7.15	0.52
	mezzi acquei	15.94	1.47
	totale	23.09	1.99

I valori di emissione stimati alla bocca di porto di Chioggia evidenziano un aumento dell'attività di cantiere rispetto al 2013, come si evince dalle Tabella A2 e Tabella A3 in Appendice, dovuto al

² 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 BOCCHE LAGUNARI

maggior impiego di mezzi acquei, pur registrando una leggera flessione dell'attività di mezzi di terra.

1.6 Emissioni da risollevamento

La stima delle polveri da risollevamento, 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".

Per stimare l'impatto delle attività di cantiere sul risollevamento di polveri è stato applicato un fattore di emissione "bulk", ossia di insieme, pari a 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), che tiene in considerazione un'attività cantieristica di 8 ore al giorno.

Per quanto riguarda il risollevamento eolico si è utilizzato il fattore di emissione di 0.85 tonn/ha/anno³, pari a 2.695×10^{-6} g/m²/s, definito per "exposed areas" in assenza di copertura vegetale.

A partire dall'anno di monitoraggio 2012 il fattore di emissione relativo al risollevamento eolico è stato applicato solo in orario notturno, ed è stato ridotto del 50% per tener conto dell'effetto di mitigazione indotto da un adeguato trattamento di bagnatura del terreno, come peraltro prescritto dal SIA in avvio di lavori. Le emissioni di PM10 stimate per le sorgenti areali relativamente all'anno 2014 sono riportate in Tabella 6.

Tabella 6 Stima emissioni di PM10 [Mg] per risollevamento per l'anno 2014.

Bocca di Porto	risollevamento da cantiere	risollevamento eolico	totale risollevamento
Chioggia	2.3	0.2	2.5

Nel corso del 2014 sono intervenute delle variazioni nella configurazione delle zone di cantiere che hanno portato alla riduzione delle aree sterrate: alla bocca di Chioggia è stata allagata la tura nel corso del mese di marzo 2014 e l'area sterrata alla spalla sud si è ridotta per il progredire della costruzione degli edifici tecnici. L'attuale estensione delle aree sterrate, su cui è basata la stima delle emissioni di PM10 da risollevamento in Tabella 6, è riportata in Tabella 7.

1.7 Simulazioni eseguite

Nel corso del secondo periodo di attività dello Studio B/10 sono state eseguite, per i cantieri della bocca di porto di Chioggia, le simulazioni relative all'intero anno 2014 per l'NOx, per l'NO₂ e per il PM10.

³ U.S. EPA - AP42, *Compilation of air pollutant emission factors*, volume 1 capitolo 11, quinta edizione, Table 11.9-4.

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

1.7.1 Simulazioni per le emissioni dei mezzi di cantiere

Nelle simulazioni, le emissioni dei motori dei mezzi di cantiere sono state associate alle aree di lavorazione dei cantieri e descritte nel modello come sorgenti volumetriche. Per calcolare gli input emissivi orari, le emissioni di NOx e PM10, stimate su base mensile per ogni zona di lavoro dei cantieri, come illustrato nel paragrafo precedente, sono state distribuite sui soli giorni lavorativi secondo la modulazione temporale riportata in Tabella 4.

Per permettere il calcolo delle concentrazioni di NO₂, in CALPUFF è stato applicato lo schema chimico RIVAD/ARM3: in input al modello, il quantitativo stimato di ossidi di azoto emessi dai mezzi, identificato come NOx, è stato separato nei componenti della miscela, secondo la proporzione (in peso) 95% NO - 5% NO₂, 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 del 2014 presso la stazione ARPAV di Venezia Sacca Fisola.

1.7.2 Simulazioni per le polveri sottili da risollevamento

Per le simulazioni relative al PM10 da risollevamento, le emissioni sono state parametrizzate in questo caso come sorgenti areali, aventi superficie e frazione sterrata ridotte rispetto a quelle utilizzate nelle precedenti annualità e riportate in Tabella 7. Nella stessa tabella sono indicati i fattori di emissione in g/m²/s forniti in input al modello.

Nel caso delle sorgenti areali da risollevamento la modulazione temporale è stata effettuata senza differenziazione settimanale o mensile: si è pertanto applicato il fattore di emissione diurno dalle 8 alle 16, e il fattore di emissione notturno nelle restanti ore.

Tabella 7 Sorgenti areali e fattori di emissione per la simulazione del risollevamento di polveri.

Bocca di Porto e aree di lavorazione	Superficie (m ²)	Frazione sterrata + correzione open-pit (per la tura)	EF diurno (dalle 8 alle 16) [g/m ² /s]	EF notturno [g/m ² /s]
Chioggia				
poligono spalla nord (tura) ⁽¹⁾	100116	23%	7.2E-06	3.1E-07
poligono spalla sud	13080	25%	1.6E-05	6.7E-07

(1) La tura è stata allagata nel mese di marzo 2014. È stata considerata come sorgente di emissioni polverulente solo per i primi due mesi dell'anno.

3 ANALISI DEGLI OUTPUT

Da Figura 2 a Figura 7 si presentano le mappe delle concentrazioni medie annue relative al 2014 di NO₂, NOx e PM10 prodotti dalle attività di cantiere alla bocca di porto di Chioggia, dettagliando inoltre il PM10 nelle quote prodotte dalla combustione dai mezzi a motore e dal risollevamento. Per l' NO₂ e il PM10 sono riportate anche le mappe ottenute dalla sovrapposizione dell'impatto del cantiere con il valore di fondo derivato dai dati della centralina ARPAV di Sacca Fisola. I valori di massima ricaduta per la media del periodo analizzato, ottenuti per i vari inquinanti alla stessa bocca di porto, sono ricapitolati in Tabella 8. Mentre nelle mappe di concentrazione sono rappresentati i valori ottenuti per tutti i punti di griglia del dominio di calcolo, in Tabella 8 sono stati esclusi i punti ricadenti all'interno delle aree descritte come sorgenti emissive.

Tabella 8 Concentrazioni [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] – massimi (esclusi i punti di cantiere) delle medie del periodo gennaio-giugno 2014

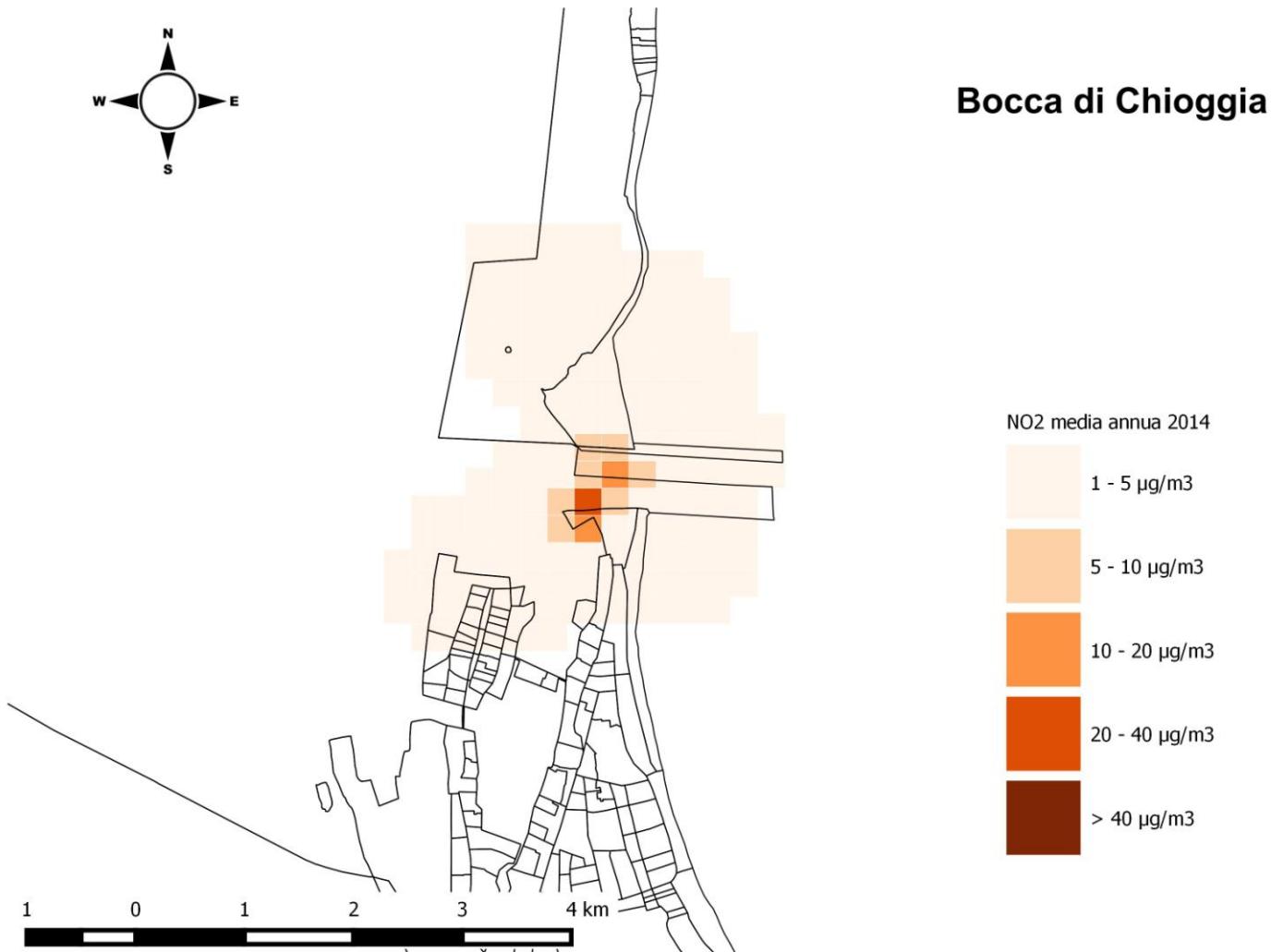
Bocca di porto	NO ₂	NOx	PM10		
			emiss. mezzi	risollevamento	emiss. mezzi + risollevamento
Chioggia	9.1	22.2	1.9	3.7	5.5

Dal confronto dei valori di massima ricaduta con le corrispondenti stime 2013, riportate nelle tabelle da Tabella A5 a Tabella A7, è possibile evidenziare l'incremento delle concentrazioni stimate dal modello per gli inquinanti prodotti per combustione nei mezzi di cantiere (NO₂, NOx e PM10 da mezzi) per la bocca di porto di Chioggia, a causa del maggior impiego di mezzi acquei, come argomentato a commento della Tabella 5. Si rileva invece una consistente diminuzione nel massimo della concentrazione media annuale di PM10 dovuta al risollevamento di polveri, collegata alla riduzione delle aree sterminate di cantiere in seguito all'allagamento della tura (avvenuto nel marzo 2014) e all'avanzamento della costruzione degli edifici tecnici.

Come nelle annualità precedenti, le concentrazioni più significative si rilevano entro l'area di cantiere, come evidenziato nelle mappe da Figura 2 a Figura 7, e nei recettori più prossimi ad essa.

Nel 2014 si sono registrati presso la stazione ARPAV di Sacca Fisola valori di fondo (29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per la concentrazione media annuale di NO₂, 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per la concentrazione media annuale di PM10) inferiori rispetto al 2013 (rispettivamente 32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Sommando i valori di fondo con i contributi dei cantieri non si registrano superamenti dei limiti annuali per la protezione della salute umana (40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sia per NO₂ che per PM10), eccetto che per singole celle subito a ridosso delle aree di cantiere, senza interessamento di zone residenziali.

I risultati modellistici non evidenziano particolari criticità o impatti significativi. Ulteriori approfondimenti e confronti più dettagliati tra le diverse annualità sono rinviati al Rapporto Finale, nel quale sarà possibile discutere i risultati delle simulazioni annuali per l'intero anno 2014 per tutte le bocche di porto.

Figura 2 Concentrazione media annuale di NO₂ [µg/m³] - bocca di Chioggia

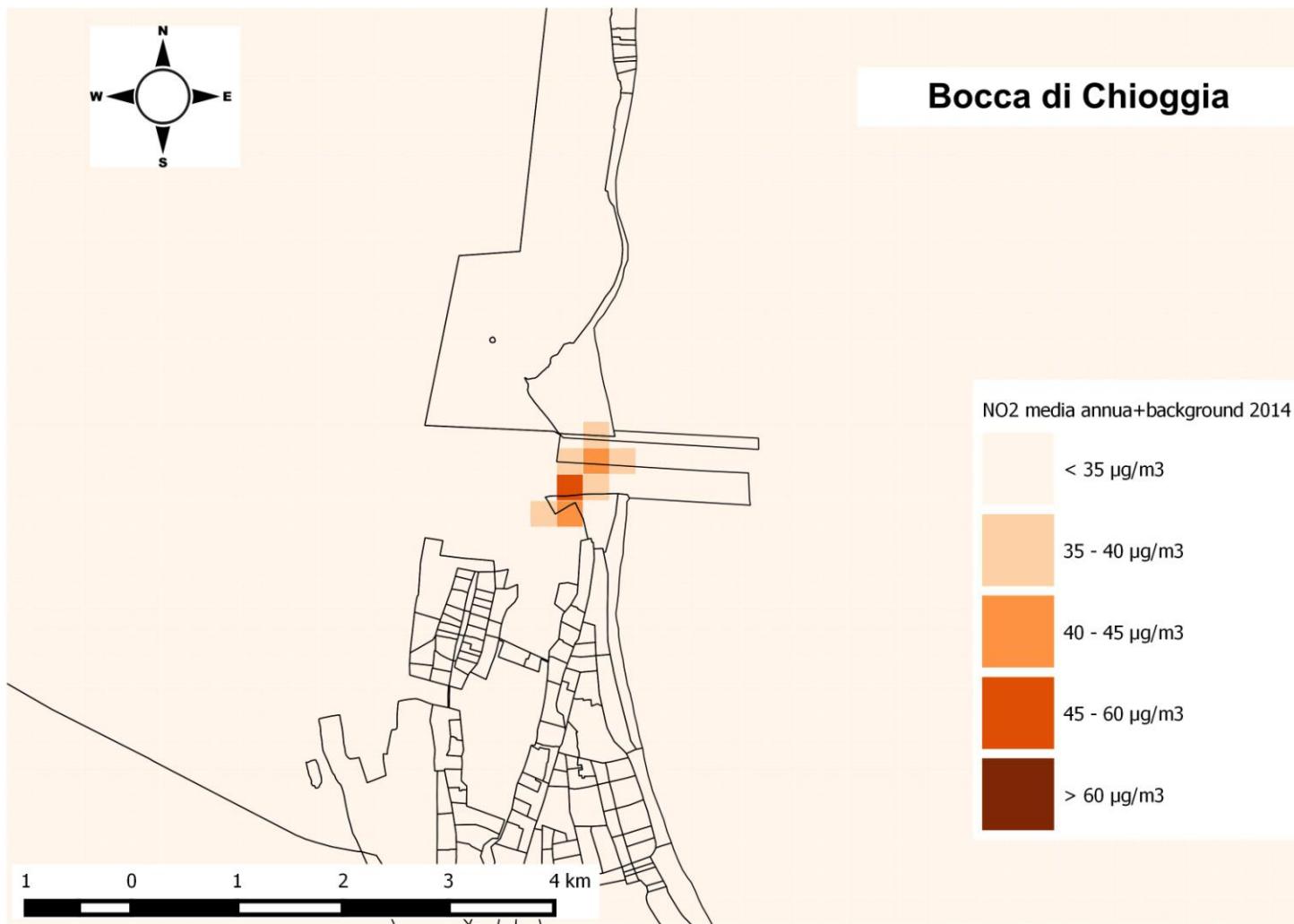
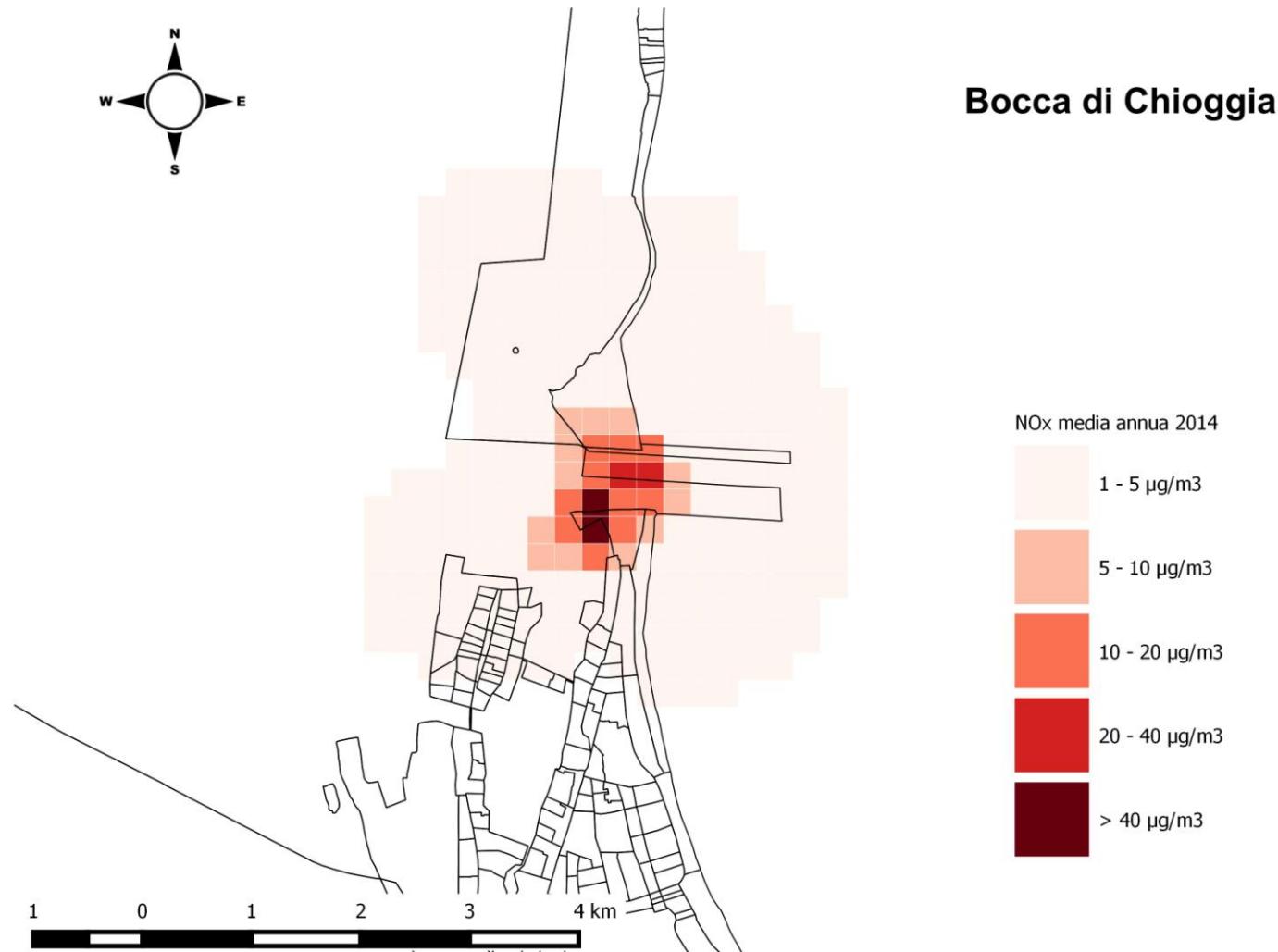


Figura 3 Concentrazione media annuale di NO₂ (attività di cantiere + background) [µg/m³] - bocca di Chioggia

Figura 4 Concentrazione media annuale di NOx [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] - bocca di Chioggia

CORILA

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

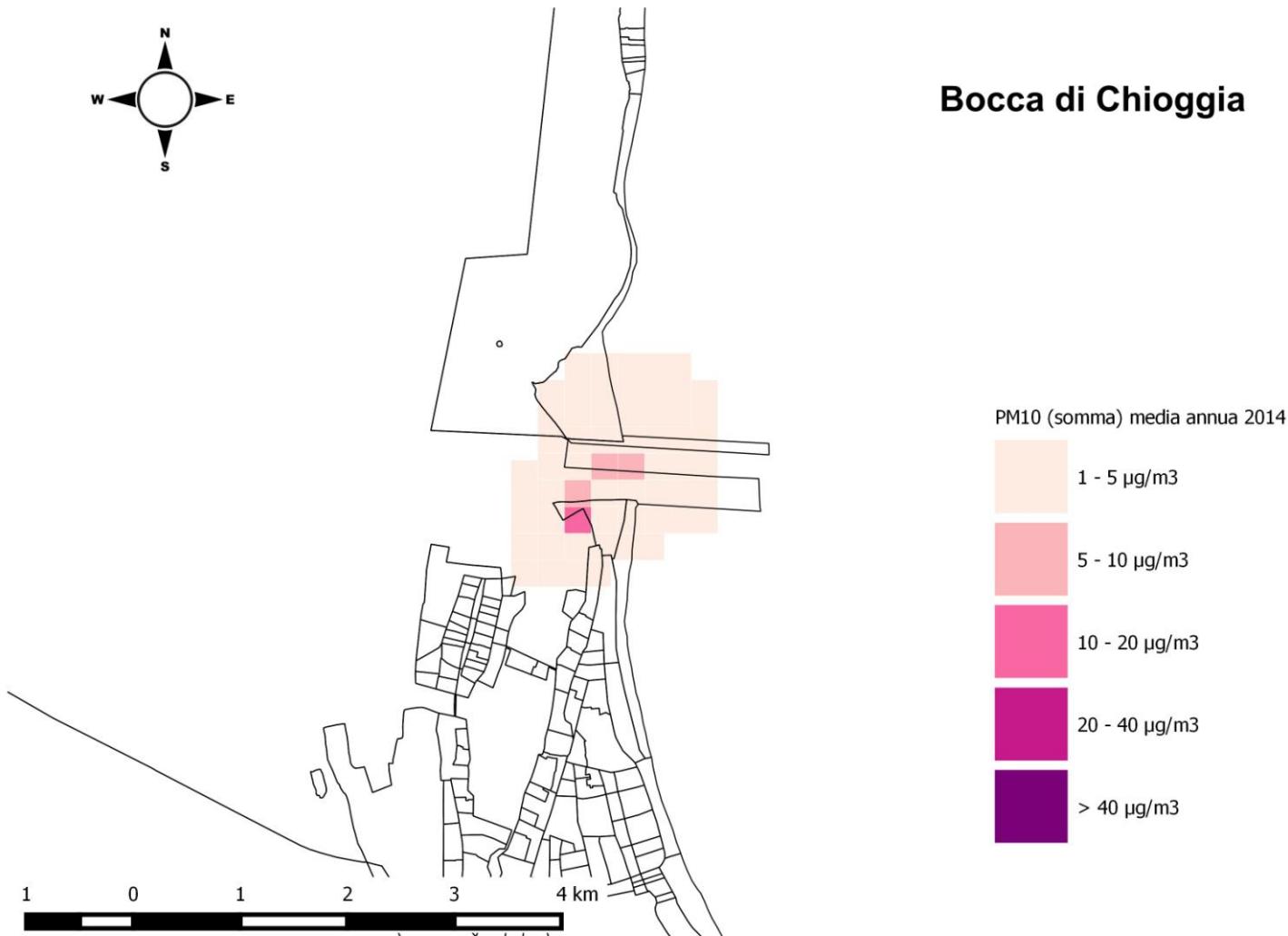


Figura 5 Concentrazione media annuale di PM10 (emissioni mezzi + risollevamento) [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] - bocca di Chioggia

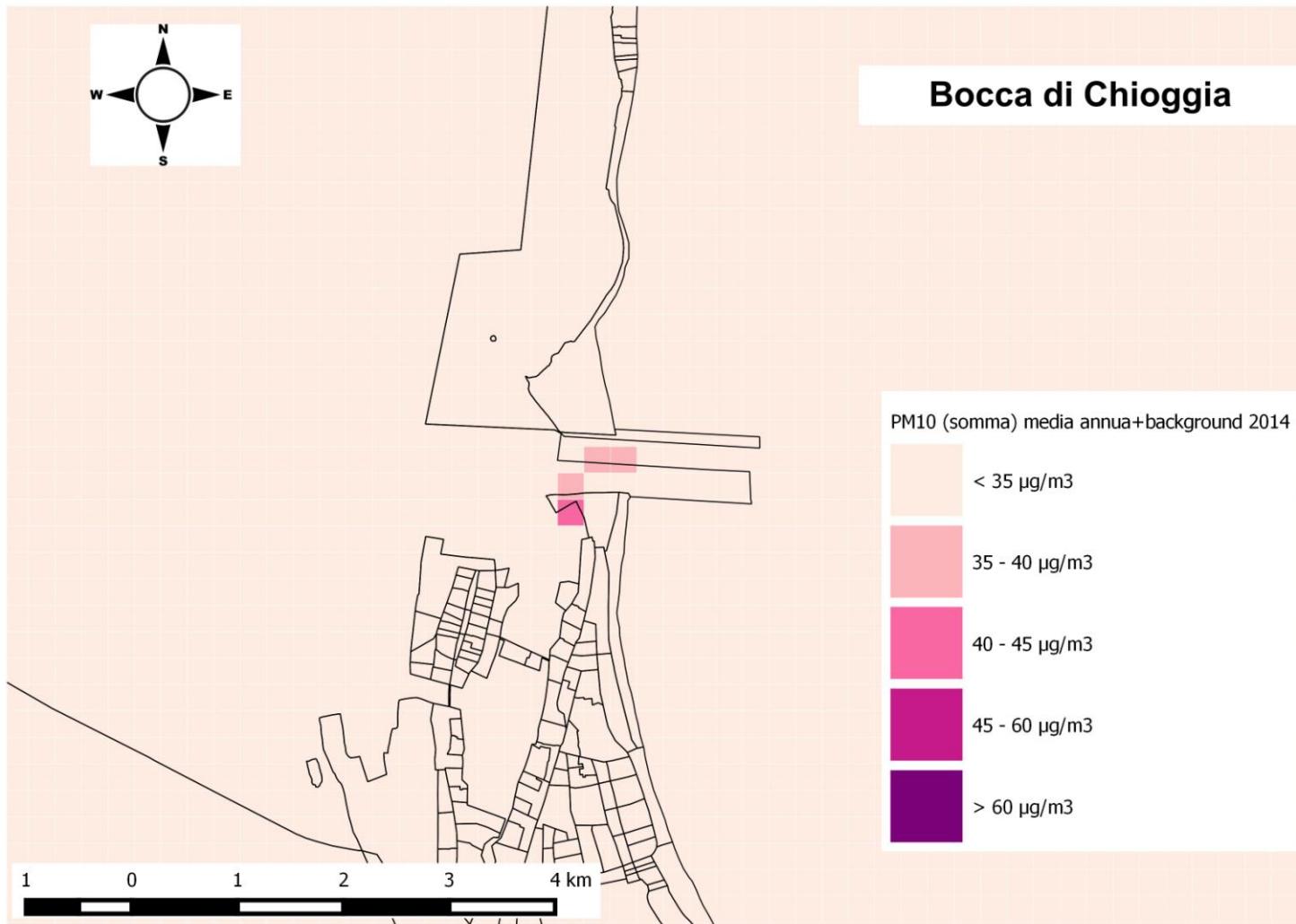


Figura 6 Concentrazione media annuale di PM10 (attività di cantiere + background) [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] - bocca di Chioggia

CORILA

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

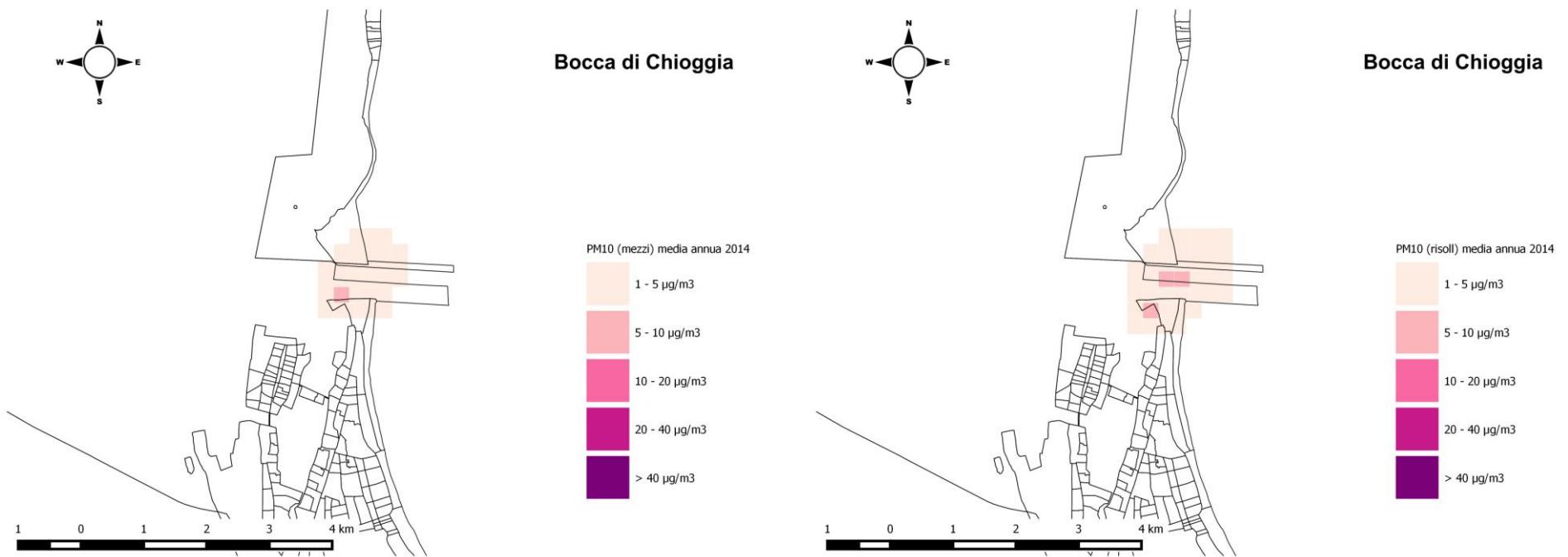


Figura 7 Concentrazioni medie annuali di PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]. A sinistra:emissioni mezzi - a destra: risollevamento - bocca di Chioggia

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

4 APPENDICE

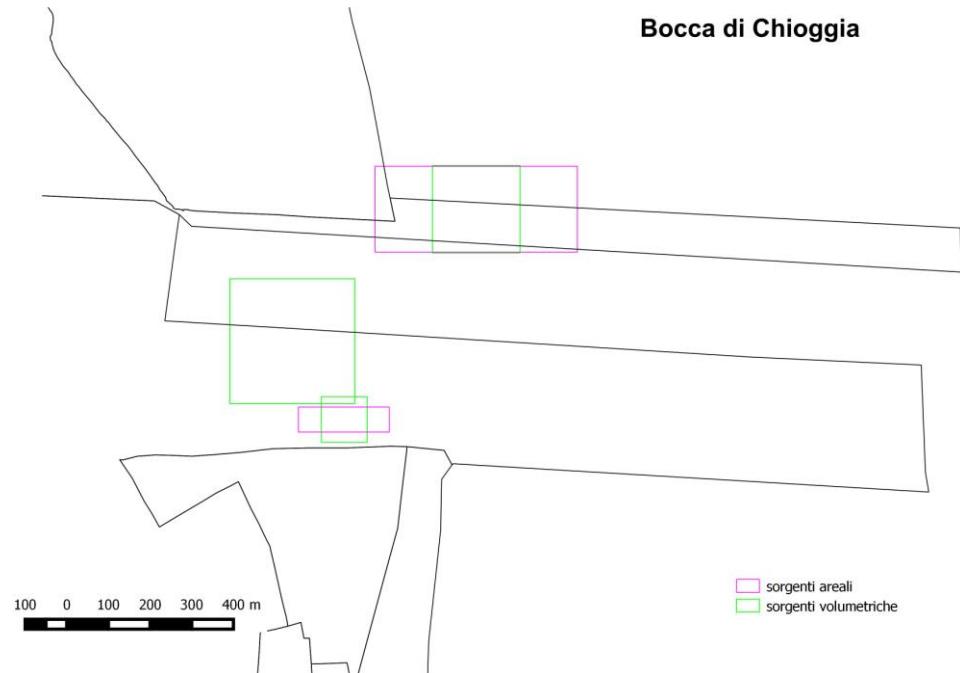


Figura A1 Collocazione presso la bocca di porto di Chioggia delle sorgenti areali e volumetriche per gli input emissivi a CALPUFF.

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

Tabella A1 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	0.178	0.469	0.647	0.337	0.469	0.807	0.013	0.043	0.056	0.032	0.043	0.075
	SPALLA SUD	feb	0.156	0.206	0.362	0.297	0.206	0.502	0.011	0.019	0.030	0.027	0.019	0.046
	SPALLA SUD	mar	0.112	0.223	0.335	0.212	0.223	0.436	0.008	0.021	0.029	0.020	0.021	0.040
	SPALLA SUD	apr	0.164	0.305	0.469	0.311	0.305	0.616	0.012	0.028	0.040	0.029	0.028	0.058
	SPALLA SUD	mag	0.153	0.125	0.277	0.290	0.125	0.414	0.011	0.012	0.023	0.027	0.012	0.038
	SPALLA SUD	giu	0.201	0.346	0.547	0.381	0.346	0.727	0.015	0.032	0.046	0.035	0.032	0.067
	SPALLA SUD	lug	0.276	0.214	0.490	0.524	0.214	0.738	0.020	0.020	0.040	0.049	0.020	0.068
	SPALLA SUD	ago	0.233	0.258	0.491	0.442	0.258	0.700	0.017	0.024	0.041	0.041	0.024	0.065
	SPALLA SUD	set	0.677	0.274	0.951	1.284	0.274	1.559	0.047	0.025	0.072	0.116	0.025	0.142
	SPALLA SUD	ott	0.394	0.194	0.589	0.749	0.194	0.943	0.028	0.018	0.046	0.068	0.018	0.086
	SPALLA SUD	nov	0.344	0.111	0.455	0.654	0.111	0.764	0.023	0.010	0.034	0.059	0.010	0.069
	SPALLA SUD	dic	0.045	0.170	0.215	0.086	0.170	0.256	0.004	0.016	0.019	0.008	0.016	0.024
	SPALLA SUD	2014	2.933	2.896	5.828	5.566	2.896	8.461	0.208	0.267	0.476	0.512	0.267	0.779
CHIOGGIA	BARRIERA	gen	0.000	0.270	0.270	0.000	0.270	0.270	0.000	0.025	0.025	0.000	0.025	0.025
	BARRIERA	feb	0.000	0.012	0.012	0.000	0.012	0.012	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001
	BARRIERA	mar	0.000	0.421	0.421	0.000	0.421	0.421	0.000	0.039	0.039	0.000	0.039	0.039
	BARRIERA	apr	0.000	0.586	0.586	0.000	0.586	0.586	0.000	0.054	0.054	0.000	0.054	0.054
	BARRIERA	mag	0.000	1.156	1.156	0.000	1.156	1.156	0.000	0.107	0.107	0.000	0.107	0.107
	BARRIERA	giu	0.000	0.869	0.869	0.000	0.869	0.869	0.000	0.080	0.080	0.000	0.080	0.080
	BARRIERA	lug	0.000	1.620	1.620	0.000	1.620	1.620	0.000	0.149	0.149	0.000	0.149	0.149
	BARRIERA	ago	0.000	1.232	1.232	0.000	1.232	1.232	0.000	0.114	0.114	0.000	0.114	0.114
	BARRIERA	set	0.000	0.279	0.279	0.000	0.279	0.279	0.000	0.026	0.026	0.000	0.026	0.026
	BARRIERA	ott	0.000	0.191	0.191	0.000	0.191	0.191	0.000	0.018	0.018	0.000	0.018	0.018
	BARRIERA	nov	0.000	0.188	0.188	0.000	0.188	0.188	0.000	0.017	0.017	0.000	0.017	0.017
	BARRIERA	dic	0.000	0.120	0.120	0.000	0.120	0.120	0.000	0.011	0.011	0.000	0.011	0.011
	BARRIERA	2014	0.000	6.944	6.944	0.000	6.944	6.944	0.000	0.640	0.640	0.000	0.640	0.640
CHIOGGIA	SPALLA NORD	gen	0.669	0.580	1.250	1.270	0.580	1.851	0.050	0.054	0.104	0.120	0.054	0.173
	SPALLA NORD	feb	0.610	0.542	1.152	1.158	0.542	1.700	0.046	0.050	0.096	0.110	0.050	0.160
	SPALLA NORD	mar	0.442	0.497	0.940	0.840	0.497	1.337	0.033	0.045	0.079	0.079	0.045	0.125
	SPALLA NORD	apr	0.185	0.493	0.677	0.351	0.493	0.843	0.014	0.045	0.059	0.033	0.045	0.078
	SPALLA NORD	mag	0.246	0.887	1.133	0.467	0.887	1.354	0.018	0.081	0.100	0.100	0.044	0.081
	SPALLA NORD	giu	0.411	0.591	1.001	0.779	0.591	1.370	0.029	0.054	0.084	0.072	0.054	0.126
	SPALLA NORD	lug	0.601	0.462	1.064	1.141	0.462	1.604	0.042	0.042	0.085	0.105	0.042	0.147
	SPALLA NORD	ago	0.154	0.390	0.543	0.291	0.390	0.681	0.012	0.036	0.047	0.028	0.036	0.063
	SPALLA NORD	set	0.164	0.359	0.523	0.311	0.359	0.670	0.012	0.033	0.045	0.029	0.033	0.062
	SPALLA NORD	ott	0.090	0.196	0.285	0.170	0.196	0.366	0.007	0.018	0.025	0.016	0.018	0.034
	SPALLA NORD	nov	0.250	0.648	0.898	0.475	0.648	1.122	0.018	0.060	0.078	0.044	0.060	0.104
	SPALLA NORD	dic	0.394	0.452	0.847	0.748	0.452	1.201	0.027	0.042	0.068	0.067	0.042	0.109
	SPALLA NORD	2014	4.217	6.096	10.313	8.002	6.096	14.099	0.309	0.561	0.869	0.746	0.561	1.307

TOTALE BOCCA DI CHIOGGIA

7.1 15.9 23.1 13.6 15.9 29.5 0.5 1.5 2.0 1.3 1.5 2.7

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

Tabella A2 Stima emissioni annuali di NOx dei mezzi di cantiere (*composite*) per bocca di porto [Mg]

Bocca di Porto	tipo	NOx 2011	NOx 2012	NOx 2013	NOx 2014
Lido	mezzi di terra	48.4	12.1	4.1	
	mezzi acquei	49.8	58.5	15.0	
	totale	98.2	70.6	19.1	
Malamocco	mezzi di terra	12.9	12.0	11.5	
	mezzi acquei	5.9	17.0	18.8	
	totale	18.8	29.0	30.4	
Chioggia	mezzi di terra	12.1	5.1	8.8	7.1
	mezzi acquei	20.1	6.0	10.0	15.9
	totale	32.2	11.1	18.8	23.1

Tabella A3 Stima emissioni annuali di PM dei mezzi di cantiere (*composite*) per bocca di porto [Mg]

Bocca di Porto	tipo	PM 2011	PM 2012	PM 2013	PM 2014
Lido	mezzi di terra	3.4	0.9	0.3	
	mezzi acquei	4.4	5.1	1.3	
	totale	7.8	6.0	1.6	
Malamocco	mezzi di terra	0.9	0.8	0.8	
	mezzi acquei	0.5	1.5	1.7	
	totale	1.4	2.4	2.5	
Chioggia	mezzi di terra	0.9	0.4	0.6	0.5
	mezzi acquei	1.8	0.6	0.9	1.5
	totale	2.7	0.9	1.6	2.0

Tabella A4 Stima emissioni annuali di PM10 per risollevamento[Mg]

Bocca di Porto	tipo	PM 2011	PM 2012	PM 2013	PM 2014
Lido	risollevamento da cantiere	13.0	8.8	7.4	
	risollevamento eolico	3.4	0.8	0.6	
	totale	16.3	9.6	8.0	
Malamocco	risollevamento da cantiere	22.8	22.8	22.7	
	risollevamento eolico	2.0	2.0	1.9	
	totale	24.7	24.7	24.7	
Chioggia	risollevamento da cantiere	9.6	9.7	9.7	2.3
	risollevamento eolico	2.5	0.8	0.8	0.2
	totale	12.1	10.6	10.5	2.5

Tabella A5 Concentrazioni [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] – massimi nel dominio di calcolo (esclusi i punti di cantiere) delle medie annuali di NO₂

Bocca di Porto	NO ₂ 2011	NO ₂ 2012	NO ₂ 2013	NO ₂ 2014
Lido	31.2	12.6	7.6	
Malamocco	10.1	4.7	8.2	
Chioggia	14.1	4.0	7.1	9.1

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

Tabella A6 Concentrazioni [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] – massimi nel dominio di calcolo (esclusi i punti di cantiere) delle medie annuali di NOx

Bocca di Porto	NOx 2011	NOx 2012	NOx 2013	NOx 2014
Lido	66.3	35.3	22.7	
Malamocco	17.8	18.7	27.9	
Chioggia	25.1	8.9	15.9	22.2

Tabella A7 Concentrazioni [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] – massimi nel dominio di calcolo (esclusi i punti di cantiere) delle medie annuali di PM10

Bocca di Porto	tipo	PM10 2011	PM10 2012	PM10 2013	PM10 2014
Lido	emiss.mezzi	5.3	3.1	1.9	
	risollevamento	15.8	14.8	17.9	
	emiss.mezzi+ risollevamento	21.1	16.6	18.4	
Malamocco	emiss.mezzi	1.4	1.5	2.3	
	risollevamento	20.2	19.4	22.7	
	emiss.mezzi+ risollevamento	20.7	20.9	25.1	
Chioggia	emiss.mezzi	2.1	0.7	1.3	1.9
	risollevamento	10.9	8.3	10.5	3.7
	emiss.mezzi+ risollevamento	12.7	9.0	11.6	5.5

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

BIBLIOGRAFIA

Applied Environmental Consultants, 2010. Rosemont Copper Company - CALPUFF Modeling Report to Assess, Rosemont Copper Project, Southeastern Arizona (<http://www.rosemonteis.us/files/technical-reports/013224.pdf>).

Arizona Department of Environmental Quality, 2014. Air Dispersion Modeling Guidelines for Arizona Air Quality Permits (<http://www.azdeq.gov/environ/air/download/modeling.pdf>).

California Environmental Protection Agency Emissions Inventory, 2002. Sec. 7.7 Building Construction Dust (<http://www.arb.ca.gov/ei/areasrc/fullpdf/full7-7.pdf>)

EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook, 2009. - International navigation, national navigation, national fishing and military (shipping) - sec.1.A.3.d Navigation (update March 2011) (<http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emission-inventory-guidebook-2009/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-3-d-navigation.pdf>).

EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook, 2009. - Non-road mobile sources and machinery (land-based emissions) - sec. 1.A.4 Other Mobile (update June2010) (<http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emission-inventory-guidebook-2009/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-4-other-mobile-tfeip-endorsed-draft.pdf>).

Magistrato alle Acque di Venezia - CORILA, 2012. Studio B.6.72 B/7. Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Macroattività: Aria-Simulazioni modellistiche. Rapporto Finale. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.

Magistrato alle Acque di Venezia - CORILA, 2013. Studio B.6.72 B/8. Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Macroattività: Aria-Simulazioni modellistiche. Rapporto Finale. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.

Magistrato alle Acque di Venezia - CORILA, 2014. Studio B.6.72 B/9. Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Macroattività: Aria-Simulazioni modellistiche. Rapporto Finale. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.

North Carolina Division of Air Quality, 2009. Guidelines for evaluating the air quality impacts of toxic pollutants in North Carolina (<http://daq.state.nc.us/permits/mets/Guidance.pdf>).

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.

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

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

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

US Environmental Protection Agency AP 42, Fifth Edition, Volume I Chapter 11: Mineral Products Industry - 11.9 Western Surface Coal Mining, 1998
(<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch11/final/c11s09.pdf>).

US Environmental Protection Agency AP 42, Fifth Edition, Volume I Chapter 13: Miscellaneous Sources - 13.2.2 Unpaved Roads, 2006
(<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch13/final/c13s0202.pdf>).

US Environmental Protection Agency AP 42, Fifth Edition, Volume I Chapter 13: Miscellaneous Sources - 13.2.3 Heavy Construction Operations, 1995
(<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch13/final/c13s02-3.pdf>).

US Environmental Protection Agency AP42, 2002. Median Life, Annual Activity, and Load Factor Values for Nonroad Engine Emissions Modeling, EPA420-P-02-014
(<http://www.epa.gov/otaq/models/nonrdmdl/p02014.pdf>).