



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
BOCCE LAGUNARI**

Contratto CVN-CORILA n. 11373 spo/sim

Documento **MACROATTIVITÀ: ARIA**

SIMULAZIONI MODELLISTICHE

**RAPPORTO DELL'IMPATTO DEL TRAFFICO
STRADALE DI MEZZI PESANTI PER IL
CONFERIMENTO DI MATERIALE DI
ZAVORRAMENTO DEI CASSONI ALLA BOCCA
DI PORTO DI CHIOGGIA**

Versione **1.0**

Emissione **10 Novembre 2014**

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
2 DESCRIZIONE ATTIVITÀ SVOLTE	4
2.1 Strumenti modellistici e loro implementazione	4
<i>2.1.1 Caratterizzazione delle sorgenti emissive</i>	<i>5</i>
2.2 Emissioni.....	5
<i>2.2.1 Fattori di emissione.....</i>	<i>6</i>
<i>2.2.2 Stima delle emissioni</i>	<i>6</i>
2.3 Simulazioni eseguite	8
3 ANALISI DEGLI OUTPUT	9
4 CONCLUSIONI.....	18
5 BIBLIOGRAFIA.....	19

1 INTRODUZIONE

Nell'ambito delle attività di monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere del MOSE alle bocche lagunari (Studio B.6.72 B/10, periodo maggio 2014 - aprile 2015), è stata affidata ad ARPAV, come già per i precedenti Studi B.6.72 B/7, B/8 e B/9, la valutazione modellistica relativa alla dispersione in atmosfera degli inquinanti rilasciati durante le attività di cantiere.

Nel presente Studio B.6.72 B/10 è stata inserita un'attività integrativa riguardante lo studio dell'impatto sulla qualità dell'aria del flusso di veicoli pesanti su strada da e per il cantiere del MOSE alla bocca di porto di Chioggia, per il trasporto di materiale di zavorramento dei cassoni sul fondo. Il presente documento costituisce il rapporto descrittivo di tale attività integrativa.

1.1 Oggetto delle simulazioni

Le simulazioni hanno riguardato la dispersione dei fumi emessi dai mezzi pesanti utilizzati per il trasporto del materiale di zavorramento per i cassoni della bocca di Chioggia, che hanno operato nel periodo giugno-agosto 2014. I calcoli di dispersione sono stati applicati per un percorso stradale di circa 18 chilometri che conduce al cantiere della bocca di Chioggia.

1.2 Fasi di svolgimento dell'attività modellistica

L'attività integrativa, oggetto del presente rapporto, si è sviluppata nelle seguenti fasi:

- a. stima delle emissioni da mezzi pesanti lungo i percorsi viari pavimentati di accesso al cantiere;
- b. predisposizione degli input meteorologici e geografici per l'area (dominio di calcolo) e per il periodo di indagine;
- c. definizione delle sorgenti di emissione e loro georeferenziazione nel dominio di calcolo;
- d. stima dei ratei emissivi per ciascuna sorgente;
- e. simulazioni di NO_x, NO₂ e PM₁₀ con la catena modellistica;
- f. analisi e interpretazione degli output.

2 DESCRIZIONE ATTIVITÀ SVOLTE

2.1 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).

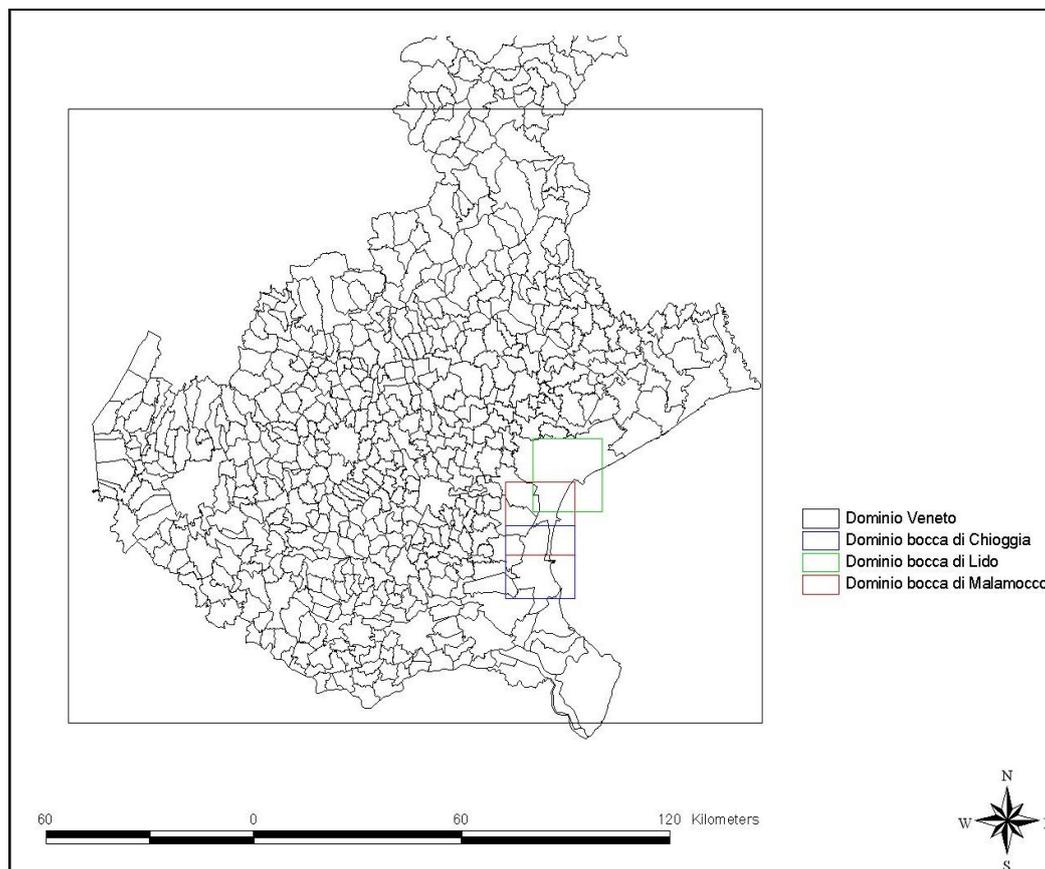


Figura 1. Dominio di calcolo regionale di CALMET e sottodomini relativi alle tre bocche di porto.

L'input meteorologico per CALPUFF è stato calcolato tramite CALMET sul dominio di dimensione 20x20 km², centrato sulla bocca di porto di Chioggia, con griglia a risoluzione di 500 m, innestato 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. Quanto illustrato in Figura 1 comprende, oltre al dominio regionale, i domini alle tre bocche di porto, oggetto dell'intero Studio B.6.72 B/10. 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 m 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 CALMET sono relativi a 3 radiosondaggi (Milano-Linate, Udine-Campofornido e Bologna-San Pietro Capofiume).

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

Le concentrazioni di inquinanti sono state stimate tramite il modello CALPUFF sullo stesso dominio di 20x20 km² della bocca di porto di Chioggia, 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.

2.1.1 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.

Le emissioni dei mezzi pesanti impiegati per i trasporti su strada sono introdotte nel modello come una serie di sorgenti volumetriche che coprono il tracciato stradale percorso dai mezzi all'interno del dominio di calcolo. Secondo le indicazioni contenute in [US Environmental Protection Agency, 2011] e [Arizona Department of Environmental Quality, 2014], le sorgenti sono collocate lungo l'asse stradale ad una distanza l'una dall'altra pari al doppio della larghezza complessiva della strada aumentata di 6 metri (cosiddetta "larghezza aggiustata"), per tenere conto dell'iniziale dispersione indotta dal passaggio stesso dei mezzi. Tale distanza tra le sorgenti viene divisa per un fattore pari 2.15 (applicabile a sorgenti volumetriche adiacenti o alternate) per determinare la dispersione orizzontale iniziale per ciascun volume. Analogamente, la dispersione verticale iniziale attribuita a ciascuna sorgente si ricava moltiplicando l'altezza dei veicoli (indicativamente 3 metri) per il fattore 1.7.

2.2 Emissioni

Per la stima delle emissioni, è stato richiesto alla Direzione del cantiere di fornire i dati relativi a:

1. tipologia di mezzi impiegati e tecnologia di controllo delle emissioni (classe EURO);
2. percorso compiuto dai mezzi;
3. orari e numero di viaggi per giorno.

La flotta utilizzata per i trasporti in esame è costituita da veicoli con peso superiore alle 32 tonnellate, appartenenti alle classi da EURO3 a EURO6.

Il percorso stradale compiuto dai veicoli all'interno del dominio di calcolo si snoda lungo i tratti indicati in Tabella 1.

Tabella 1. Tratti stradali percorsi dai veicoli per l'accesso ai cantieri alla bocca di porto di Chioggia.

Tratto	Lunghezza [km]	Larghezza strada [m]
Via Romea	3.629	7.5
Via Romea	8.755	7.5
Viale Mediterraneo	2.334	13.0
Lungomare Adriatico	2.673	6.5
Viale San Marco	0.951	6.0
TOTALE	18.343	

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

Per ogni viaggio, andata e ritorno dal cantiere, un veicolo percorre dunque una distanza di 36.7 km all'interno del dominio di calcolo, contribuendo alle emissioni di inquinanti per un ammontare calcolato nel successivo paragrafo.

2.2.1 Fattori di emissione

Le informazioni fornite sono state utilizzate per applicare il livello Tier 2 della metodologia di stima ufficiale europea CORINAIR, presentata nel Guidebook 2009 alla sezione 1.A.3.a Road transport GB2009 (update May 2012). Per l'applicazione di tale approccio di calcolo è necessario conoscere la lunghezza del percorso e il numero di veicoli in transito per categoria e per tecnologia veicolare. Secondo tale metodologia la stima delle emissioni viene effettuata secondo la seguente formula:

$$E_i = N \times M \times EF_i$$

dove:

E_i = emissione per l'inquinante i [g]

N = numero di veicoli in transito

M = lunghezza del percorso [km]

EF_i = fattore di emissione specifico dell'inquinante i [g/veicolo-km]

I fattori di emissione specifici per NOx e PM10 sono stati ricavati dall'inventario INEMAR Lombardia per l'anno 2010 e dal parco veicolare Veneto 2012 (fonti ACI e ANCMA).

Per i veicoli in esame sono stati determinati dei fattori di emissione medi (riportati in Tabella 2) pesando i fattori INEMAR specifici della categoria in esame (autoarticolati con peso > 32 t) sulle percorrenze complessive annue del parco veicolare del Veneto del 2012 relative ai mezzi con tecnologie da EURO3 a EURO5 (EURO6 non è disponibile per il parco 2012).

Tabella 2. Fattori di emissione medi [g/veicolo-km] utilizzati per i mezzi di trasporto su strada.

Inquinante	NOx	PM10
EF medi (EURO 3-5) [g/veicolo-km]	6.412	0.235

2.2.2 Stima delle emissioni

L'andamento temporale del traffico dei mezzi pesanti sulle strade di accesso alle aree di cantiere del MOSE alla bocca di porto di Chioggia è stato dettagliato dalla Direzione del cantiere e riportato in Tabella 3.

Nella Tabella 3 sono state indicate, per ogni giorno e per ogni inquinante, anche le emissioni stimate per il totale dei viaggi della giornata. La riga finale fornisce il quadro dell'intero periodo, riassumendo il numero totale di giorni di attività e l'ammontare complessivo delle emissioni nel periodo da giugno ad agosto 2014.

Riguardo all'orario dei viaggi, dalla Direzione del cantiere è stata fornita l'informazione, riportata in Tabella 3, sull'intervallo entro il quale l'attività si è svolta. Dato il numero esiguo di trasporti effettuati ogni giorno e considerata la lunghezza complessiva di ciascun viaggio di andata e ritorno dal cantiere, è stato ipotizzato che i viaggi si siano distribuiti con cadenza di uno all'ora, a partire dall'orario di inizio dell'attività e fino ad esaurimento. Nell'unico caso in cui il numero di viaggi in un giorno è risultato superiore a 12 (ossia il numero massimo di ore di attività), si è calcolato il

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

numero di viaggi all'ora distribuendoli uniformemente nel corso delle 12 ore della giornata lavorativa.

Tabella 3. Giorni e orari di attività e stima delle emissioni giornaliere.

Giorno	Numero viaggi	Orario di attività	Emissioni giornaliere stimate [g]	
			NO _x	PM10
03/06/2014	8	7:00 - 19:00	1882	69
04/06/2014	3	8:00 - 19:00	706	26
06/06/2014	5	8:00 - 19:00	1176	43
09/06/2014	8	7:00 - 19:00	1882	69
10/06/2014	3	8:00 - 19:00	706	26
11/06/2014	3	8:00 - 19:00	706	26
12/06/2014	2	8:00 - 19:00	470	17
20/06/2014	4	8:00 - 19:00	941	35
23/06/2014	7	7:00 - 19:00	1647	60
24/06/2014	1	8:00 - 19:00	235	9
25/06/2014	3	8:00 - 19:00	706	26
26/06/2014	6	7:00 - 19:00	1411	52
27/06/2014	6	7:00 - 19:00	1411	52
30/06/2014	7	7:00 - 19:00	1647	60
01/07/2014	7	7:00 - 19:00	1647	60
02/07/2014	2	8:00 - 19:00	470	17
03/07/2014	1	8:00 - 19:00	235	9
07/07/2014	4	8:00 - 19:00	941	35
08/07/2014	6	7:00 - 19:00	1411	52
09/07/2014	9	7:00 - 19:00	2117	78
10/07/2014	9	7:00 - 19:00	2117	78
11/07/2014	3	8:00 - 19:00	706	26
14/07/2014	7	7:00 - 19:00	1647	60
15/07/2014	6	7:00 - 19:00	1411	52
18/07/2014	2	8:00 - 19:00	470	17
21/07/2014	7	7:00 - 19:00	1647	60
22/07/2014	9	7:00 - 19:00	2117	78
23/07/2014	8	7:00 - 19:00	1882	69
24/07/2014	7	7:00 - 19:00	1647	60
25/07/2014	5	8:00 - 19:00	1176	43
28/07/2014	6	7:00 - 19:00	1411	52
30/07/2014	2	8:00 - 19:00	470	17
31/07/2014	9	7:00 - 19:00	2117	78
01/08/2014	4	8:00 - 19:00	941	35
04/08/2014	10	7:00 - 19:00	2352	86
05/08/2014	15	7:00 - 19:00	3529	130
07/08/2014	1	8:00 - 19:00	235	9
08/08/2014	4	8:00 - 19:00	941	35
11/08/2014	9	7:00 - 19:00	2117	78
12/08/2014	11	7:00 - 19:00	2588	95
13/08/2014	11	7:00 - 19:00	2588	95
14/08/2014	6	7:00 - 19:00	1411	52
18/08/2014	3	8:00 - 19:00	706	26
19/08/2014	6	7:00 - 19:00	1411	52
20/08/2014	6	7:00 - 19:00	1411	52
21/08/2014	5	8:00 - 19:00	1176	43
TOTALE	266		62573	2297

2.3 Simulazioni eseguite

Per l'attività integrativa oggetto del presente rapporto sono state eseguite simulazioni per NO₂, NO_x e PM10 relativamente al periodo giugno-agosto 2014, che comprende tutti i trasporti effettuati da mezzi pesanti diretti ai cantieri della bocca di porto di Chioggia.

La descrizione dell'intero percorso stradale tramite sorgenti volumetriche, caratterizzate come descritto in precedenza, ha richiesto un totale di 664 sorgenti.

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 NO_x, 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 dell'anno 2014 presso la stazione ARPAV di Venezia Sacca Fisola.

3 ANALISI DEGLI OUTPUT

Da

Chioggia

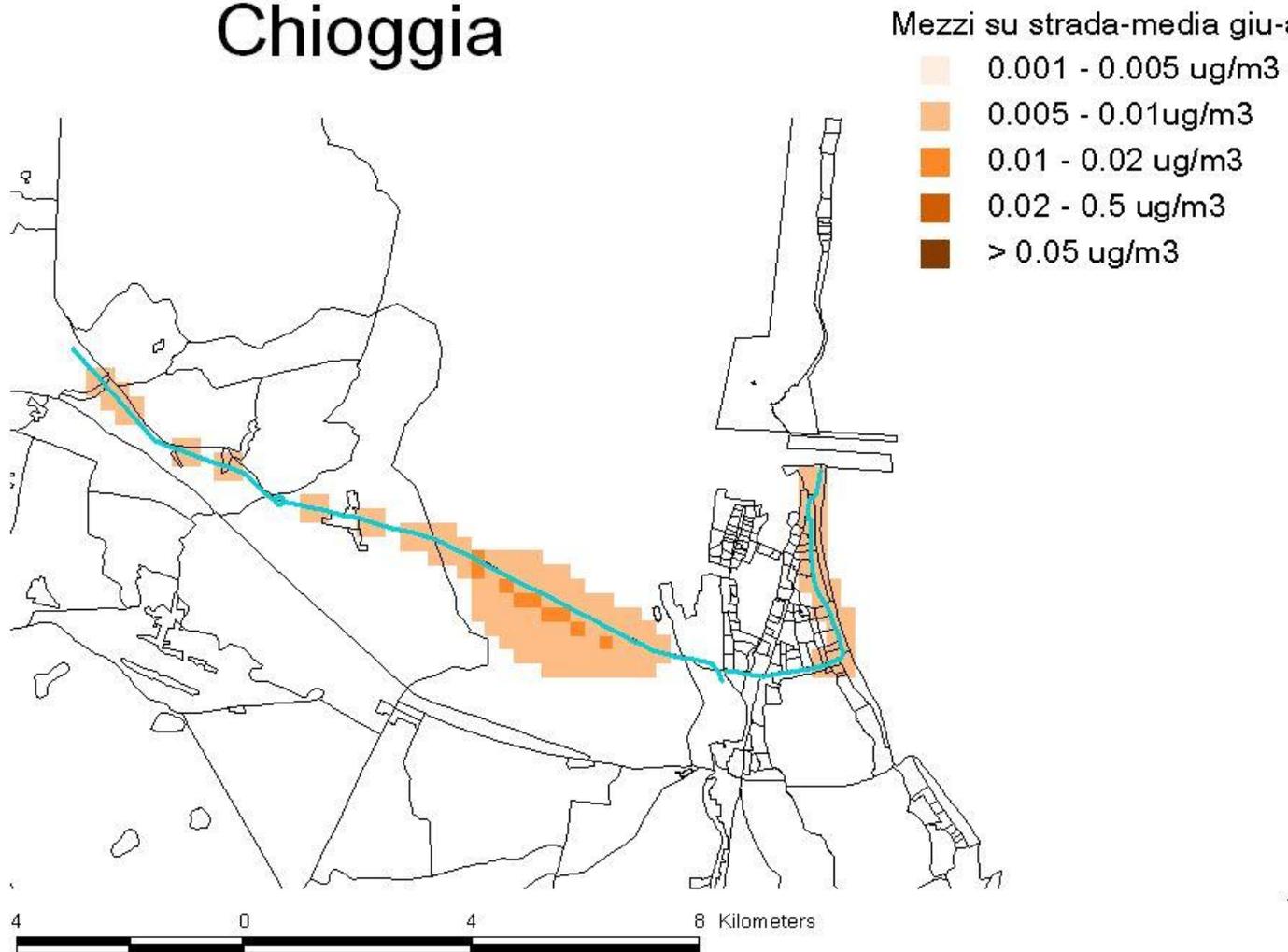


Figura 2 a

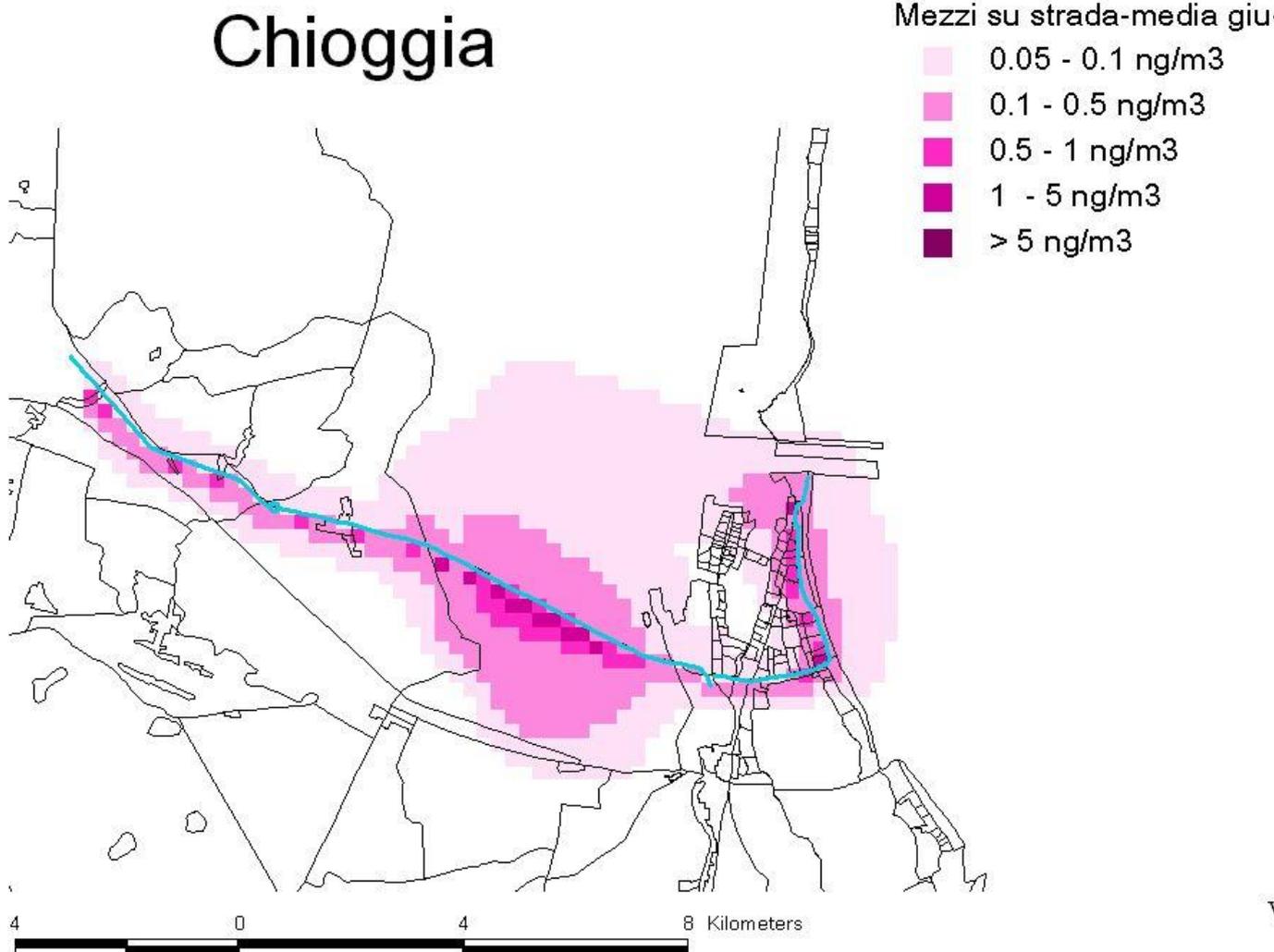


Figura 4 si presentano le mappe delle concentrazioni medie dei tre mesi da giugno ad agosto 2014, periodo in cui si è svolta l'attività di trasporto su strada con mezzi pesanti. Nelle mappe è evidenziato il percorso stradale utilizzato per l'accesso al cantiere. È da notare che, nella mappa relativa al PM10, i valori di concentrazione sono espressi in nanogrammi su metro cubo (ng/m³), anziché in microgrammi su metro cubo (µg/m³) che costituiscono l'unità di misura dei limiti normativi. Si è utilizzata questa unità di misura, inferiore di tre ordini di grandezza rispetto a quella di riferimento, usata in tutte le altre mappe, per poter rappresentare i valori esigui calcolati.

Le concentrazioni di tutti gli inquinanti modellizzati si distribuiscono lungo l'asse della strada, diminuendo velocemente man mano che ci si allontana da essa.

Per quanto riguarda le medie dei tre mesi considerati, i valori rilevati si mantengono molto al di sotto dell'1% dei rispettivi limiti di legge (40 µg/m³ per NO₂ e PM10, 30 µg/m³ per NO_x, secondo il D.Lgs. 155/2010).

In Tabella 4 sono riportati i valori dei massimi di dominio delle medie del periodo in cui si è svolta l'attività in esame (giugno-agosto 2014). In tutti i casi i valori riscontrati confermano che l'impatto sulla qualità dell'aria del trasporto con mezzi pesanti ai cantieri del MOSE di Chioggia del materiale di zavorramento dei cassoni risulta trascurabile, in virtù del fatto che il numero di mezzi

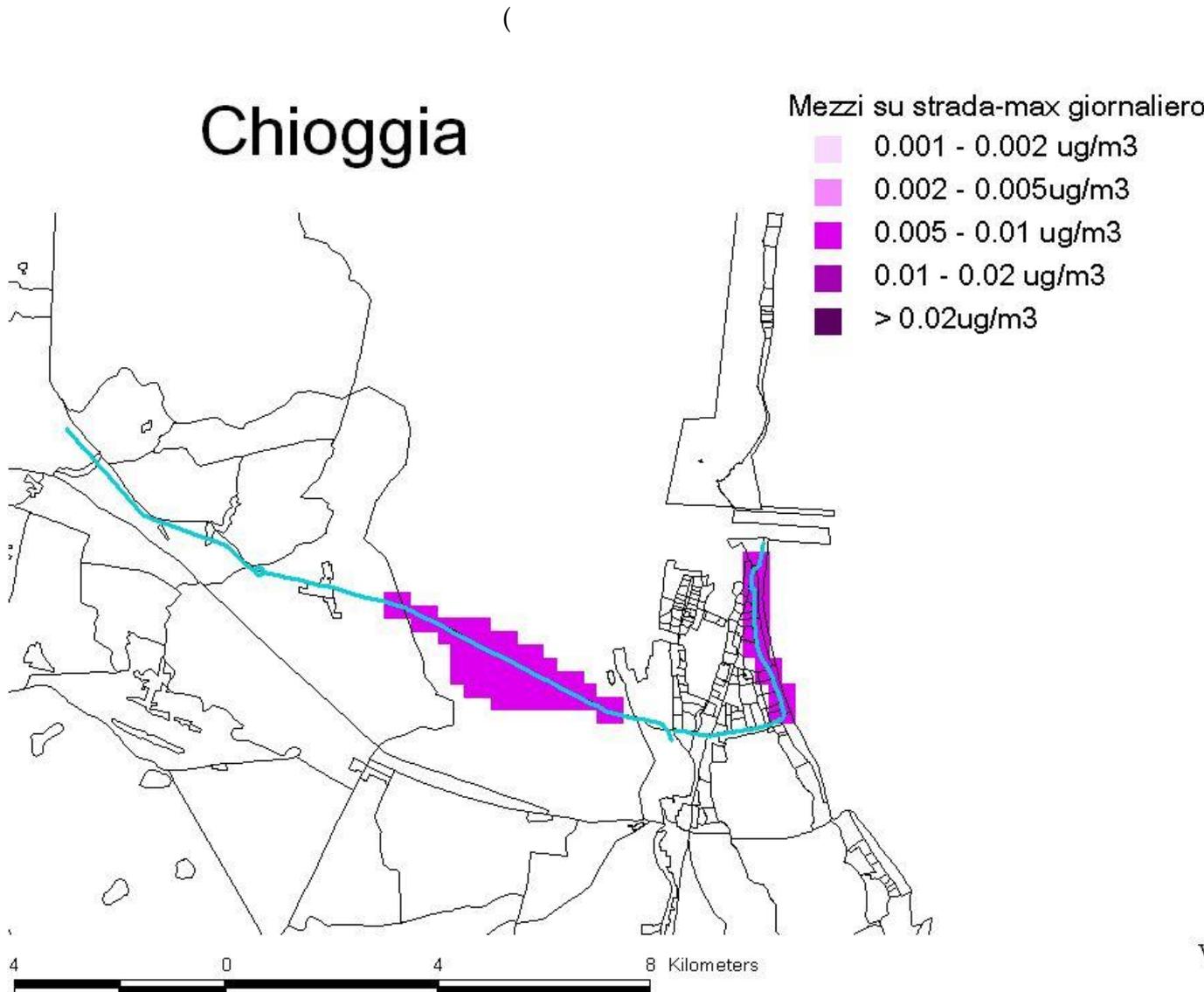
CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

impiegati è basso se rapportato con i quantitativi di mezzi in circolazione sulle strade per il traffico ordinario.

Tabella 4. Concentrazioni [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]: valori massimi nel dominio di calcolo delle medie dei mesi giugno-agosto dei diversi inquinanti simulati.

Inquinante	NO ₂	NOx	PM10
Concentrazione	0.018	0.036	0.001

Per quanto riguarda il PM10 si riporta la mappa dei massimi delle medie giornaliere¹ di concentrazione



¹ Il Limite di protezione della salute umana di breve periodo prevede che la concentrazione media giornaliera non superi più di 35 volte l'anno il valore di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (D.Lgs. 155/2010).

Figura 5); per l'NO₂ la mappa del 99.8° percentile² della serie oraria delle concentrazioni stimate dal modello
(

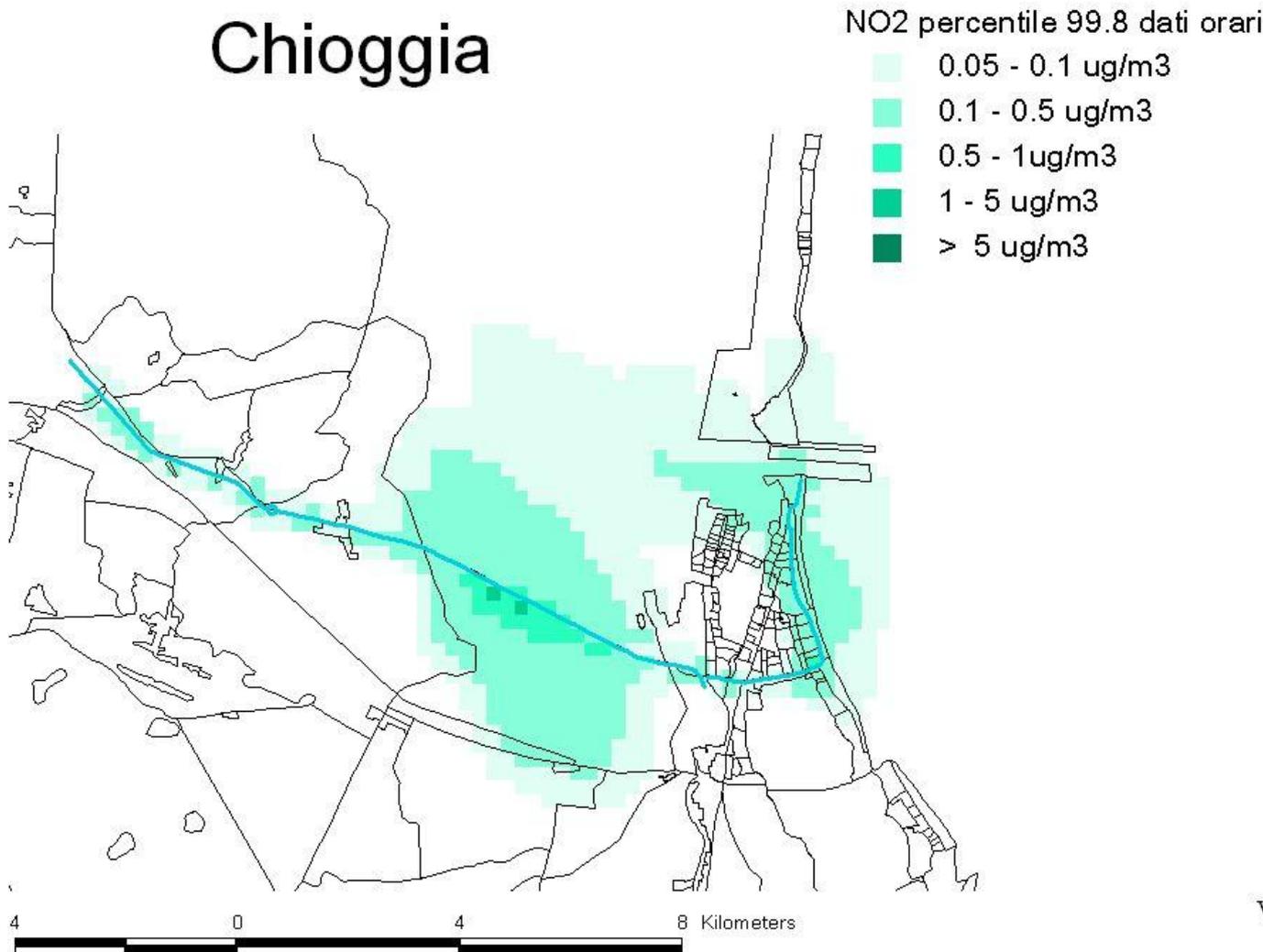
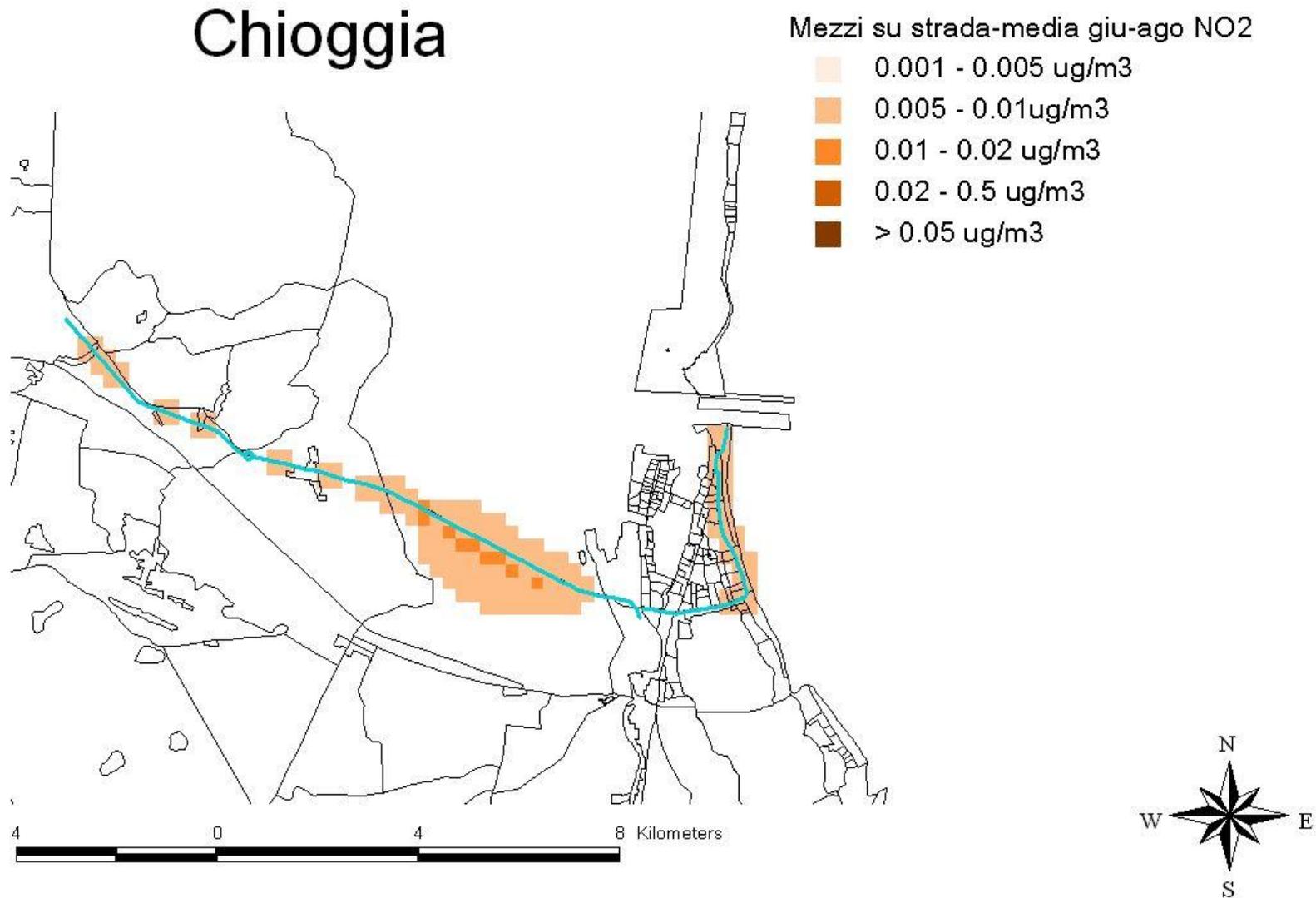
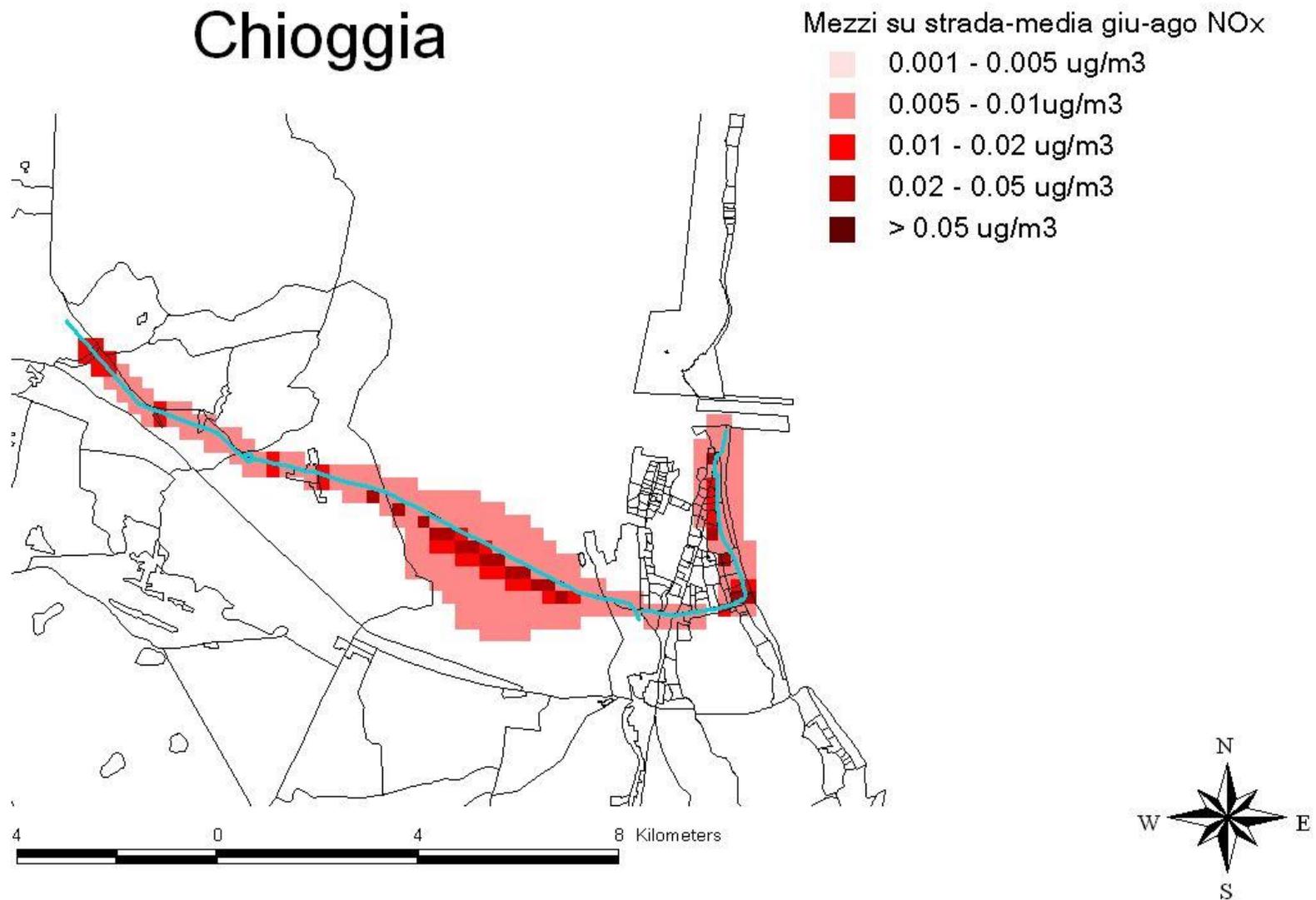
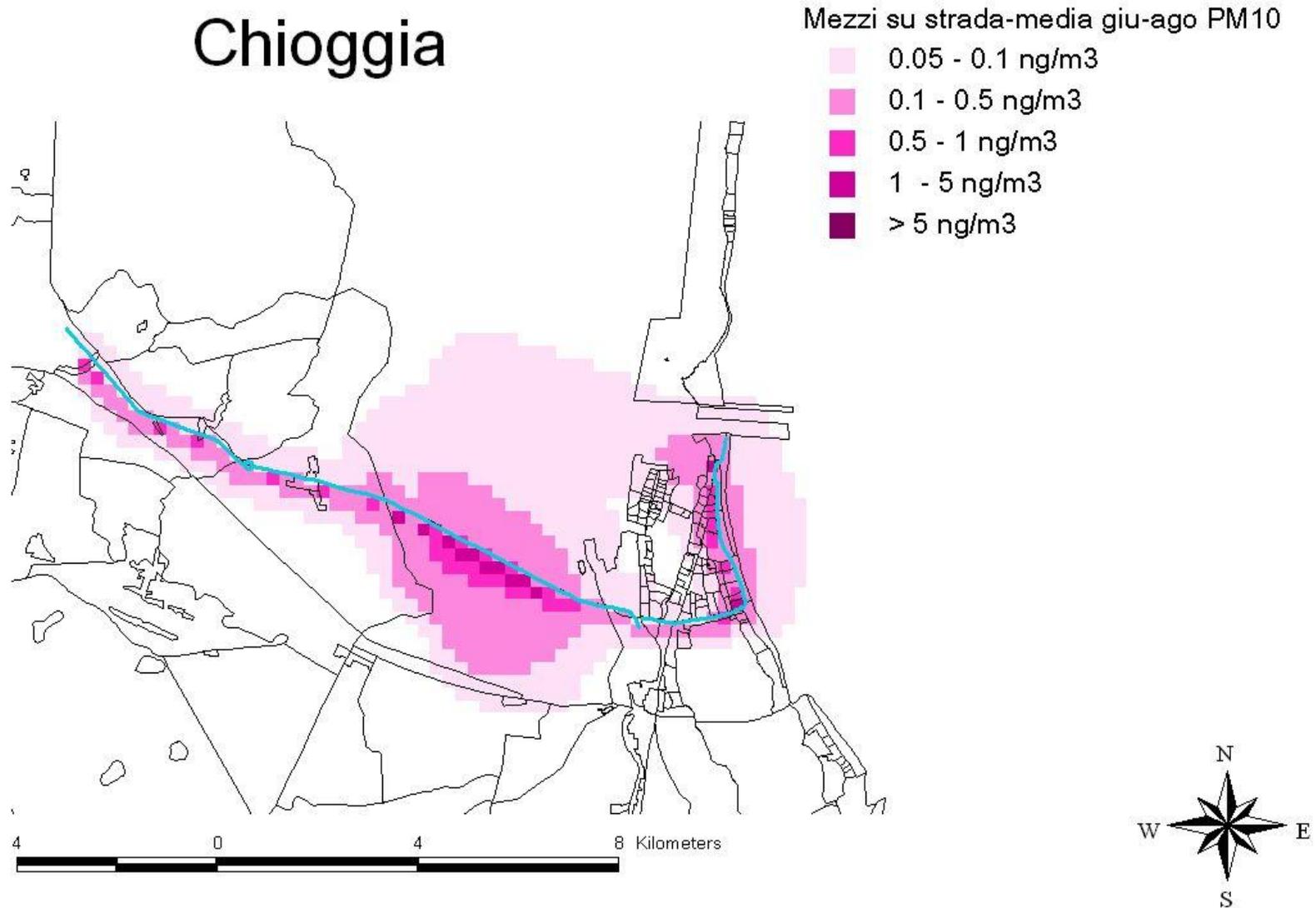


Figura 6). In entrambi i casi i valori calcolati dal modello sono ampiamente inferiori all'1% dei rispettivi limiti di legge.

² I 18 superamenti consentiti all'anno di 200 µg/m³ per il limite dell'NO₂ di breve periodo per la salute umana (D.Lgs. 155/2010) corrispondono al 99.8° percentile della serie delle concentrazioni orarie. Per la verifica del rispetto del limite ci si riferisce al medesimo percentile anche nel caso di una serie oraria di minore durata, come i tre mesi del caso in esame.

Figura 2. Concentrazione di NO₂ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] - media dei mesi giugno-agosto 2014.

Figura 3. Concentrazione di NO_x [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] - media dei mesi giugno-agosto 2014.

Figura 4. Concentrazione di PM10 [ng/m³] - media dei mesi giugno-agosto 2014.

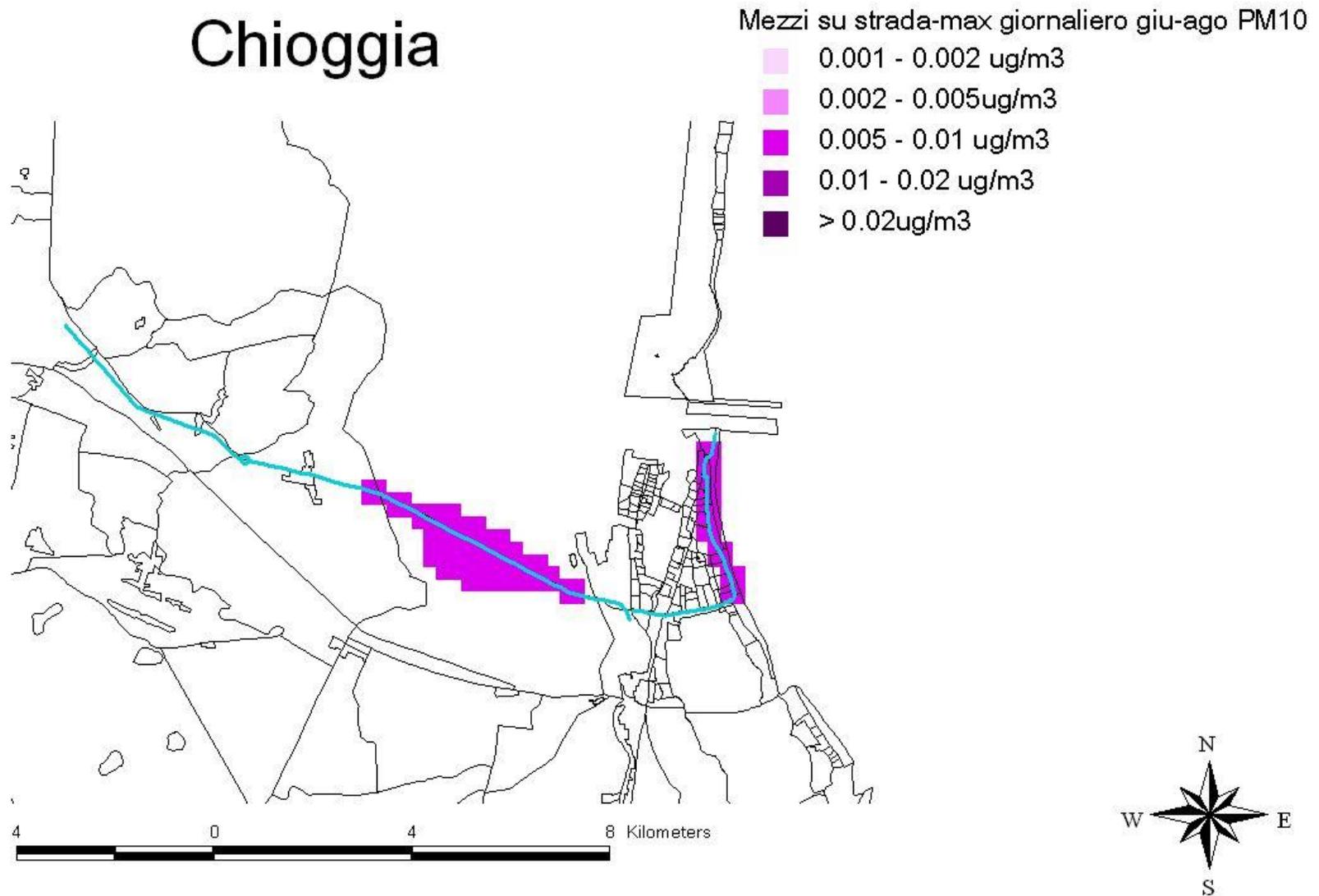


Figura 5. Concentrazione di PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] - massima delle medie giornaliere dei mesi giugno-agosto 2014.

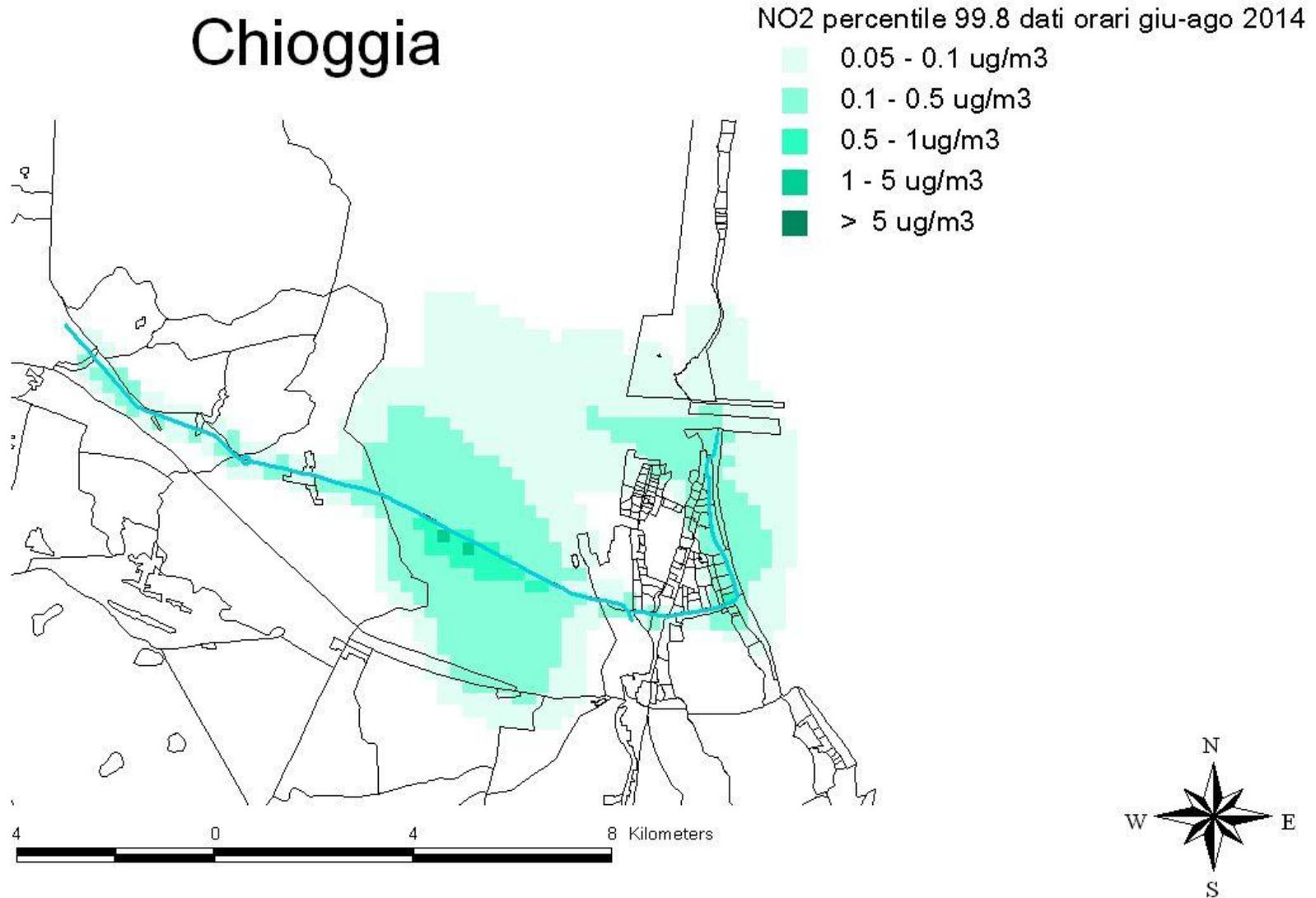


Figura 6. Concentrazione di NO₂ [µg/m³] - percentile 99.8° delle serie orarie dei mesi giugno-agosto 2014.

4 CONCLUSIONI

Per tutti gli inquinanti considerati, le ricadute dovute al transito dei mezzi pesanti sono risultate essere estremamente esigue. Sia le medie dei tre mesi in cui si sono verificati i transiti, sia i massimi orari (per NO₂) e giornalieri (per PM10) si mantengono molto al di sotto dell'1% dei rispettivi limiti di legge (D.Lgs. 155/2010) anche a ridosso della strada.

In virtù del fatto che il numero di mezzi impiegati è basso se rapportato con i quantitativi di mezzi in circolazione sulle strade per il traffico ordinario, l'impatto sulla qualità dell'aria dell'attività in esame si è dimostrato trascurabile.

5 BIBLIOGRAFIA

ACI Automobile Club d'Italia – Parco veicolare veneto 2012

ANCMA Associazione Nazionale Ciclo Motociclo e Accessori – Parco ciclomotori veneto 2012

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

Biancotto, R., L. Coraluppi, F. Liguori, K. Lorenzet, G. Maffei, S. Pillon, S. Pistollato, M. Rosa, E. Tarabotti, 2004. Model Simulation of Venezia-Mestre Ring Road Air Pollution: Experimental Check and Model Intercomparison. Atti della 9a Conferenza Internazionale "Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes" Garmisch Germany, 1-4 giugno 2004.

EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook, 2009. - sec. 1.A.3.b Road transport GB2009 (update May 2012) (<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.b-road-transport-gb2009-update.pdf>)

INEMAR INventario EMissioni Aria - Regione Lombardia. Fattori di emissione medi da autoveicoli per cilindrata e periodo in Lombardia nel 2010. (http://www.ambiente.regione.lombardia.it/inemar/webdata/elab_standard_reg.seam?cid=783)

Liguori, F., S. Pillon, F. Dalan, A. Benassi, 2007. A model application for the estimation of the traffic policy restriction effectiveness, 6th International Conference on Urban Air Quality Cyprus, 27-29 March 2007.

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.

US Environmental Protection Agency, 2011. Haul Road Workgroup Recommendations November 2011 (http://www.epa.gov/scram001/reports/Haul_Road_Workgroup-Final_Report_Package-20120302.pdf).