

Industrial and Environmental
Fluid-Dynamic Research
Group

DICA, University of Trieste

Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Università di Trieste, Piazzale Europa 1, 34127 Trieste

Lucchini Energia-Centrale a ciclo combinato, alimentata a gas naturale, nel porto industriale di Trieste:

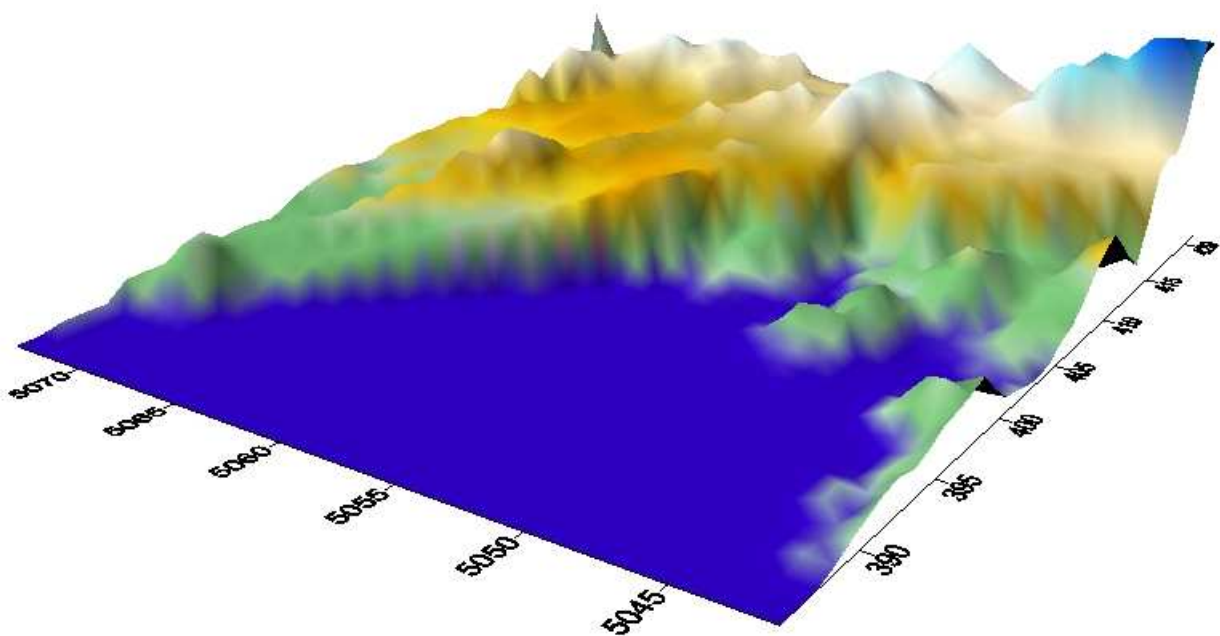
STUDIO DELLA RICADUTA AL SUOLO DELLE EMISSIONI IN ATMOSFERA

Allegato 2: Analisi long-term della ricaduta degli inquinanti

Data: 15 Giugno 2010

Studio eseguito per MEDEA Development S.A.

da IE-Fluids, Coordinato dal Prof. Ing. Vincenzo Armenio, DICA, Università di Trieste



INDICE

1. PREMESSA.....	4
2. NORMATIVA SULLA QUALITÀ DELL'ARIA	5
3. CENTRALINE DI MISURA DELLA QUALITÀ DELL'ARIA.....	6
4. RICOSTRUZIONE DELLE CONCENTRAZIONI DI FONDO.....	7
5. ANALISI DELLO SCENARIO BASE.....	10
5.1 Biossido di zolfo SO ₂	13
5.2 Biossido di azoto NO ₂	19
5.3 Ossidi di azoto NO _x	24
5.4 Particolato PM ₁₀	24
5.5 Particolato PM _{2.5}	28
5.6 Monossido di carbonio CO.....	29
5.7 Anidride carbonica CO ₂	32
6. ANALISI DELLO SCENARIO A	34
6.1 Biossido di zolfo SO ₂	34
6.2 Biossido di azoto NO ₂	40
6.3 Ossidi di azoto NO _x	44
6.4 Particolato PM ₁₀	44
6.5 Particolato PM _{2.5}	48
6.6 Monossido di carbonio CO.....	48
6.7 Anidride carbonica CO ₂	51
7. ANALISI DELLO SCENARIO B	52
7.1 Biossido di zolfo SO ₂	52
7.2 Biossido di azoto NO ₂	57
7.3 Ossidi di azoto NO _x	63

7.4 Particolato PM ₁₀	63
7.5 Particolato PM _{2.5}	67
7.6 Monossido di carbonio CO.....	69
7.7 Anidride carbonica CO ₂	72
8. ANALISI DELLO SCENARIO C	73
8.1 Biossido di zolfo SO ₂	75
8.2 Biossido di azoto NO ₂	80
8.3 Ossidi di azoto NO _x	86
8.4 Particolato PM ₁₀	86
8.5 Particolato PM _{2.5}	91
8.6 Monossido di carbonio CO.....	91
8.7 Anidride carbonica CO ₂	95
9. ANALISI DELLO SCENARIO D	96
9.1 Biossido di azoto NO ₂	96
9.2 Ammoniaca NH ₃	101
10. STIMA DELLA FORMAZIONE DELL'OZONO	102
APPENDICE A	103
APPENDICE B	116
BIBLIOGRAFIA.....	120

1. PREMESSA

Nel presente allegato è descritta l'analisi long-term e riportati i risultati dell'analisi della ricaduta delle emissioni in atmosfera della Centrale Lucchini e dei relativi riflessi sulla qualità dell'aria nella provincia di Trieste e nell'area transfrontaliera. In accordo alla nota del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (prot. CVTA=2009-0004879 del 24/12/2009), la quale trae spunto dalle osservazioni contenute nella nota ARPA-FVG n. 10058 del 30 settembre 2009, saranno studiati la dispersione e la ricaduta al suolo dei seguenti inquinanti:

NO₂, NO_x, PM₁₀, CO, PM_{2.5}, SO₂, CO₂, O₃.

Saranno considerati gli scenari di emissione riportati nei punti 13a-13e della nota Ministeriale CVTA=2009-0004879 del 24/12/2009, riassunti nei seguenti punti:

- Scenario Base: Comprende le concentrazioni indotte dalle sorgenti industriali ritenute più rilevanti presenti nell'area nonché le emissioni prodotte da traffico veicolare. Nel presente studio, come si discuterà in dettaglio nel seguito, si considerano direttamente le emissioni degli impianti industriali più rilevanti della provincia di Trieste. Le emissioni da traffico veicolare saranno considerate insieme alle altre emissioni rilevanti nello studio, ai fini della ricostruzione della mappa spazio-temporale degli inquinanti nel territorio (valori di fondo).
- Scenario A: Tale scenario è simile allo Scenario Base. La differenza consiste nel sostituire le emissioni dello stabilimento siderurgico di Servola utilizzate nello Scenario Base con i valori che derivano dagli adeguamenti degli impianti alle migliorie tecnologiche effettuate durante il 2008/2009.
- Scenario B: Consiste nello Scenario Base, in una prospettiva di chiusura dello stabilimento siderurgico di Servola e con la sovrapposizione delle emissioni della nuova Centrale Lucchini.
- Scenario C: Consiste nella sovrapposizione allo Scenario B, delle emissioni provenienti dal terminale LNG di prevista realizzazione.
- Scenario D: Consiste nello Scenario C ma nelle ipotesi di installazione presso la Centrale Lucchini di un impianto di tipo SCR per l'abbattimento degli NO_x.

2. NORMATIVA SULLA QUALITÀ DELL'ARIA

La normativa vigente pone valori limite da non oltrepassare dei principali inquinanti. Nella tabella 1 si riporta un quadro riassuntivo.

Nel presente studio saranno valutate le concentrazioni degli inquinanti, ottenute dal modello numerico, sommate agli opportuni valori di fondo e confrontati i valori con i limiti di normativa riportati nella tabella sottostante.

Inquinante	Riferimento Legislativo	Denominazione	Periodo di mediazione	Valore di riferimento
NO ₂	D.M. 2 aprile 2002, n. 60	Valore limite per la protezione della salute umana	Media oraria da non superare più di 18 volte per anno civile	200 µg/m ³
			Media annua	40 µg /m ³
		Valore limite per la protezione della vegetazione	Media annua	30 µg /m ³ di NO _x
CO	D.M. 2 aprile 2002, n. 60	Valore limite per la protezione della salute umana	Media massima giornaliera su 8 ore	10 mg/m ³
PM ₁₀	D.M. 2 aprile 2002, n. 60	Valore limite per la protezione della salute umana	Media giornaliera da non superare più di 35 volte per anno civile	50 µg /m ³
			Media annuale	40 µg /m ³
PM _{2.5}	D.E. (2008/50/CE) del 11 Giugno 2008	Valore limite per la protezione della salute umana	Media annuale	25 µg /m ³ Con il seguente margine di tolleranza: 20 % l'11 giugno 2008, con riduzione il 1o gennaio successivo e successivamente ogni 12 mesi secondo una percentuale annua costante fino a raggiungere lo 0 % entro il 1o gennaio 2015

O ₃	D.M. 183/2004, All. II	Soglia di informazione	Media oraria	180 µg /m ³
		Soglia di allarme	Media oraria	240 µg /m ³
		Valore bersaglio per la protezione della salute umana	Media su 8 ore massima giornaliera da non superare più di 25 giorni per anno civile come media su 3 anni	120 µg /m ³
SO ₂	D.M. 60/ 2002	Valore limite orario per la protezione della salute umana	Media oraria da non superare più di 24 volte per anno civile	350 µg /m ³
		Valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana	Media di 24 ore da non superare più di tre volte per anno civile	125 µg /m ³
		Valore limite per la protezione degli ecosistemi	Media sull'anno civile e sul periodo invernale (1 ottobre- 1 marzo)	20 µg /m ³

Tabella 1: Normativa di riferimento degli inquinanti atmosferici considerati nel presente studio.

3. CENTRALINE DI MISURA DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

Per la taratura del modello numerico e la ricostruzione dei valori di fondo, si considerano le centraline di misura della qualità dell'aria riportate nella tabella 2.

I dati orari di qualità dell'aria per l'anno 2008 delle centraline poste nella provincia di Trieste (1-8) sono stati forniti dall'ARPA-FVG; i dati corrispondenti per la centralina di Koper (9) sono stati forniti dalla "Agencija Republike Slovenije za okolje" (Agenzia Ambientale della Repubblica Slovena), Slovenia.

La scelta delle centraline è stata effettuata in base alla loro disposizione sul territorio e del tipo di inquinante misurato. La figura 1 mostra la disposizione sul territorio delle centraline di misura della qualità dell'aria.

	Centralina	x (UTM) [km]	y (UTM) [km]	LAT	LON
1	Libertà	404.454	5056.883	45.658913	13.773583
2	Vico	404.617	5055.480	45.646309	13.775949
3	Carpineto	405.548	5052.989	45.624020	13.788378
4	S. Pantaleone	406.090	5052.486	45.619568	13.795426
5	S. Sabba	405.565	5052.371	45.618465	13.788715
6	Svevo	405.040	5053.790	45.631161	13.781707
7	Pitacco	404.984	5053.204	45.625881	13.781103
8	Muggia	404.923	5050.465	45.601143	13.780856
9	Koper	400.858	5044.240	45.544640	13.730000

Tabella 2: Schema delle centraline considerate per la calibratura del modello numerico e per la misura delle concentrazioni di fondo.

4. RICOSTRUZIONE DELLE CONCENTRAZIONI DI FONDO

La calibrazione del modello numerico e il calcolo dei valori di fondo che saranno utilizzati nella ricostruzione dei differenti scenari di emissione è eseguita nel modo seguente:

- 1) E' eseguita una simulazione per l'anno 2008, utilizzando il campo meteorologico ricostruito come descritto nell'Allegato 1 della Relazione Conclusiva del presente studio e considerando le emissioni degli impianti industriali rilevanti. I dettagli della simulazione sono riportati nel capitolo successivo relativo allo Scenario Base (situazione ante operam).
- 2) Sono calcolati i valori medi giornalieri delle concentrazioni degli inquinanti, ottenuti mediante la simulazione numerica in corrispondenza delle posizioni delle 9 centraline di riferimento (sezione 3 del presente documento) e memorizzati in una funzione $C_c(x_c, t)$, dove x_c indica la posizione della singola centralina e t il tempo.
- 3) Sarà eseguita la procedura descritta al punto 2 con i valori medi giornalieri ottenuti dalle registrazioni alle centraline durante l'anno di riferimento. Si otterrà una funzione $C_r(x_c, t)$.
- 4) Si otterrà la funzione "concentrazioni di fondo" sottraendo la prima funzione dalla seconda $C_f(x_c, t) = C_r(x_c, t) - C_c(x_c, t)$. Tale funzione temporale sarà calcolata per ogni inquinante e considerata come un valore di fondo da aggiungere ai dati orari ottenuti dalle simulazioni successive che considerano la presenza di ulteriori sorgenti puntuali di inquinanti (i.e., Centrale Lucchini). Tale valore di fondo terrà conto sia di tutti gli inquinanti non emessi dalle sorgenti puntuali considerate (e quindi anche delle emissioni da traffico veicolare) sia di eventuali inaccurately del modello numerico. Comunque, data l'affidabilità della catena modellistica utilizzata (CALMET-CALPUFF) e

l'accurata ricostruzione del campo meteorologico, è da ritenere che il peso relativo di eventuali inaccurately del modello numerico sia trascurabile rispetto agli effettivi valori di fondo dovuti alle sorgenti di inquinanti diffuse nel territorio e non inserite nel modello numerico. Nel caso in cui vi siano dati mancanti alle centraline di misura, si considera come concentrazione di fondo il valore mediato su un anno.

Da osservare che diverse metodologie possono essere eseguite per la ricostruzione delle concentrazioni di fondo. Una metodologia tipica è quella di sottrarre dai valori medi annuali ottenuti dalle misure alle centraline quelli ottenuti dalla simulazione ante operam (ex-ante). Questa metodologia, seppure molto semplice, è poco conservativa, in quanto ha lo svantaggio di uniformare i valori delle concentrazioni e quindi i valori di picco attesi nella realtà saranno molto superiori a quelli calcolati con l'analisi post operam (ex-post). Andando all'altro opposto si potrebbero sottrarre ai valori medi orari misurati alle centraline i valori medi orari delle concentrazioni ottenute dal modello numerico ex-ante. Lo svantaggio di tale metodologia è dovuta al fatto che eventuali imprecisioni, sempre presenti nelle modellizzazioni numeriche, potrebbero condurre a valori di fondo non realistici. Per esempio lo spostamento nel tempo (shift) di un valore di picco di un'ora tra valori registrati e valori misurati condurrebbe a valori negativi delle concentrazioni di fondo. Sono state eseguite differenti prove, variando l'intervallo temporale sul quale mediare i valori di concentrazione. Si è osservato che l'intervallo temporale più ragionevole sul quale mediare i dati è di 24 ore; in questo modo la simulazione rimane conservativa ed allo stesso tempo il dato ottenuto è realistico.

Come riportato sopra, nella ricostruzione dello scenario ex-ante si considerano solamente le emissioni provenienti dagli impianti industriali più rilevanti presenti nella provincia di Trieste e non sono considerate esplicitamente le altre sorgenti emissive (per esempio il traffico veicolare). Tale scelta deriva dal fatto che l'inserimento di sorgenti di inquinanti ottenute da dati statistici mediati nel tempo e nello spazio, potrebbe non fornire risultati significativi quando si confrontino i risultati delle simulazioni numeriche con i dati (deterministici) orari registrati dalle centraline di qualità dell'aria. Per fare un esempio concreto, la centralina di Piazza Libertà a Trieste, mostra oscillazioni molto ampie dei valori registrati di inquinanti [2], in quanto risente in maniera molto forte della variazione del traffico veicolare leggero e pesante durante le ore del giorno, delle variazioni di traffico in differenti giorni della settimana ed anche in differenti periodi dell'anno. Tale comportamento non è ricostruibile inserendo un valore di emissione areale diffusa di inquinanti. Al contrario l'inserimento di tale valore potrebbe produrre forti inaccurately, in quanto porterebbe ad una sottostima della concentrazione nelle ore di punta ed una sovrastima nelle ore notturne, e porterebbe inoltre ad una valutazione errata della concentrazione degli inquinanti in varie zone

dell'area urbana, caratterizzate da volumi di traffico disomogenei. La strategia modellistica utilizzata nel presente studio è stata condivisa con i tecnici dell' ARPA-FVG.

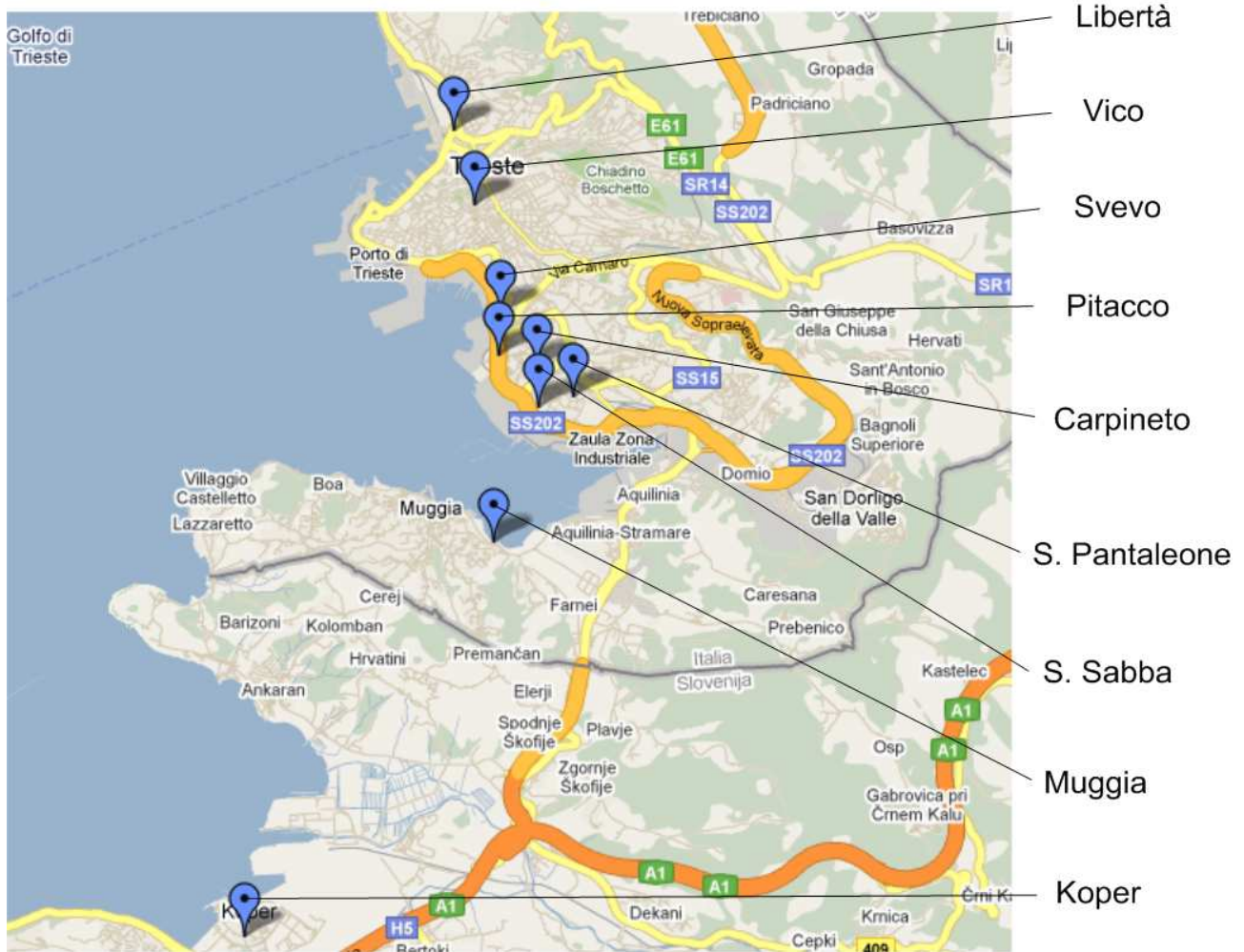


Figura 1: Disposizione delle centraline per la qualità dell'aria considerate nel presente studio. Si osservi che la disposizione delle centraline, in territorio Italiano e Sloveno, è tale da coprire in maniera omogenea l'area di interesse del presente studio.

5. ANALISI DELLO SCENARIO BASE

Lo Scenario Base è stato ricostruito considerando le emissioni convogliate dei principali impianti industriali che insistono nella Provincia di Trieste.

La scelta di tali impianti è stata effettuata sulla base delle seguenti considerazioni:

- Gli impianti sono posti nella provincia di Trieste ed in particolare nella zona di insediamento della Centrale Lucchini.
- Gli impianti considerati emettono inquinanti simili a quelli emessi dalla prevista Centrale Lucchini e quindi permettono di valutare eventuali effetti di accumulo.
- I dati relativi agli impianti considerati sono disponibili dai dati di catasto presso l'ARPA-FVG.

Si noti che, per i composti dell'azoto, i dati del catasto emissioni forniscono le emissioni di NO_x e non i valori di NO_2 , sostanza misurata presso le centraline di qualità dell'aria. A partire da dati bibliografici [1] è stata ricostruita una legge empirica che fornisce la percentuale di NO_2 derivante dalla presenza di NO_x (figura 2).

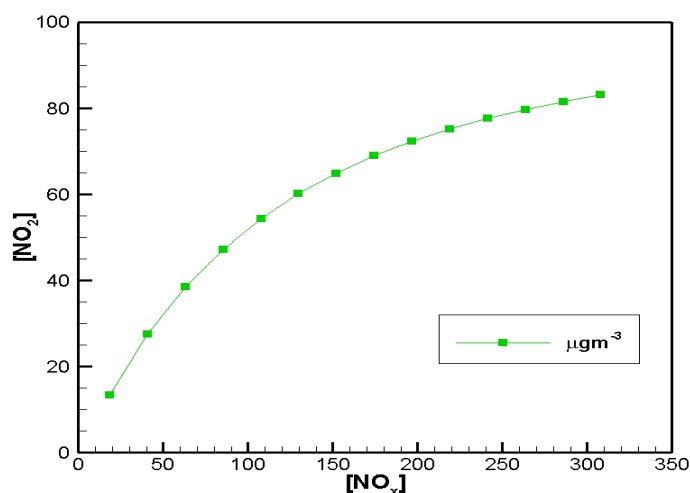


Figura 2: Relazione funzionale tra NO_2 e NO_x ricavata da [1].

I dati da traffico veicolare sono stati considerati indirettamente, insieme a tutte le altre possibili sorgenti di emissione diffuse. Ciò è stato fatto per le ragioni già descritte nella sezione precedente e riassunte nel seguito:

- i dati delle emissioni convogliate dei principali impianti industriali sono disponibili con buona precisione dalle informazioni riportate nel catasto emissioni;
- i dati di emissioni da traffico veicolare sono disponibili solamente in forma statistica sotto forma di valori medi annuali di inquinanti distribuiti sul territorio;

- lo scopo del presente studio è di valutare le variazioni delle caratteristiche della qualità dell'aria nella provincia di Trieste e in territorio transfrontaliero che seguirebbero dall'insediamento della Centrale Lucchini nella zona di Zaule e della riconversione produttiva dello stabilimento siderurgico di Servola;
- l'inserimento dei dati statistici di traffico veicolare mediati nel tempo e sulla superficie del territorio di interesse può essere fonte di ulteriore errore nel modello predittivo, piuttosto che di aumento dell'accuratezza, è stato scelto di seguire la procedura nel seguito descritta.

Riguardo alle sorgenti industriali, in accordo ai dati contenuti nel catasto emissioni e al documento "La qualità dell'aria della città di Trieste con particolare riferimento alla zona di Servola", (ARPA-FVG, Trieste, Maggio 2009) [2], contribuiscono in maniera consistente all'emissione di NO_x, PM, CO e CO₂ nell'area di Trieste gli impianti riportati nelle Tabelle SBA1 e SBA2.

Riguardo ai dati relativi all'impianto siderurgico della Lucchini S.p.A., in relazione alle richieste contenute nella nota Ministeriale citata sopra, che prevedono l'analisi degli scenari ex- e post-interventi migliorativi di recente applicazione, sono stati utilizzati i dati di emissione relativi all'anno 2008. I dati utilizzati nel presente studio sono riportati nella tabella SBA2 e si riferiscono a valori inviati dalla società Lucchini S.p.A. al registro INES, e possono quindi essere considerati come dati ufficiali.

Riguardo ai dati di portata volumetrica emessa ai vari camini, in considerazione del fatto che per alcuni di questi camini è previsto un tempo di funzionamento inferiore alla durata di un anno, e comunque non essendo possibile risalire ai giorni di funzionamento di tali camini tale portata è stata ridistribuita su un anno di funzionamento. Tale procedura non sarà utilizzata nell'analisi short-term nella quale saranno considerate le portate orarie per tutti i camini, considerando quindi lo scenario più impattante, nei riguardi della dispersione e ricaduta degli inquinanti.

La tabella SBA2 riporta i dati di emissione, per ogni camino considerato dall'impianto siderurgico Lucchini S.p.A.

CID	Impianto	CO [t/a]	NO _x [t/a]	SO ₂ [t/a]	PM ₁₀ [t/a]	10 ³ xCO ₂ [t/a]	Velocità fumi [m/s]
1851	Elettra	34.99	397.3	225.5	11	840	12.61
1859	Acegas	0.5	39.6	1.5	0.1	2.7	7.4
1860	Acegas	1.72	41.45	0.91	0.06	2.72	8.25
1861	Acegas	3.5	48.4	2.12	0.12	2.7	9.71
1876	Italcementi	0.94	23.2	11.9	3.6	6.987	4.07
1883	Italcementi	236.56	1272.2	725.98	38.61	295.651	9.03
1906	Sertubi	0	13.7	0	0.63	0	16.7
1907	Sertubi	0	35.6	0	1.3	0	16.15
1928	Pasta Zara	2.66	24.75	0.04	0.03	7.436	3.74
2256	Elettra	17.4	60.5	47.7	0.72	173.862	0.55
1909	Sertubi	0	0.63	0	0.04	0	26.7
1910	Sertubi	0	3.13	0	0.01	0	26.7
1913	Sertubi	0	5.75	0	0.02	0	26.7
1914	Sertubi	0	4.96	0	0.01	0	26.7
1929	Cart. Burgo	34.11	507.6	0	0.68	191.090	12.82
1930	Cart. Burgo	51.2	495.4	0	0.68	191.090	12.82
1931	Cart. Burgo	8.87	77.5	0	0.09	26.427	5.21

Tabella SBA1: Dati delle emissioni in tonnellate/anno dagli stabilimenti siti nella provincia di Trieste presi in considerazione nei calcoli presi dal catasto emissioni fornito, su richiesta da ARPA-FVG,. La prima colonna riporta il codice identificativo utilizzato nel catasto emissioni. Le temperature di emissione, i diametri e le altezze dei camini sono riportati nei dati di catasto forniti da ARPA-FVG.

	CO [t/a]	NO _x [t/a]	SO ₂ [t/a]	PM ₁₀ [t/a]	Velocità fumi [m/s]
E1	145.147	399.325	25.900	2.847	3.39
E2	0	0	0	0.61	0.27
E3	0	0	0	1.05	12.28
E4	38.094	19.867	44.951	0.615	3.42
E5	2346.84	158.567	0	5.148	12.93
E7	0	0	0	3.591	7.98
E9	312.669	4.312	0.999	0.117	3.42
E12	0	0	0	0.046	0.18
E35	0	0	7.279	21.42	10.22
E36	0	0	0	1.796	10.14
E38	67.813	1.618	2.646	0.435	5.76
E39	0	0	0	0.002	0.32
E40	0	0	0	0.092	3.45

Tabella SBA2: Emissioni in tonnellate/anno dall'impianto Servola-Lucchini S.p.A. relative all'anno 2008. I dati sono ufficializzati nel registro INES. Le temperature di emissione, i diametri e le altezze dei camini sono stati forniti dal Costruttore.

Riguardo alle emissioni diffuse, in base ai dati inviati al registro INES da Lucchini S.p.A., sono state considerati i seguenti valori:

- 375,827.0 tonnellate/anno di CO₂
- 9.319 tonnellate/anno di PM₁₀

Tali valori sono stati forniti dalla società Lucchini, e presenti nel registro INES. Si noti che la CO₂ viene considerata solamente come sostanza diffusa nell'area dello stabilimento ed è ottenuta a posteriori mediante bilancio stechiometrico a partire dalle emissioni puntuali riportate nella tabella SBA2.

Ai fini dello studio della dispersione e della ricaduta degli inquinanti, per ognuno di essi sono state ottenute:

- serie temporali dei valori medi orari, giornalieri, o dei valori massimi giornalieri della media mobile su 8 ore a seconda del confronto richiesto dalla normativa;
- tabelle con i valori medi annui alle 9 stazioni considerate;
- tabelle con i valori di picco alle 9 stazioni considerate;
- grafici con distribuzioni spaziali dei valori medi annui;
- grafici con distribuzioni spaziali dei valori di picco simulati.

5.1 Biossido di zolfo SO₂

Per tale inquinante non sono stati richiesti all'ARPA-FVG i dati orari misurati alle centraline¹ e si fa riferimento ai valori medi annuali riportati nel documento [2]. L'analisi è stata fatta considerando le concentrazioni calcolate ai punti recettori della tabella 2. Da normativa si richiede un confronto con un valore limite orario di 350µg/m³, un confronto con un valore limite giornaliero di 125µg/m³ e uno con un limite annuale di 20 µg/m³.

Nelle figure 3 e 4 sono riportate rispettivamente le concentrazioni medie orarie e giornaliere di SO₂ ottenute nella simulazione. Si può osservare che i valori ottenuti sono in tutti i casi al di sotto del valore limite. Dai dati di emissione delle tabelle SBA1 e SBA2 appare che il maggior apporto di SO₂ emesso dal comparto industriale deriva dalla presenza di Italcementi, Elettra e Stabilimento siderurgico Lucchini di Servola. Alla presenza di questi impianti sono da imputare gli elevati valori di SO₂ registrati nei recettori di S. Pantaleone di S. Sabba, Carpineto e Pitacco. A tutti gli altri punti recettori si ottengono concentrazioni molto più basse in quanto posti a maggior distanza dai siti

¹ Tale specifico inquinante non è di specifico interesse per l'analisi del funzionamento della centrale proposta, per la quale è prevista l'alimentazione a gas metano

industriali considerati e conseguentemente risentono in maniera inferiore della presenza degli impianti industriali.

Nella tabella SBA3 sono riportati i valori medi annuali di SO₂ ottenuti ai punti recettori. Anche in questo caso i valori ottenuti risultano essere bene al di sotto del valore limite annuale. Sono inoltre riportate anche le medie sul solo periodo invernale (1 ottobre - 31 marzo) che vanno anch'esse confrontate con il valore limite da normativa di 20 µg/m³. Essendo stati utilizzati per il presente studio i dati meteorologici per l'anno 2008, la media invernale è stata fatta mediando i valori compresi tra 1 gennaio 2008 e 31 marzo 2008 e tra 1 ottobre 2008 e 31 dicembre 2008. Si noti che in quasi tutti i recettori i valori medi invernali ottenuti dallo Scenario Base sono superiori ai valori medi annuali. Fanno eccezione i recettori di S. Sabba e Muggia.

In generale si può affermare che, nei riguardi della dispersione dell'SO₂, l'effetto degli impianti industriali resta confinato nelle zone del comune di Trieste adiacenti gli impianti stessi. Si osservano valori di picco orari dell'ordine di 170 µg/m³, pari a circa il 50% del limite di normativa, alle centraline di misura di via Carpineto e Monte San Pantaleone (tabella SBA4). I valori massimi dei picchi giornalieri sono anch'essi registrati alle due postazioni, comunque in nessun caso le emissioni dovute agli impianti industriali sono in grado di produrre valori di concentrazioni superiori a quelli di normativa. Confrontando i valori ottenuti nel presente studio con quelli riportati nelle tabelle 2 e 3 di pagina 59 del documento [2], si può affermare che i superamenti registrati a piazza Vico durante il 2008 sono da attribuire a sorgenti di tipo non industriale. Da osservare che l'effetto nell'area transfrontaliera (Koper) degli impianti industriali siti nella zona industriale di Trieste è trascurabile.

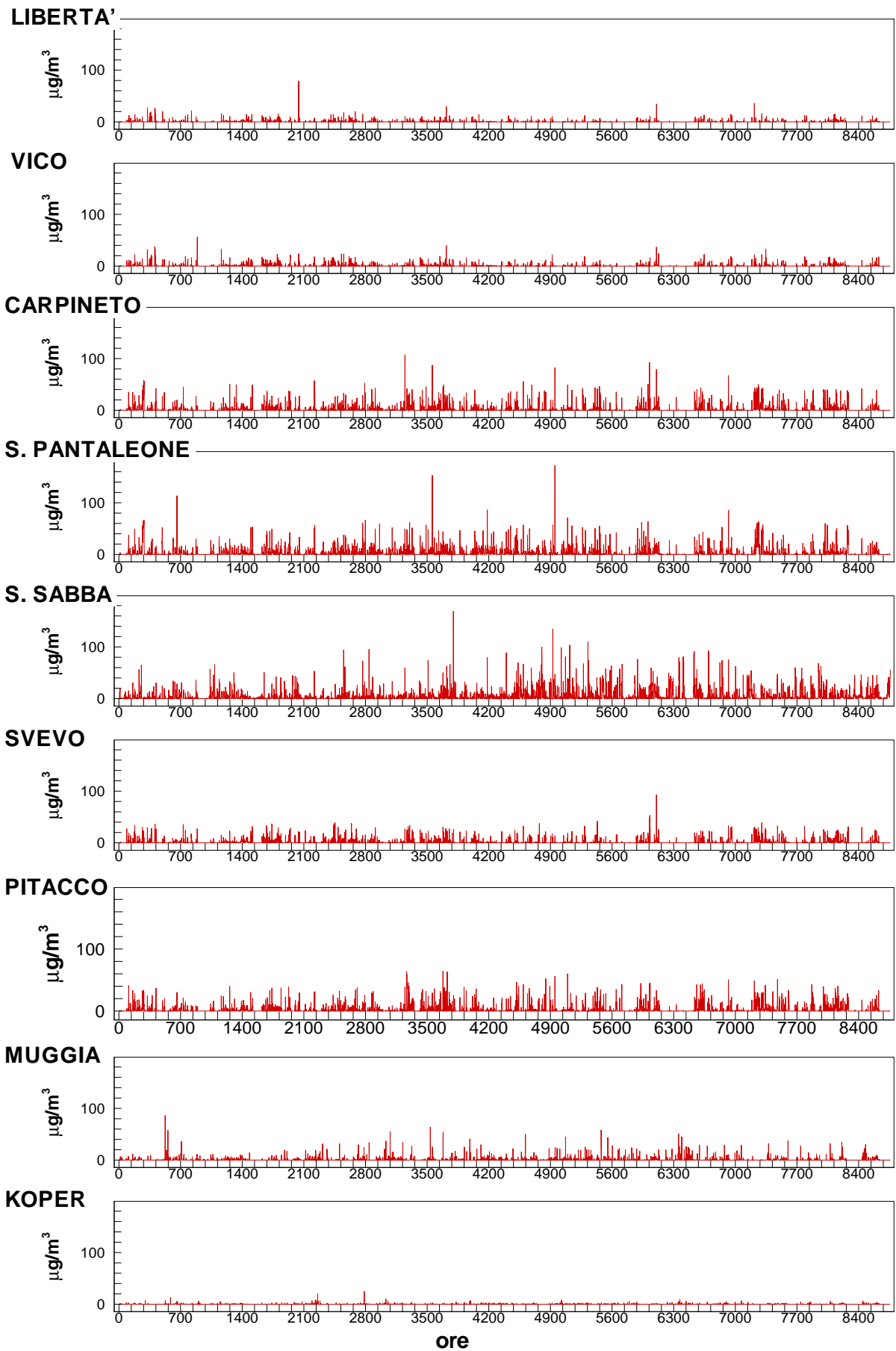


Figura 3: Concentrazioni medie orarie di SO_2 ai punti recettori per l'anno 2008. Scenario Base.

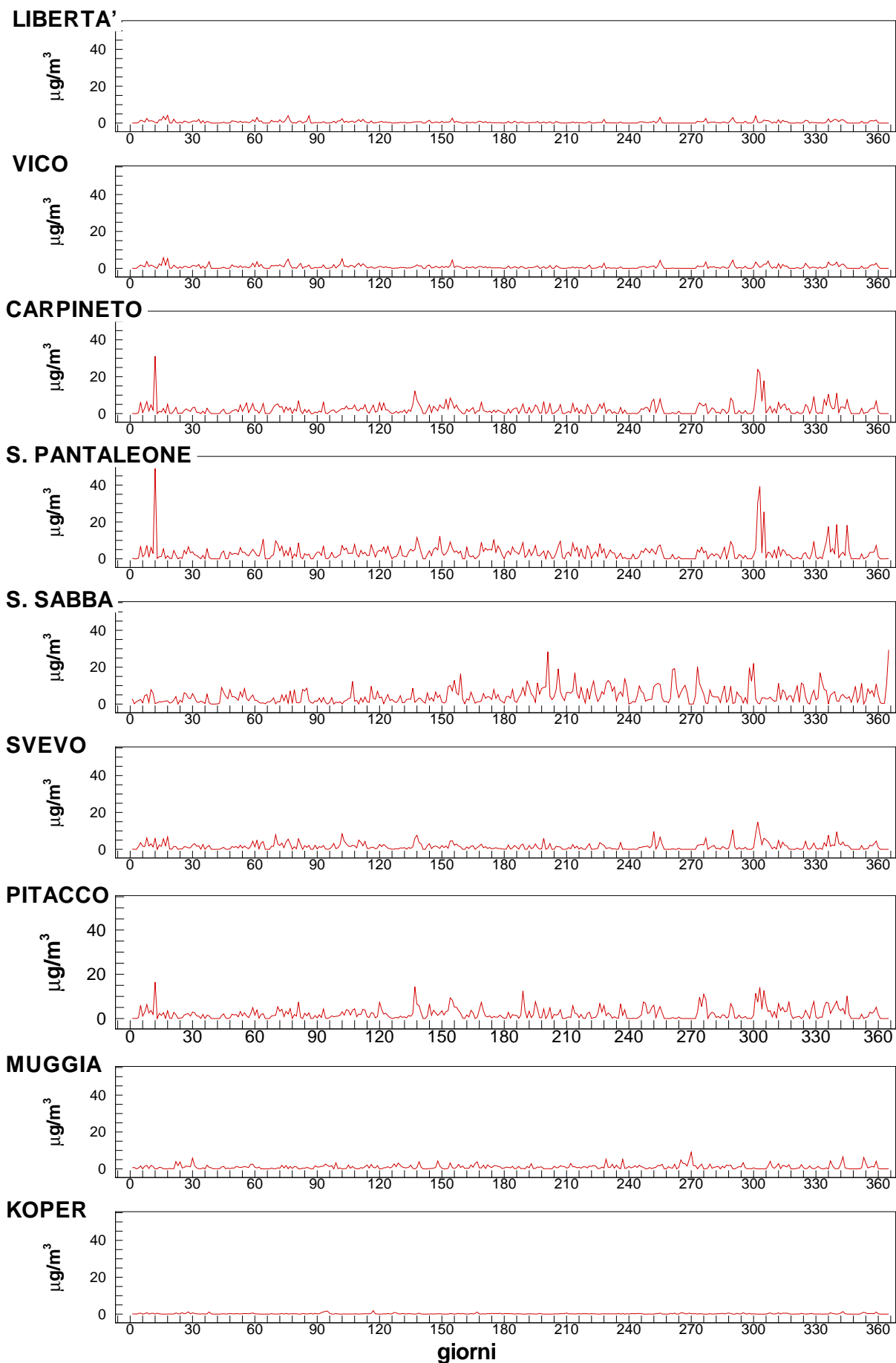


Figura 4: Concentrazioni medie giornaliere di SO_2 ai punti recettori per l'anno 2008. Scenario Base.

Stazione	Media annuale da Scenario Base [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Media invernale da Scenario Base [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore di riferimento [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Libertà	0.56	0.72	20
Vico	0.81	1.00	
Carpineto	2.28	2.52	
S. Pantaleone	3.30	3.39	
S. Sabba	4.45	3.94	
Svevo	1.57	1.82	
Pitacco	2.21	2.31	
Muggia	1.01	0.89	
Koper	0.20	0.20	

Tabella SBA3: Valori medi annui ed invernali di SO_2 ai punti recettori ottenuti dalla simulazione per l'anno 2008. Scenario Base.

Stazione	Valore massimo della media oraria da Scenario Base [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore di riferimento orario [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore massimo della media giornaliera da Scenario Base [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore di riferimento giornaliero [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Libertà	79.98	350	4.18	125
Vico	56.61		5.74	
Carpineto	107.34		31.11	
S. Pantaleone	172.54		49.00	
S. Sabba	169.34		29.39	
Svevo	93.21		14.87	
Pitacco	64.69		16.42	
Muggia	86.58		9.03	
Koper	24.81		1.89	

Tabella SBA4: Valori di picco della media oraria e della media giornaliera di SO_2 ai punti recettori ottenuti dalla simulazione per l'anno 2008. Scenario Base.

Nelle figure 5, 6, 7 sono riportate rispettivamente le distribuzioni spaziali in tutti i punti del grigliato di calcolo nell'ordine di: valori medi annuali; valori massimi della media su 24 ore; valori massimi della media oraria.

Si osserva che valori medi annuali dell'ordine di $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sono rilevabili solamente in una zona ristretta intorno agli impianti industriali. Valori di picco giornalieri compresi tra 10 e $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sono osservabili nella zona della baia fino all'abitato di Muggia e nei quartieri cittadini limitrofi alla zona industriale. Infine valori di picco della media oraria dell'ordine di $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sono osservabili in prossimità dei camini di emissione dell'inquinante ed i valori di picco della concentrazione oraria

decadono a valori compresi nell'intervallo 130-170 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nelle zone limitrofe, in particolare nei quartieri limitrofi alla zona industriale.

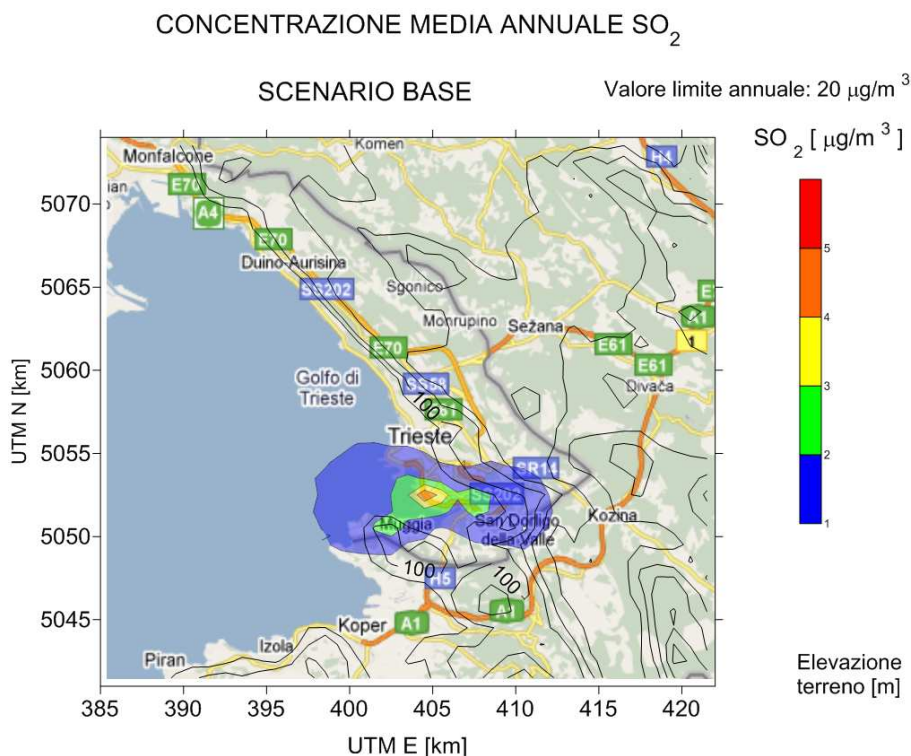


Figura 5: Distribuzione spaziale dei valori medi annui di SO_2 per l'anno 2008. Scenario Base.

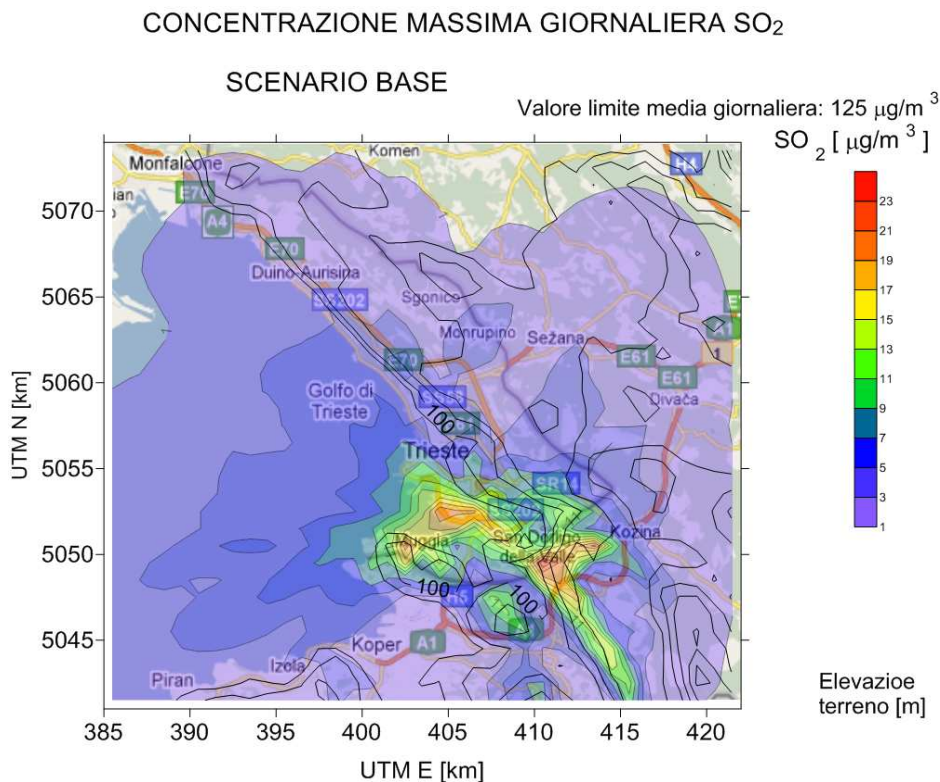


Figura 6: Distribuzione spaziale dei valori massimi della media su 24 ore di SO_2 per l'anno 2008. Scenario Base.

CONCENTRAZIONE MASSIMA ORARIA SO₂

SCENARIO BASE

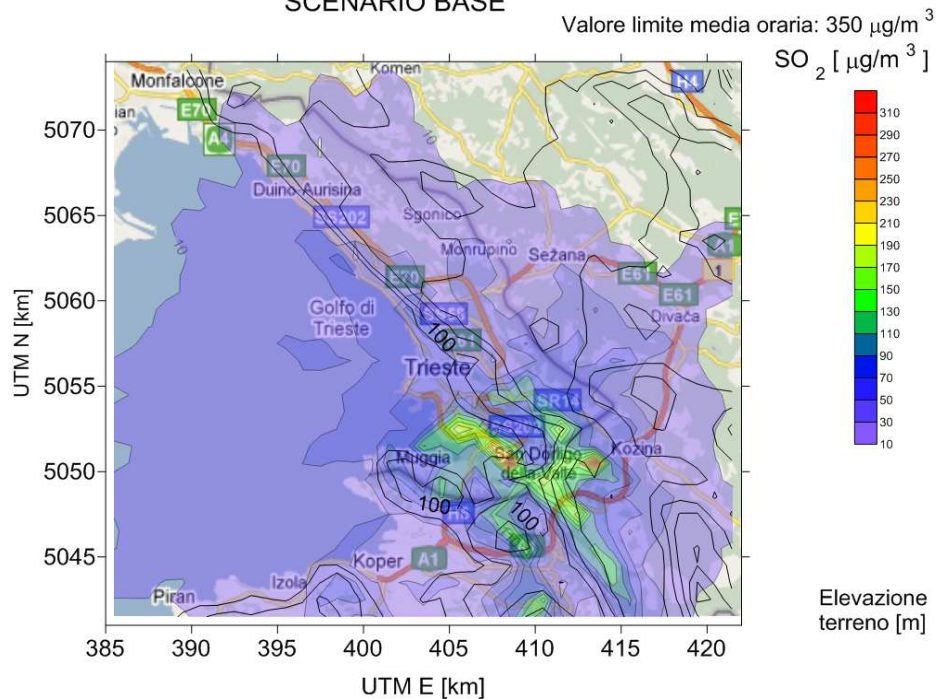


Figura 7: Distribuzione spaziale dei valori massimi della media oraria di SO₂ per l'anno 2008. Scenario Base.

5.2 Biossido di azoto NO₂

La figura 8 contiene i valori medi orari di biossido di azoto (NO₂) ottenuti nelle simulazioni numeriche e i valori registrati alle centraline considerate. La figura contiene anche le linee riguardanti i valori limite orari forniti dalla normativa. Si noti che i valori di normativa con cui sono state confrontate le concentrazioni medie orarie e annue dei dati si riferiscono all'anno solare 2010, valori più restrittivi rispetto a quelli effettivamente presenti nell'anno 2008.

I valori misurati di NO₂ più elevati nel corso dell'anno 2008 si osservano nella centralina di piazza Libertà dove risulta preponderante l'apporto dal traffico cittadino. Si osservano inoltre variazioni stagionali con valori maggiori di concentrazione nei periodi ottobre-marzo attribuibili alle emissioni da riscaldamento domestico. Tale trend non è evidente nelle stazioni dove le concentrazioni di NO₂ derivano principalmente da altre sorgenti (traffico urbano, emissioni industriali, sorgenti secondarie). Si osserva inoltre che durante l'anno 2008 si sono registrati superamenti dei valori di soglia delle medie orarie solo nella stazione di Piazza Libertà.

Si noti che i superamenti mostrati nella figura 8, relativi alla centralina di Monte S. Pantaleone registrati nel mese di maggio e della centralina di Muggia nel mese di agosto non sono stati considerati dati significativi nella relazione sulla qualità dell'aria della città di Trieste [2].

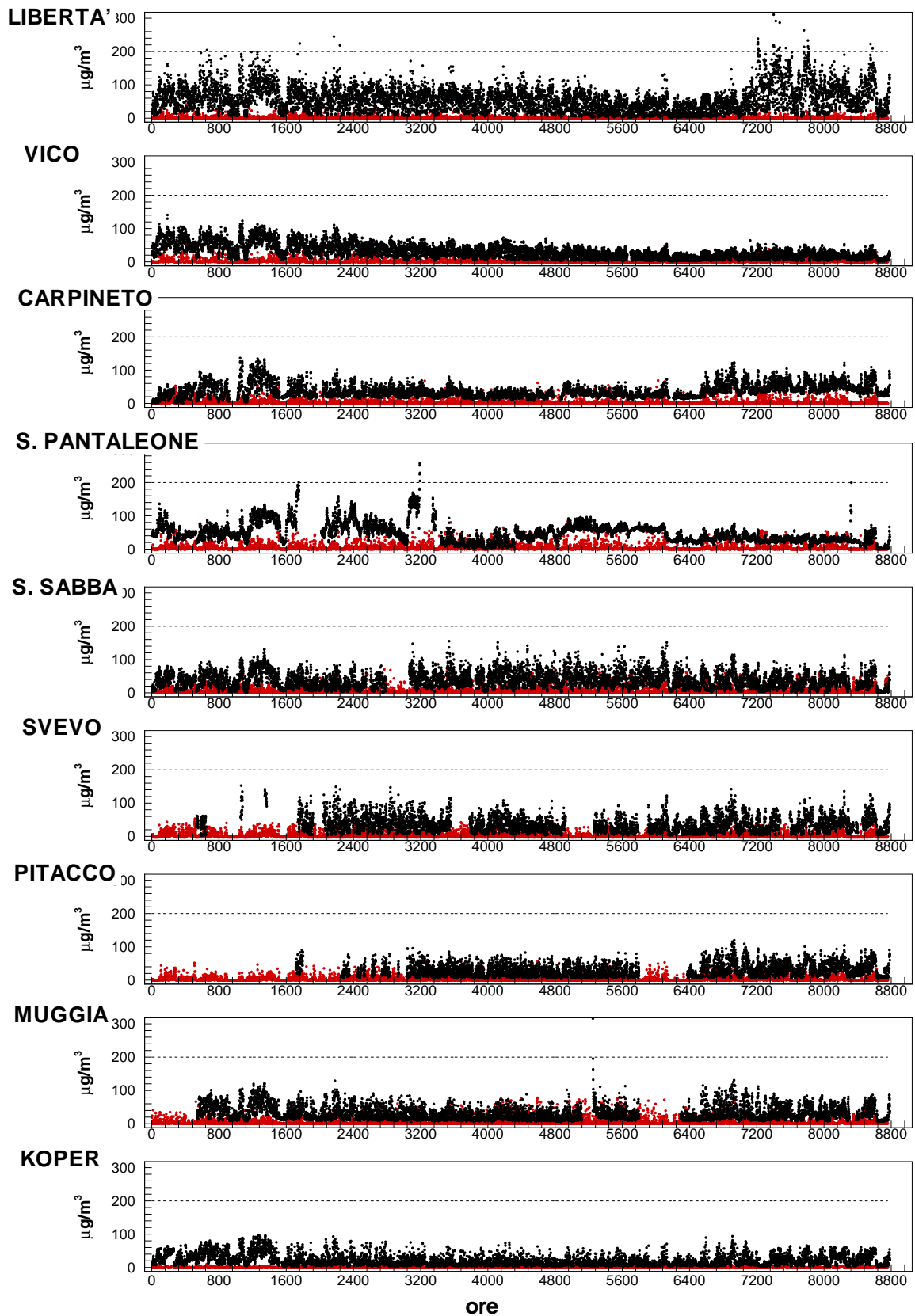


Figura 8: Concentrazioni medie orarie di NO_2 misurate alle centraline (simboli neri) e derivanti dalla simulazione (simboli rossi) per l'anno 2008. La linea tratteggiata denota il limite massimo orario da normativa ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Scenario Base.

In genere si può osservare che l'apporto di NO₂ ottenuto dalla simulazione che considera solamente il comparto industriale, costituisce solo una piccola frazione della concentrazione totale misurata. I valori calcolati sono dello stesso ordine di grandezza (seppure molto inferiori) dei dati misurati solo nelle stazioni di via Carpineto e di Muggia nei mesi estivi, e di via Pitacco e di S. Sabba durante tutto l'anno. Tale situazione si spiega facilmente considerando che le centraline Carpineto, Pitacco e S. Sabba sono prossime agli impianti industriali, mentre a Muggia probabilmente particolari eventi meteorologici ed il basso apporto da traffico cittadino rendono talvolta le emissioni industriali dello stesso ordine di grandezza dei valori totali misurati.

Nella tabella SBA5 sono riportati i valori medi annuali di biossido di azoto misurati alle centraline e derivanti dalla simulazione dello Scenario Base. E' riportato inoltre anche il valore di soglia per la protezione della salute umana fornito dal D.M. aprile 2002 n. 60. Dalla tabella si evince che l'apporto alle emissioni di NO₂ simulato nello scenario è molto basso rispetto all' NO₂ totale misurato. Si può notare come il valore di riferimento annuale sia stato superato solo nelle stazioni di piazza Libertà e di monte S. Pantaleone. Il contributo del comparto industriale a questi punti recettori appare molto basso. Inoltre la concentrazione di NO₂ ottenuta nella simulazione numerica che raggiunge il recettore posto nella zona di Koper in Slovenia costituisce solo il 1.77% del valore totale misurato.

La tabella SBA6 riporta i valori di picco della media oraria ai punti recettori provenienti dal comparto industriale. Si osservano valori considerevolmente inferiori ai limiti di normativa a tutti i punti recettori.

Stazione	Valore medio annuo misurato [µg/m ³]	Valore medio annuo da Scenario Base [µg/m ³]	Valore di riferimento [µg/m ³]
Libertà	58.61	1.09	40
Vico	32.68	1.76	
Carpineto	38.01	3.50	
S. Pantaleone	48.18	4.79	
S. Sabba	38.73	5.73	
Svevo	37.40	3.59	
Pitacco	29.92	3.55	
Muggia	31.69	4.94	
Koper	20.96	0.37	

Tabella SBA5: Valori medi annui di NO₂ misurati ed ottenuti nella simulazione ai punti recettori per l'anno 2008. Scenario Base.

Stazione	Valore massimo della media oraria da Scenario Base [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore di riferimento [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Libertà	64.85	200
Vico	61.34	
Carpineto	68.95	
S. Pantaleone	82.80	
S. Sabba	82.39	
Svevo	70.85	
Pitacco	63.03	
Muggia	79.91	
Koper	31.19	

Tabella SBA6: Valori di picco della media oraria di NO_2 ai punti recettori ottenuti nella simulazione per l'anno 2008. Scenario Base.

La figura 9 riporta la distribuzione spaziale della media annuale di NO_2 di origine industriale sul territorio. Si osservano concentrazioni più elevate nella zona industriale di Trieste e nei quartieri cittadini limitrofi, nella baia di Muggia e nell'abitato di Muggia. Tali valori sono compresi in un campo tra 2 e 7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. I valori sono di circa 1 ordine di grandezza inferiore al limite di normativa.

Si osservano livelli di concentrazione apprezzabili nell'area di Duino. Tali livelli sono da attribuire alla presenza dell'impianto Cartiera Burgo. La distribuzione spaziale dei valori medi inoltre mostra che l'effetto di accumulo tra gli impianti industriali della zona di Trieste e la Cartiera Burgo è trascurabile.

La figura 10 riporta la distribuzione spaziale dei valori massimi della media oraria di NO_2 . La figura mostra un comportamento simile a quello osservato in figura 9. In questo caso però valori di picco orari fino a 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sono osservati nell'area del comune di Muggia e in zone del comune di Trieste limitrofe all'area industriale. Valori di picco dell'ordine di 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sono osservabili in direzione sud-est rispetto alla zona di insediamento degli impianti industriali anche in territorio transfrontaliero. Infine le figure 9 e 10 mostrano che gli impianti industriali della zona di Trieste non alterano in maniera apprezzabile la qualità dell'aria nei comuni transfrontalieri di Koper e Piran ed in generale nell'area transfrontaliera posta tra sud e ovest rispetto alla zona industriale di Trieste.

CONCENTRAZIONE MEDIA ANNUALE NO₂

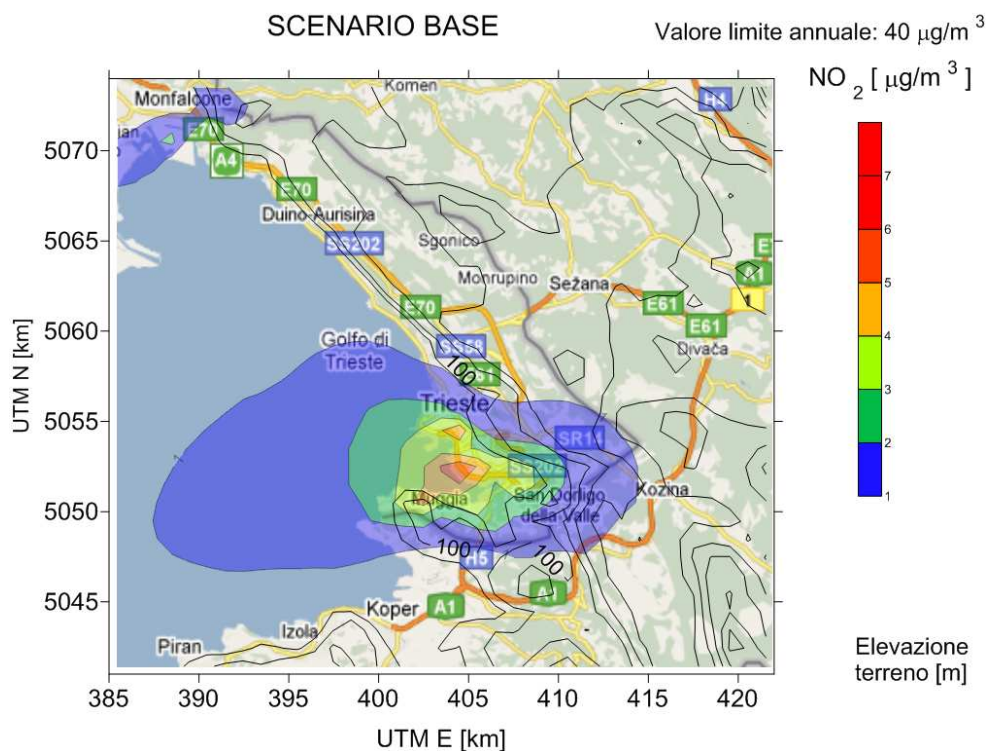


Figura 9: Distribuzione spaziale dei valori medi annui di NO₂ per l'anno 2008. Scenario Base.

CONCENTRAZIONE MASSIMA ORARIA NO₂

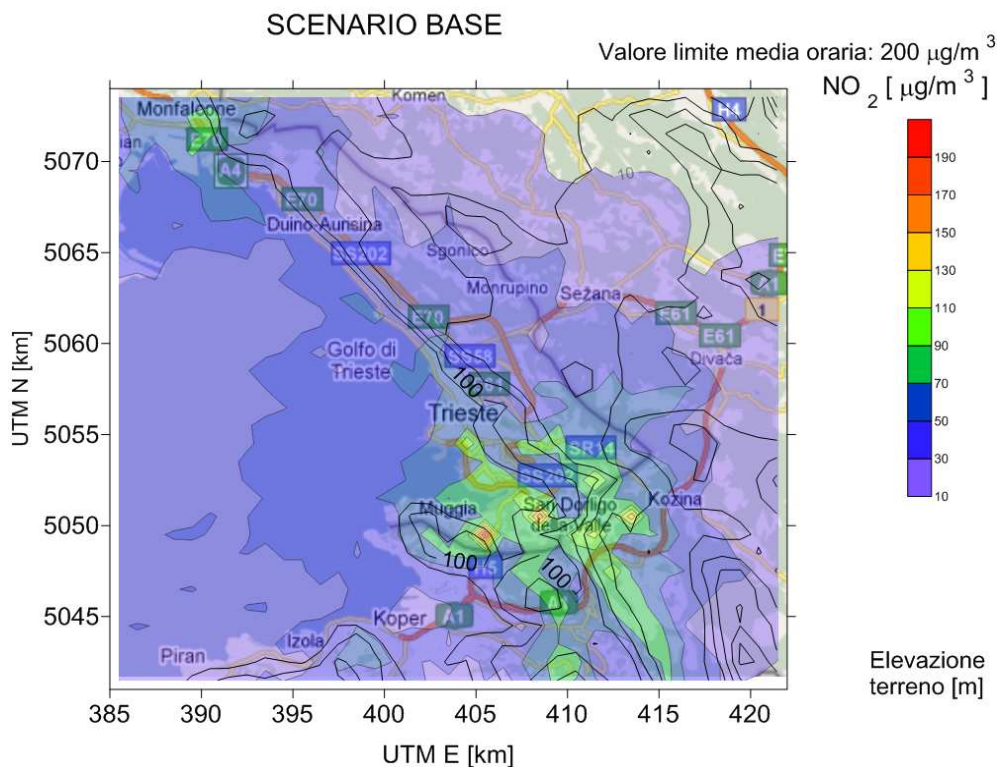


Figura 10: Distribuzione spaziale dei valori massimi della media oraria di NO₂ per l'anno 2008. Scenario Base.

5.3 Ossidi di azoto NO_x

Gli ossidi di azoto possono produrre piogge acide e avere quindi un impatto sulla vegetazione. La normativa impone un valore limite per la protezione della vegetazione sul valore medio annuo che è pari a 30 µg/m³. Come si può vedere dalla distribuzione spaziale della media annua della concentrazione di NO_x proveniente dagli impianti industriali (figura 11), la concentrazione dell' NO_x è esigua e valori compresi nell'intervallo tra 2.5 e 9 µg/m³ sono rilevabili in prossimità della zona costiera e sulla baia di Muggia, lontano dalle zone caratterizzate dalla presenza di vegetazione.

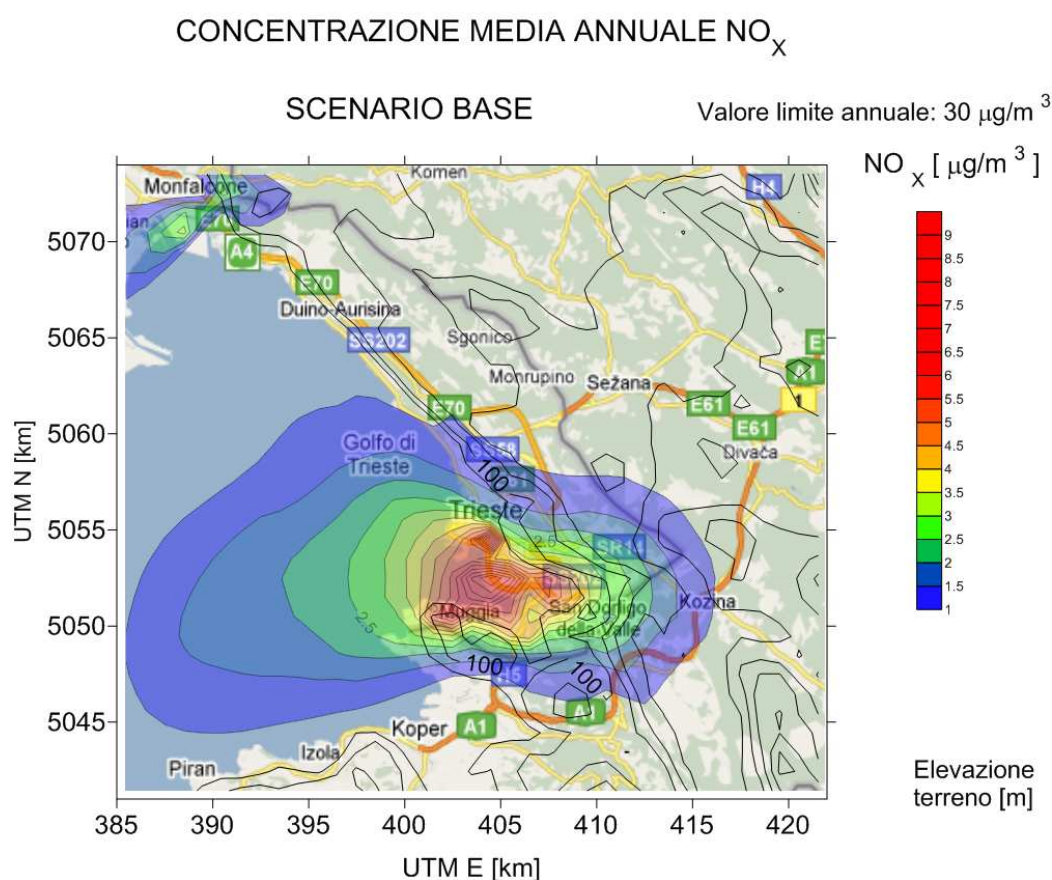


Figura 11: Distribuzione spaziale dei valori medi annui di NO_x per l'anno 2008. Scenario Base.

5.4 Particolato PM₁₀

Nella figura 12 sono riportate le concentrazioni medie giornaliere di materiale particolato PM₁₀ misurate alle centraline ed ottenute dalla simulazione numerica. I dati sono confrontati con il valore limite della media su 24 ore per la protezione della salute umana (50 µg/m³). Si può notare come in tutti i punti recettori considerati sia presente il forte picco di PM₁₀ registrato a fine febbraio 2008 con valori anche tripli rispetto al limite giornaliero previsto dalla normativa.

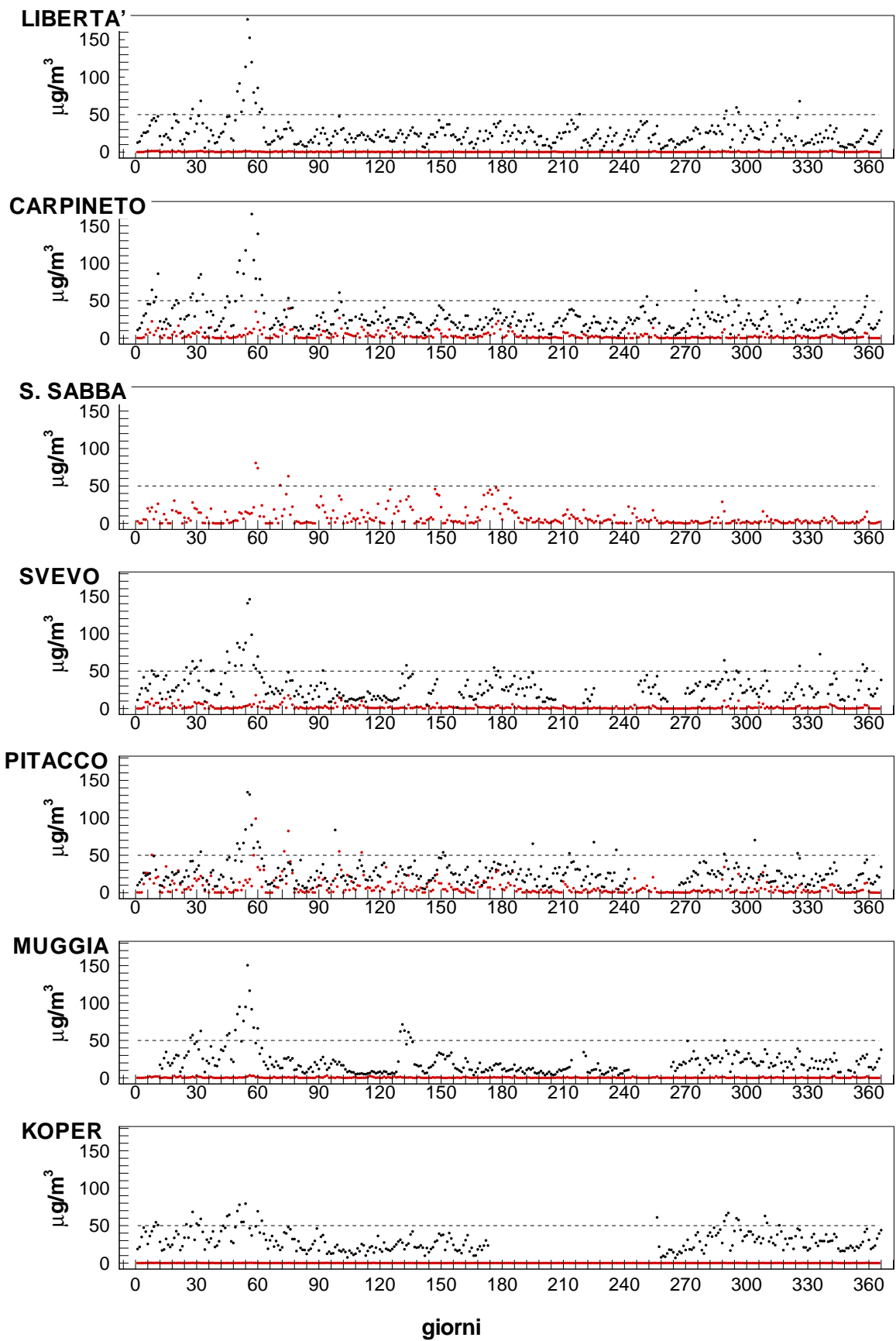


Figura 12: Concentrazioni medie giornaliere di PM₁₀ misurate ai punti recettori (simboli neri) e ottenuti nella simulazione (simboli rossi) per l'anno 2008. La linea tratteggiata denota il limite massimo giornaliero da normativa di 50 µg/m³. Scenario Base.

L'apporto di PM₁₀ derivante dalla simulazione dello Scenario Base risulta molto esiguo rispetto al quantitativo totale misurato a tutti i punti recettori tranne a Carpineto, Pitacco e San Sabba, che sono le centraline che maggiormente risentono del particolato emesso dagli impianti industriali. Si noti che solo nel recettore di via Pitacco l'ammontare di PM₁₀ ottenuto dallo Scenario Base supera il valore di soglia in 5 eventi durante l'anno ed è a ridosso del limite in altri 2 casi. Il comportamento è simile a San Sabba. La concentrazione di PM₁₀ al recettore sloveno di Koper ottenuta nella simulazione è irrilevante rispetto alla frazione di particolato misurata nella medesima centralina.

Stazione	Valore medio annuo misurato [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore medio annuo da Scenario Base [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore di riferimento [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Libertà	25	0.27	40
Vico	n. d.	0.42	
Carpineto	28	3.45	
S. Pantaleone	n. d.	2.75	
S. Sabba	n. d.	8.24	
Svevo	29	1.83	
Pitacco	26	7.45	
Muggia	22	0.45	
Koper	29	0.05	

Tabella SBA7: Valori medi annui di PM₁₀ misurati ai punti recettori e ottenuti nella simulazione per l'anno 2008. Scenario Base.

Stazione	Valore massimo della media giornaliera da Scenario Base [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore di riferimento giornaliero [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Libertà	2.30	50
Vico	3.19	
Carpineto	39.43	
S. Pantaleone	26.18	
S. Sabba	80.70	
Svevo	17.83	
Pitacco	98.91	
Muggia	3.50	
Koper	0.38	

Tabella SBA8: Valori massimi della media giornaliera di PM₁₀ ai punti recettori ottenuti nella simulazione per l'anno 2008. Scenario Base.

Tali dati sono confermati anche dal confronto delle concentrazioni medie annuali di PM₁₀ misurate e simulate (tabella SBA7). Tutti i valori misurati ricadono ben al di sotto della soglia limite di riferimento annuale fornita dalla normativa. Si può notare come nella centralina slovena di Koper la concentrazione simulata nello Scenario Base costituisca solo lo 0.17% del PM₁₀ misurato.

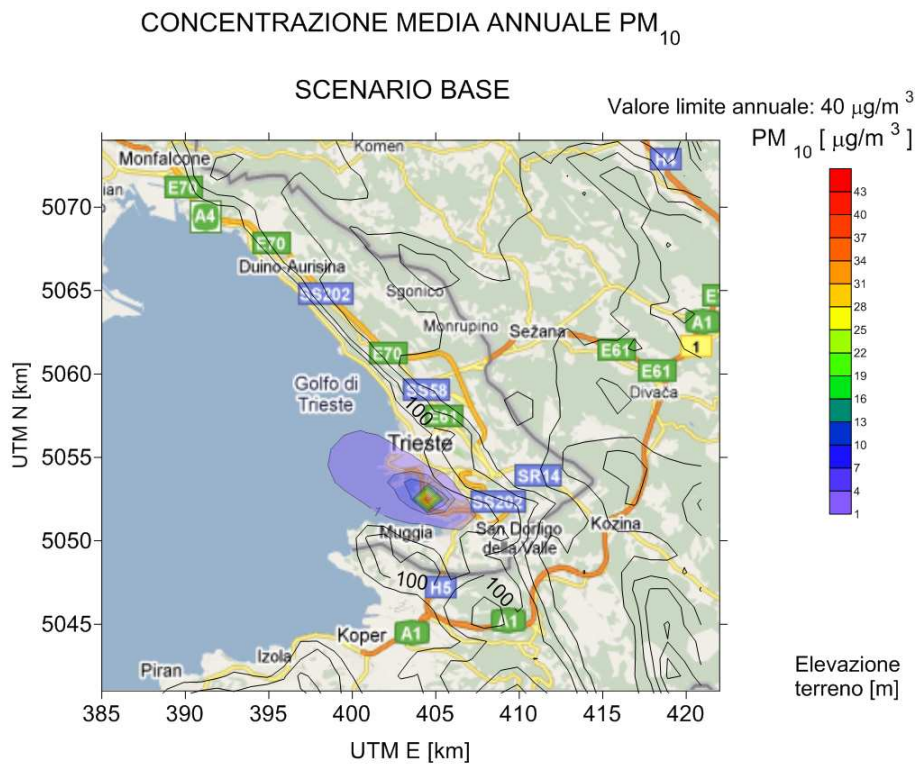


Figura 13: Distribuzione spaziale dei valori medi annui di PM₁₀ per l'anno 2008. Scenario Base.

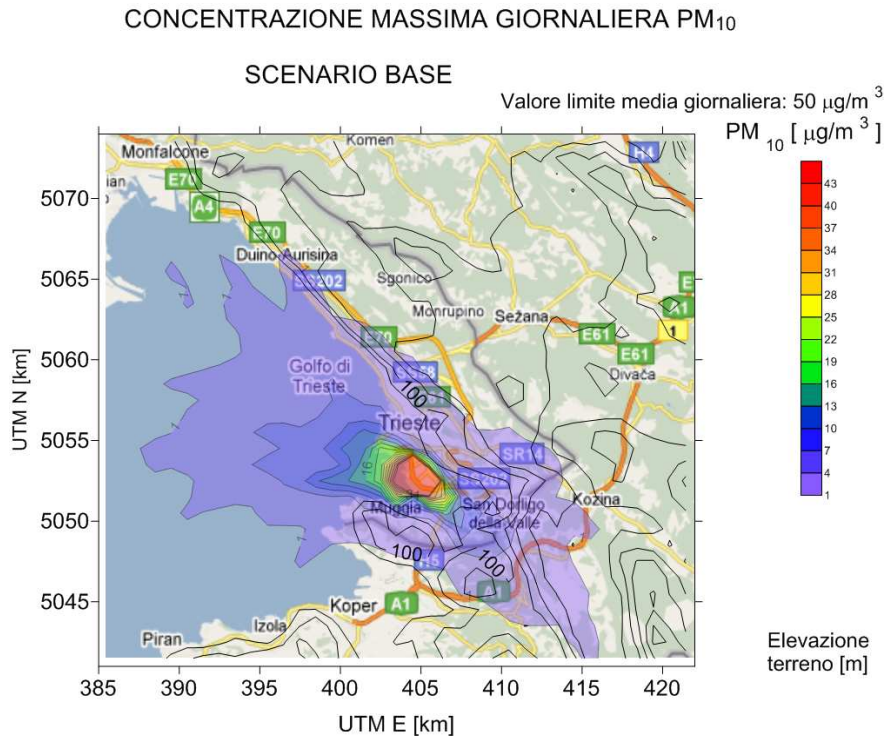


Figura 14: Distribuzione spaziale dei valori di picco della media giornaliera di PM₁₀ per l'anno 2008. Scenario Base.

D'altra parte i valori di picco della media giornaliera di PM_{10} proveniente dal comparto industriale supera il limite di normativa a San Sabba e Pitacco (tabella SBA8) e assume valori elevati anche ai punti recettori di Carpineto S. Pantaleone e Svevo.

Le distribuzioni spaziali delle concentrazioni medie annue e dei picchi delle concentrazioni medie giornaliere sono riportate rispettivamente nelle figure 13 e 14. Si osserva che a ridosso degli stabilimenti industriali che emettono particolato i limiti di normativa sono raggiunti e anche superati nei riguardi del valore medio annuale. Riguardo ai picchi massimi dei valori giornalieri, valori prossimi ai limiti di normativa sono raggiunti in un'area di circa $3 \times 3 \text{ km}^2$ nell'intorno dei siti di insediamento degli stabilimenti industriali dell'area del comune di Trieste.

5.5 Particolato $PM_{2.5}$

Il particolato $PM_{2.5}$ è costituito da tutte le particelle presenti nell'atmosfera aventi un diametro aerodinamico inferiore a 2.5 micron. Non essendo disponibili misure per il particolato di taglia fine $PM_{2.5}$ in nessuno dei punti recettori, i confronti verranno effettuati basandosi su correlazioni presenti in letteratura. Il $PM_{2.5}$ costituisce una frazione del PM_{10} che è tanto maggiore tanto più sviluppate sono le attività antropiche. Nelle aree urbane la percentuale di frazione fine può variare dal 15% rilevato a Denver (USA) al 60% rilevato a Los Angeles o New York (USA) [3]. Nello studio svolto in [3] si trovano valori medi del rapporto $PM_{2.5}/PM_{10} = 0.68 - 0.70$. Per essere conservativi considereremo il più restrittivo di questi valori che è pari a 0.70 anche se tale valore è tipico di aree molto più inquinate di Trieste. Considerando il rapporto costante $PM_{2.5}/PM_{10}$ è stato possibile confrontare i valori riportati nella tabella SBA9 con i limiti di normativa per il $PM_{2.5}$.

I valori così ottenuti, riportati in tabella SBA9 indicano una situazione tranquillizzante per il $PM_{2.5}$ che sta sotto il limite annuale in tutte le stazioni di misura.

Stazione	Valore medio annuo misurato [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore medio annuo da Scenario Base [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore di riferimento [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Libertà	18	0.19	25
Vico	n. d.	0.29	
Carpineto	20	2.42	
S. Pantaleone	n. d.	1.93	
S. Sabba	n. d.	5.77	
Svevo	20	1.28	
Pitacco	18.2	5.22	
Muggia	15.4	0.32	
Koper	20.3	0.04	

Tabella SBA9: Valori medi annui di $PM_{2.5}$ ottenuti dai valori di PM_{10} misurati alle stazioni e ottenuti nella simulazione per l'anno 2008. Scenario Base.

5.6 Monossido di carbonio CO

Nella figura 15 sono riportate le concentrazioni massime giornaliere di monossido di carbonio (CO) calcolate sulla media mobile di 8 ore. Si possono fare due considerazioni. La prima è che il valore di riferimento di normativa (10mg/m^3) non viene mai raggiunto in nessuno dei record misurati ai punti recettori denotando quindi una buona situazione dal punto di vista dell'inquinamento da CO. La seconda osservazione è che la quantità di monossido di carbonio derivante dal comparto industriale risulta trascurabile in tutti i punti recettori.

La tabella SBA10 riporta i valori di picco della media mobile a 8 ore ai punti recettori, ottenuti nella simulazione numerica. Si osserva che i valori maggiori sono ottenuti in prossimità della zona industriale. I valori minori sono ottenuti ai punti recettori più lontani. In particolare al recettore di Piazza libertà da una parte e al recettore di Koper sono calcolati i valori più bassi.

Le distribuzioni spaziali dei valori medi annui e dei massimi della media a 8 ore sono rispettivamente mostrate nelle figure 16 e 17. Si osserva che i valori sono notevolmente al di sotto dei limiti di normativa. I valori massimi della media annuale sono distribuiti su un'area che circonda la zona industriale di Trieste e si estende verso ovest. Tali valori massimi sono dell'ordine di $0.010\text{-}0.015\text{ mg/m}^3$. I valori massimi della media su 8 ore coprono un'area che si sviluppa da nord-ovest verso sud-est anche in territorio transfrontaliero. I valori sono comunque trascurabili, e contenuti nell'intervallo $0.20\text{-}0.34\text{ mg/m}^3$.

Stazione	Valore massimo della media mobile su 8 ore da Scenario Base [mg/m^3]	Valore di riferimento orario [mg/m^3]
Libertà	0.11	10
Vico	0.16	
Carpineto	0.28	
S. Pantaleone	0.25	
S. Sabba	0.33	
Svevo	0.17	
Pitacco	0.25	
Muggia	0.18	
Koper	0.03	

Tabella SBA10: Valori di picco della media mobile su 8 ore di CO ai punti recettori ottenuti nella simulazione per l'anno 2008. Scenario Base.

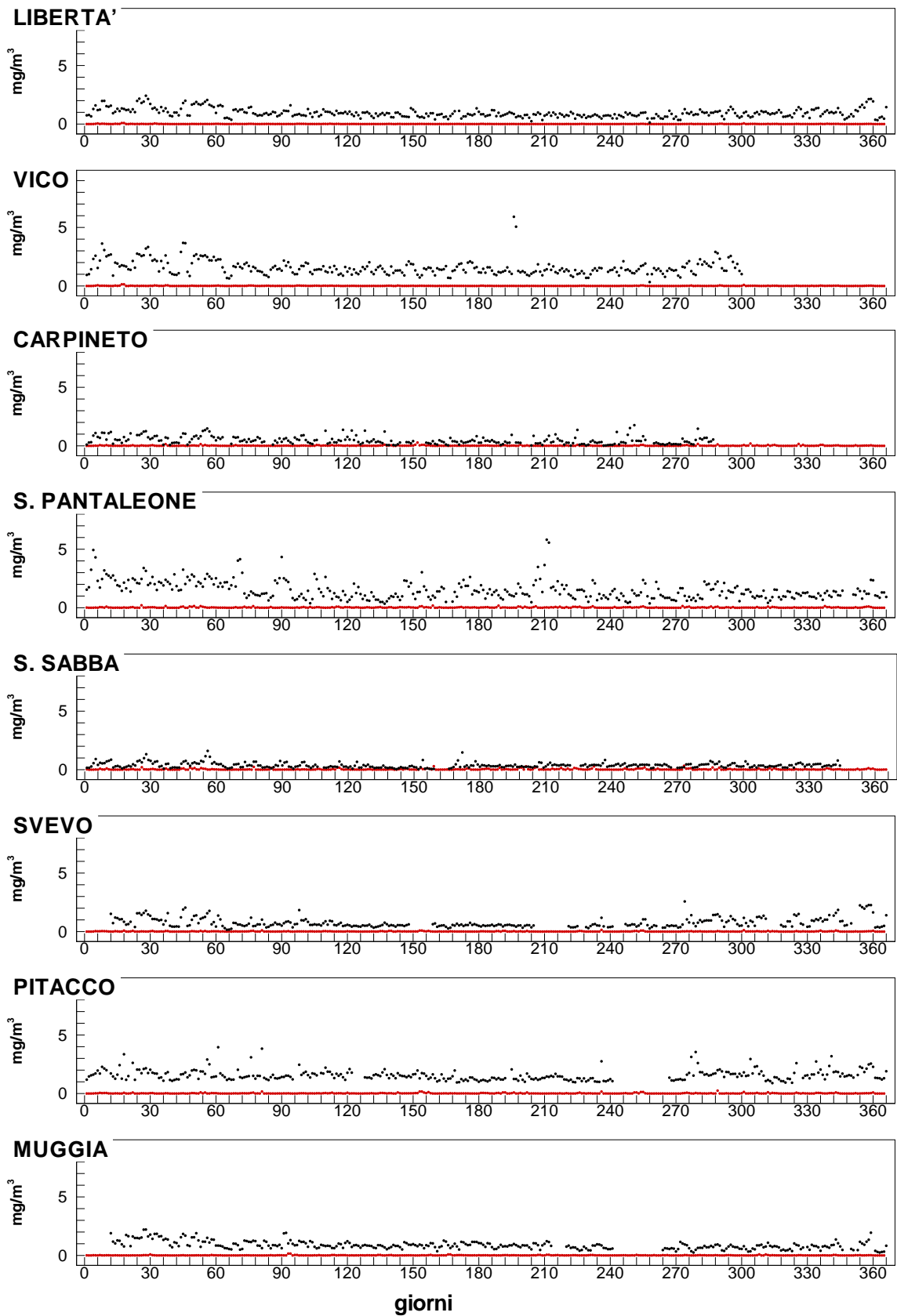


Figura 15: Valore massimo giornaliero della media mobile su 8 ore delle concentrazioni di CO misurata alle centraline (simboli neri) e ottenuti nella simulazione (simboli rossi) per l'anno 2008. Scenario Base.

CONCENTRAZIONE MEDIA ANNUALE CO

SCENARIO BASE

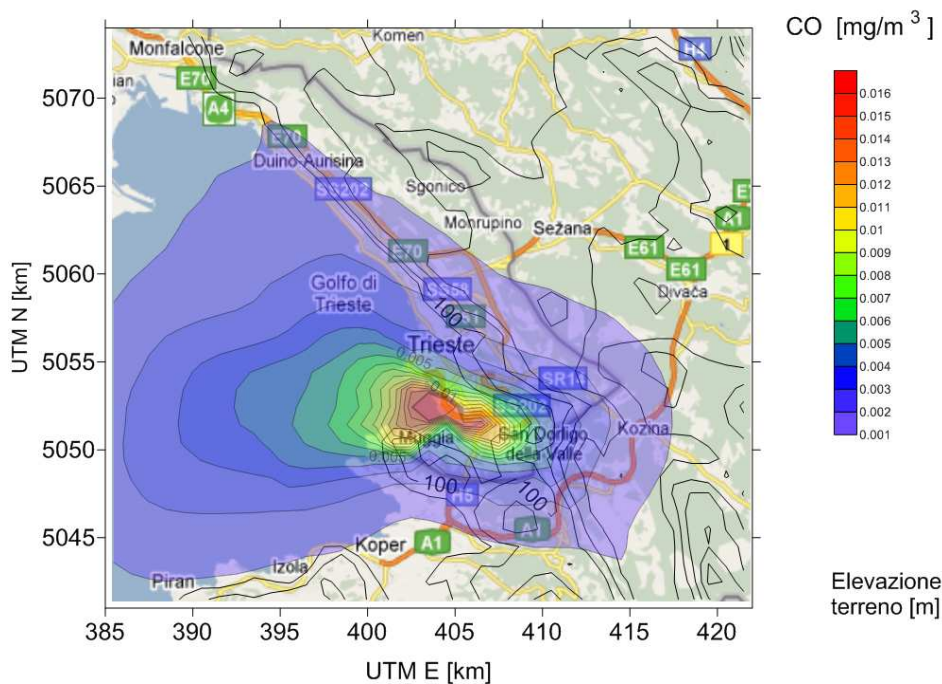


Figura 16: Distribuzione spaziale dei valori medi annui di CO per l'anno 2008. Scenario Base.

CONCENTRAZIONE MASSIMA SULLA MEDIA DI 8 ORE

SCENARIO BASE

Valore limite media su 8 ore: $10 \text{ mg}/\text{m}^3$

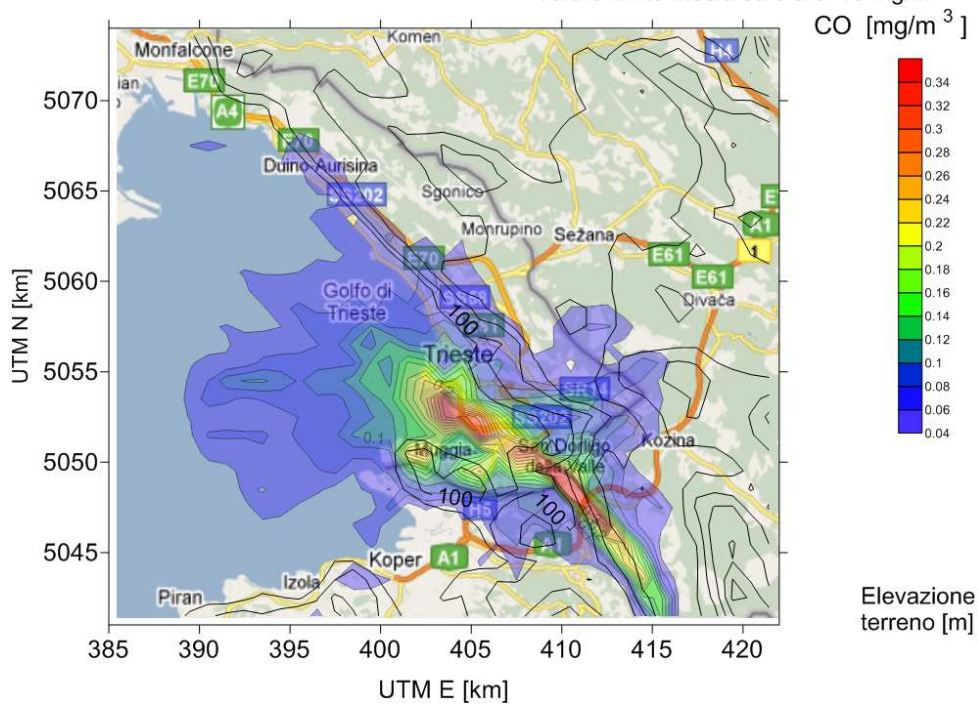


Figura 17: Distribuzione spaziale dei valori massimi della media su 8 ore di CO per l'anno 2008. Scenario Base.

5.7 Anidride carbonica CO₂

Si è ritenuto opportuno riportare i grafici anche delle emissioni di anidride carbonica (CO₂) derivanti dalla simulazione dello Scenario Base (ex-ante). L'anidride carbonica, essendo naturalmente presente in atmosfera, non viene considerata come un inquinante.

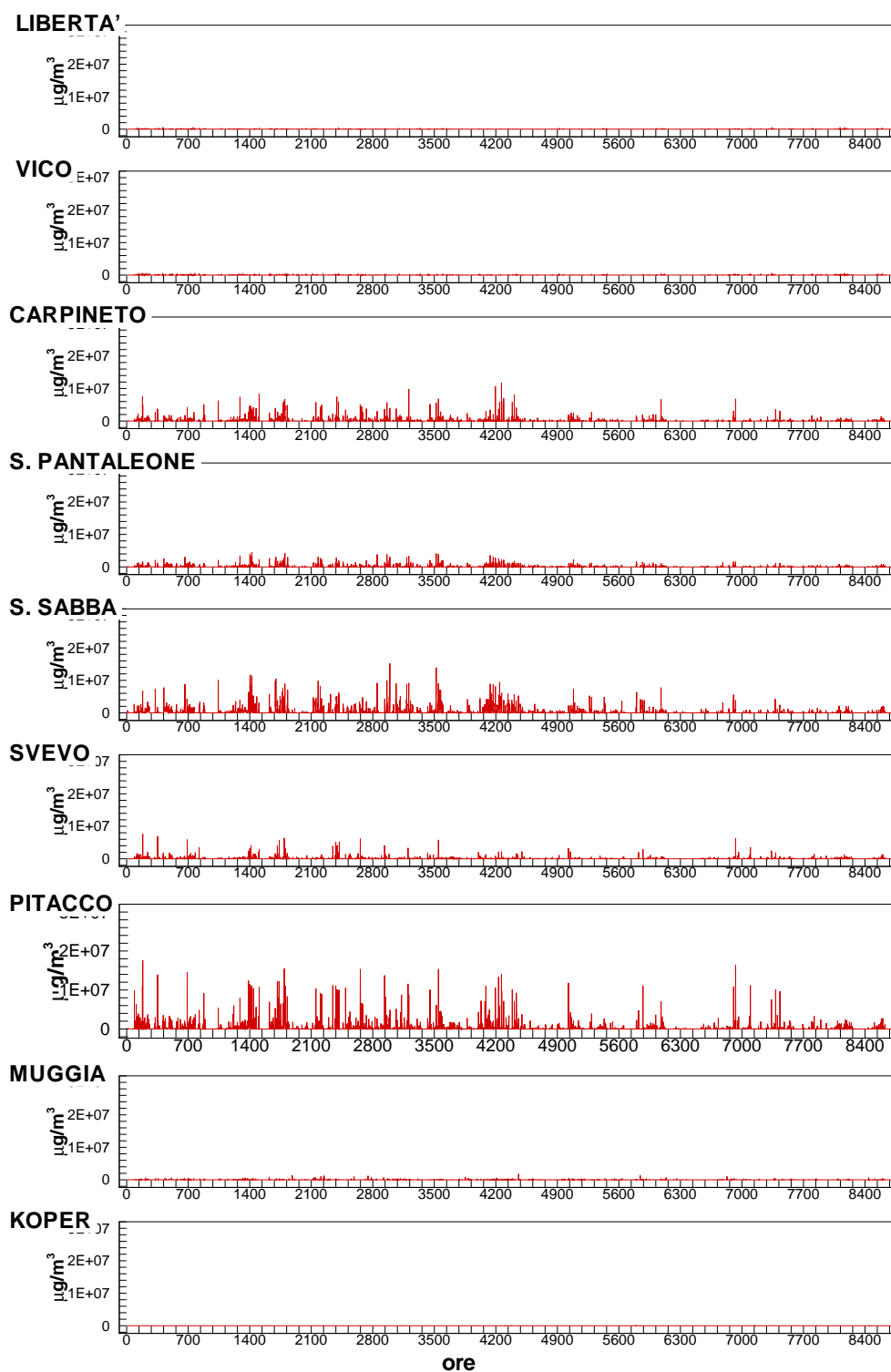


Figura 18: Concentrazioni medie orarie di CO₂ ai punti recettori ottenute nella simulazione per l'anno 2008. Scenario Base.

Tuttavia l'aumento di tale sostanza contribuisce all'intensificarsi dell'effetto serra e indicazioni per limitare le emissioni di tale sostanza sono state fornite dal protocollo di Kyoto.

Nella figura 18 sono riportate le concentrazioni medie orarie di CO₂ ottenute ai punti recettori nella simulazione, durante l'anno 2008. Si osservano valori trascurabili ai punti recettori distanti dalla zona industriale. Similmente valori trascurabili sono ottenuti al recettore di Koper. Valori apprezzabili della concentrazione di CO₂ sono ottenuti ai punti recettori di Carpineto, San Sabba e Pitacco, stazioni poste a ridosso degli impianti industriali.

Infine la figura 19 riporta la distribuzione spaziale della media annuale di CO₂. La distribuzione è consistente con quelle relative alle altre sostanze discusse sopra e mostra che le concentrazioni più elevate sono nella zona del comune di Trieste prossime agli stabilimenti industriali.

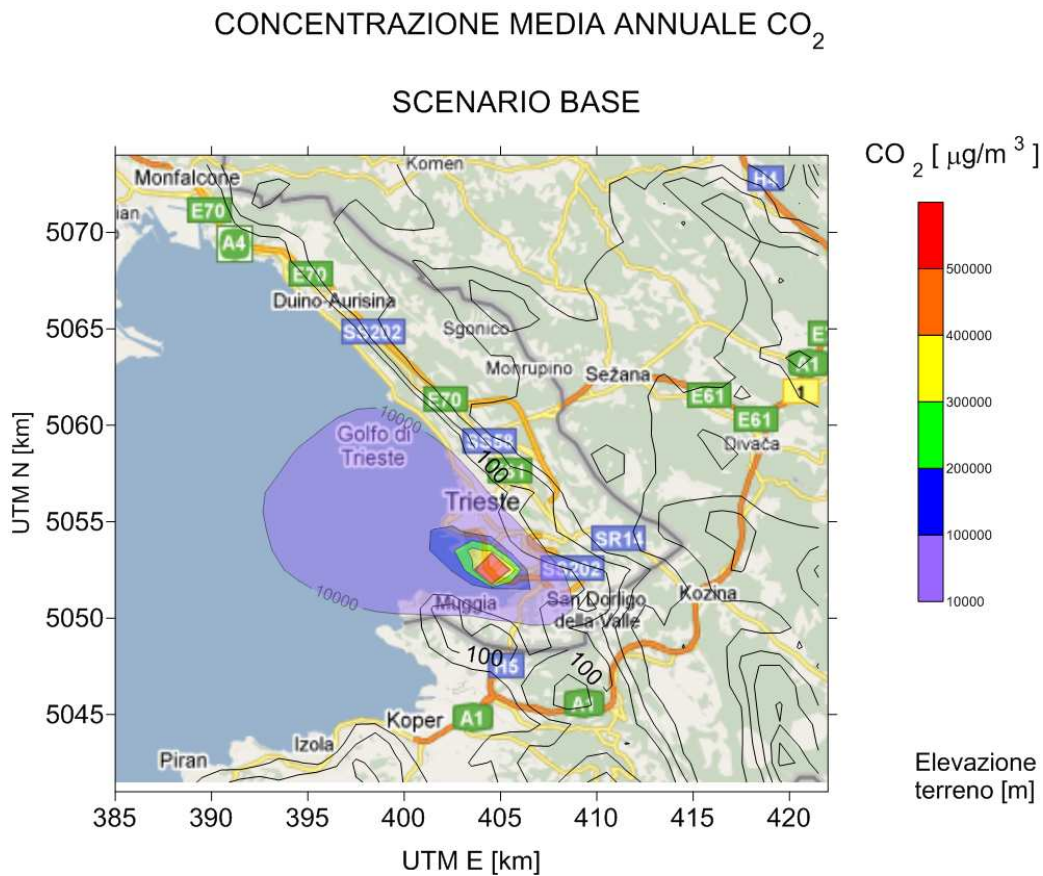


Figura 19: Distribuzione spaziale dei valori medi annui di CO₂ ottenuti nella simulazione per l'anno 2008. Scenario Base.

6. ANALISI DELLO SCENARIO A

Lo Scenario A consiste nella riproduzione di uno scenario ex-ante con un livello di emissioni provenienti dallo stabilimento siderurgico di Servola, della Lucchini S.p.A. variato in virtù delle migliorie tecnologiche apportate all'impianto stesso negli anni 2008-2009. Bisogna comunque considerare che parte delle migliorie erano già state apportate durante il 2008 e quindi le emissioni considerate nello Scenario Base (sezione 5 del presente documento) tenevano già parzialmente conto di questo. Per eseguire un confronto consistente tra i suoi scenari di emissione, per l'analisi del presente Scenario A, sono state considerate un numero di ore di funzionamento pari a quelle del 2008 e calcolate di conseguenza le emissioni. Il risultato è riportato nella tabella SA1. Il quadro di emissioni relative all'anno 2009 è stato fornito da Lucchini S.p.A e inviato dalla stessa al registro INES. Come per i dati utilizzati nell'analisi dello Scenario Base, anche questi possono quindi essere considerati come dati ufficiali.

	CO [t/a]	NO _x [t/a]	SO ₂ [t/a]	PM ₁₀ [t/a]	Velocità fumi [m/s]
E1	118.99	383.17	36.42	1.82	3.39
E2	0	0	0	0.49	0.27
E3	0	0	0	1.05	12.28
E4	51.08	19.83	1.04	0.	3.42
E5	1354.9	141.93	0	3.77	12.93
E9	218.58	3.52	0.19	0.32	3.42
E35	0	0	5.15	6.41	10.22
E36	0	0	0	0.73	10.14
E38	0.47	2.53	0.31	0.	5.76

Tabella SA1: Emissioni in tonnellate/anno della Servola-Lucchini dopo le migliorie. La quantità di sostanze emesse è stata calcolata considerando un numero di ore di funzionamento pari a quello dell'anno 2008. Le temperature di emissione, i diametri e le altezze dei camini sono stati forniti dal Costruttore.

6.1 Biossido di zolfo SO₂

La tabella SA2 riporta la media annuale e la media sul periodo invernale (1 ottobre - 31 marzo) ottenute per lo Scenario A. Essendo stati utilizzati per il presente studio i dati meteorologici per l'anno 2008, la media invernale è stata fatta mediando i valori compresi tra 1 gennaio 2008 - 31 marzo 2008 e 1 ottobre 2008 - 31 dicembre 2008. Si noti che, come nello Scenario Base, in quasi tutti i recettori i valori medi invernali ottenuti dallo Scenario A sono superiori ai valori medi annuali tranne nei recettori di S. Sabba e Muggia.

Le migliorie apportate all'impianto mostrano una riduzione delle concentrazioni medie annuali di circa il 10% ai punti recettori. Anche i valori medi sul periodo invernale appaiono lievemente ridotti rispetto a quelli ottenuti nello Scenario Base (si confrontino i valori della tabella SA2 con quelli della tabella SBA3).

Riguardo ai valori orari massimi, la riduzione maggiore si osserva al recettore di via Carpineto mentre i valori massimi delle medie giornaliere praticamente non risentono degli interventi migliorativi (si confrontino i valori della tabella SA3 con quelli della tabella SBA4).

Stazione	Valore medio annuo da Scenario A [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore medio invernale da Scenario A [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore di riferimento [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Libertà	0.51	0.65	20
Vico	0.73	0.89	
Carpineto	2.03	2.23	
S. Pantaleone	3.06	3.13	
S. Sabba	4.03	3.49	
Svevo	1.40	1.59	
Pitacco	1.95	1.98	
Muggia	0.92	0.79	
Koper	0.19	0.19	

Tabella SA2: Valori medi annui ed invernali di SO_2 ai punti recettori ottenuti dalla simulazione per l'anno 2008. Scenario A.

Stazione	Valore massimo della media oraria da Scenario A [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore di riferimento orario [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore massimo della media giornaliera da Scenario A [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore di riferimento giornaliero [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Libertà	79.96	350	3.86	125
Vico	56.56		5.58	
Carpineto	92.68		31.11	
S. Pantaleone	172.54		49.00	
S. Sabba	169.34		29.39	
Svevo	83.63		14.87	
Pitacco	63.64		16.42	
Muggia	85.49		9.03	
Koper	20.54		1.57	

Tabella SA3: Valori di picco di SO_2 ai recettori della simulazione per l'anno 2008. Scenario A.

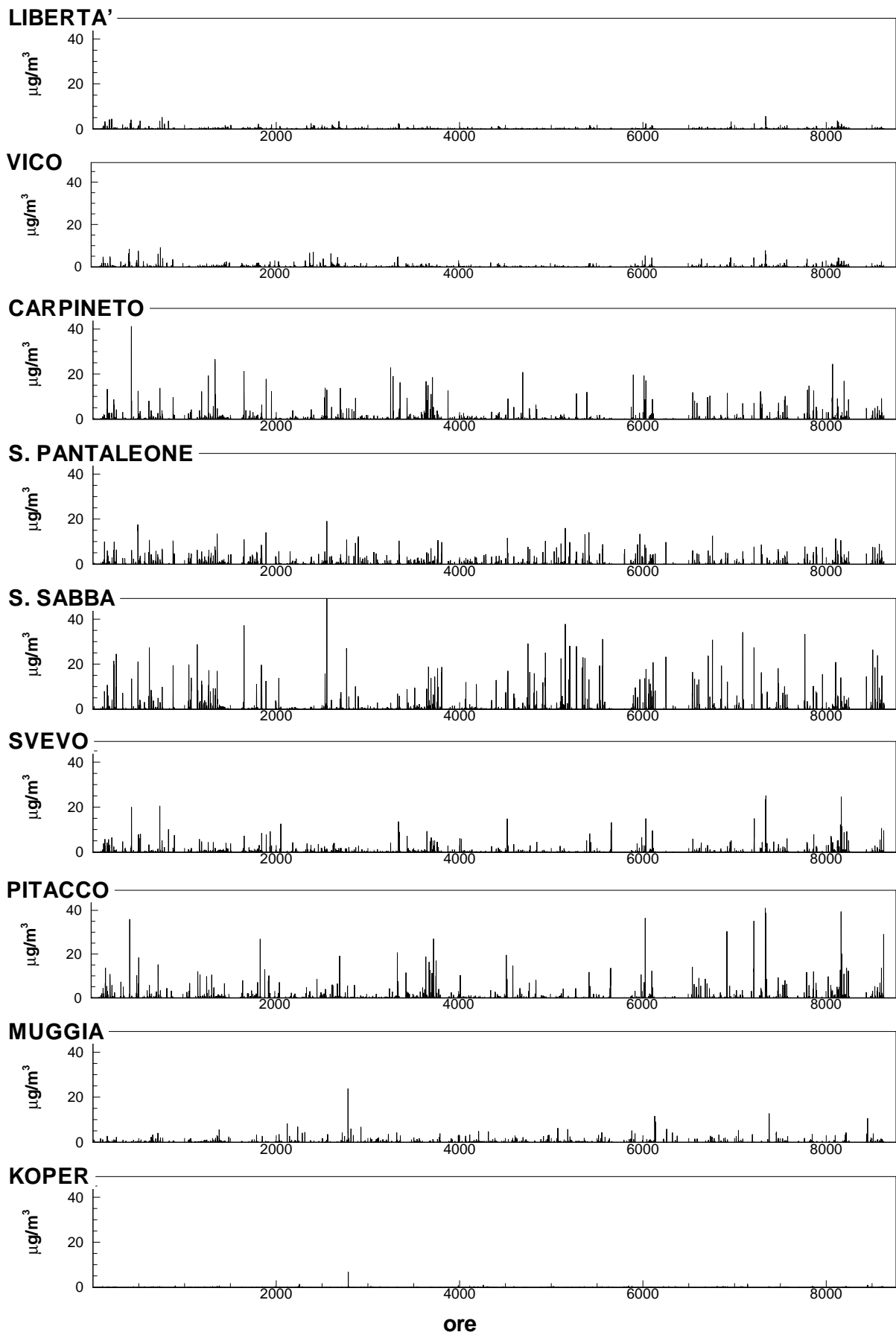


Figura 20: Differenza tra i valori di concentrazione medi orari di SO_2 ottenuti dallo Scenario Base e dallo Scenario A. Valori positivi indicano una riduzione di concentrazioni nello Scenario A.

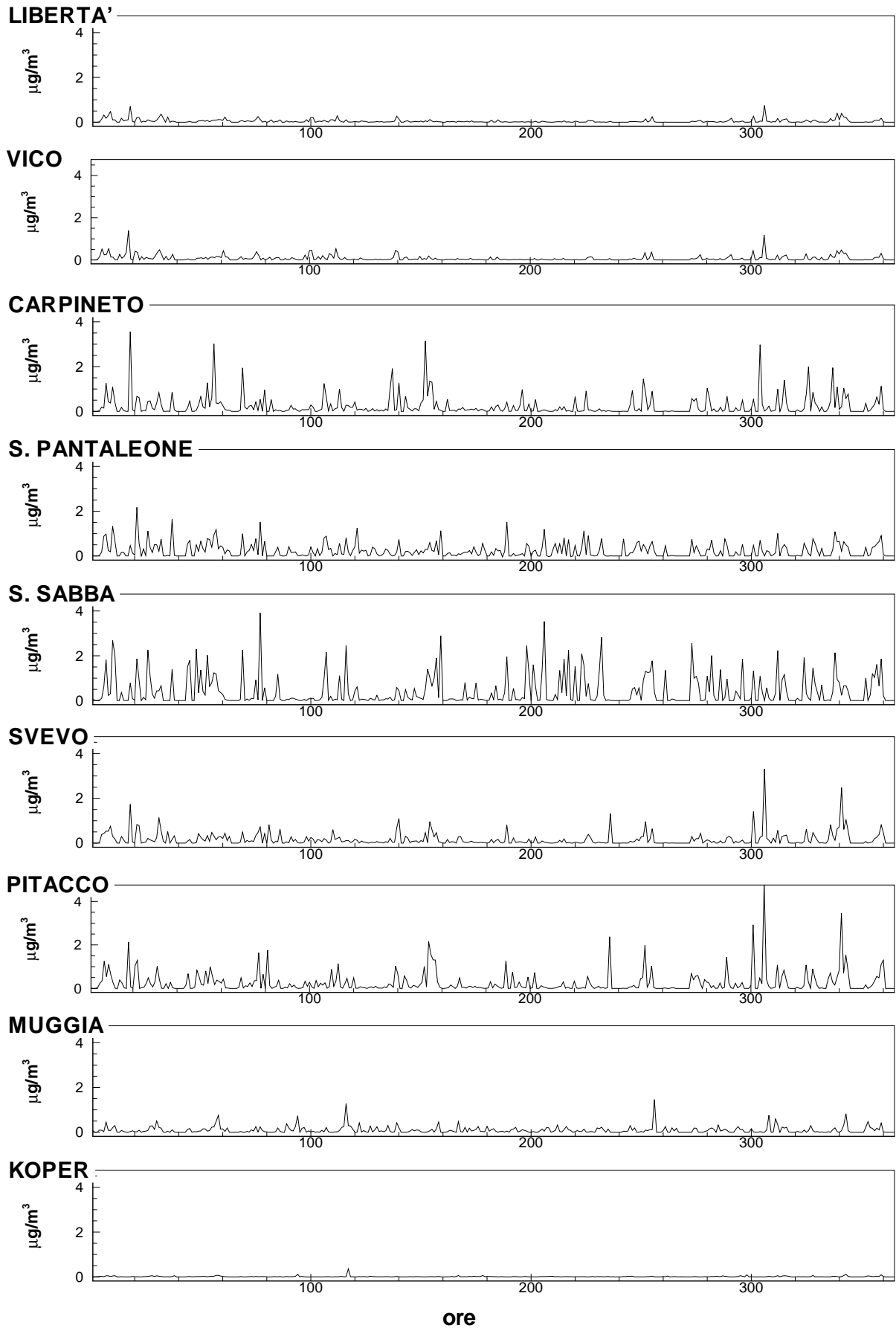


Figura 21: Differenza tra i valori di concentrazione medi giornalieri di SO_2 ottenuti dallo Scenario Base e dallo Scenario A. Valori positivi indicano una riduzione di concentrazioni nello Scenario A.

CONCENTRAZIONE MEDIA ANNUALE SO₂

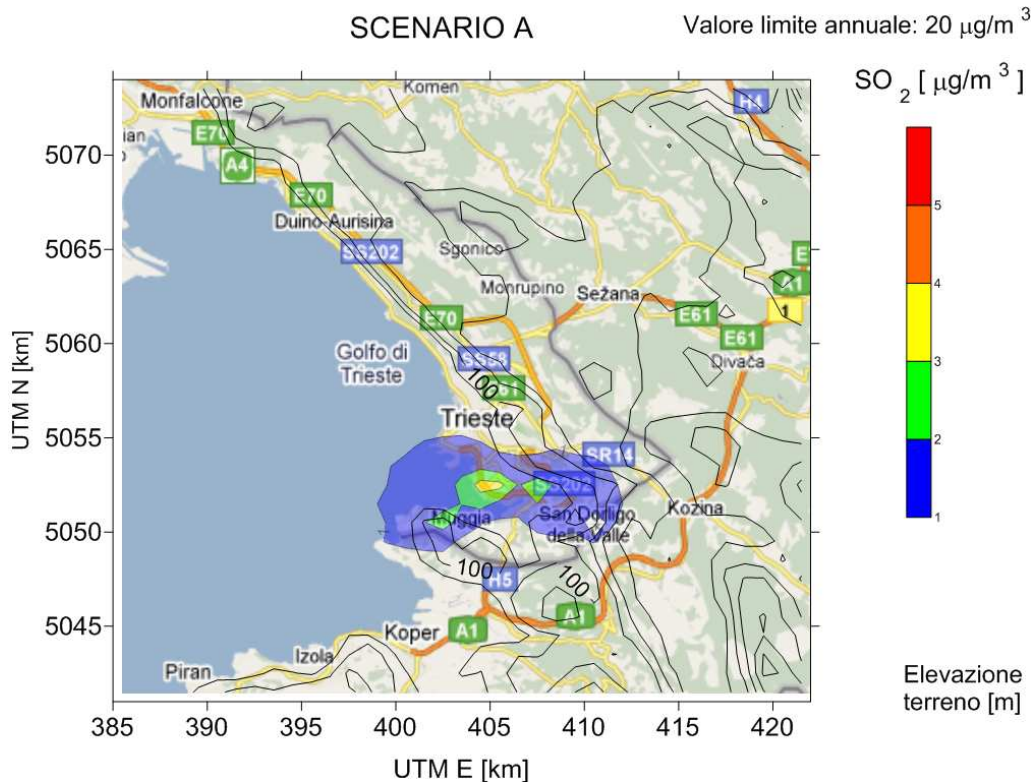


Figura 22: Distribuzione spaziale dei valori medi annui di SO₂ per l'anno 2008. Scenario A.

CONCENTRAZIONE MASSIMA GIORNALIERA SO₂

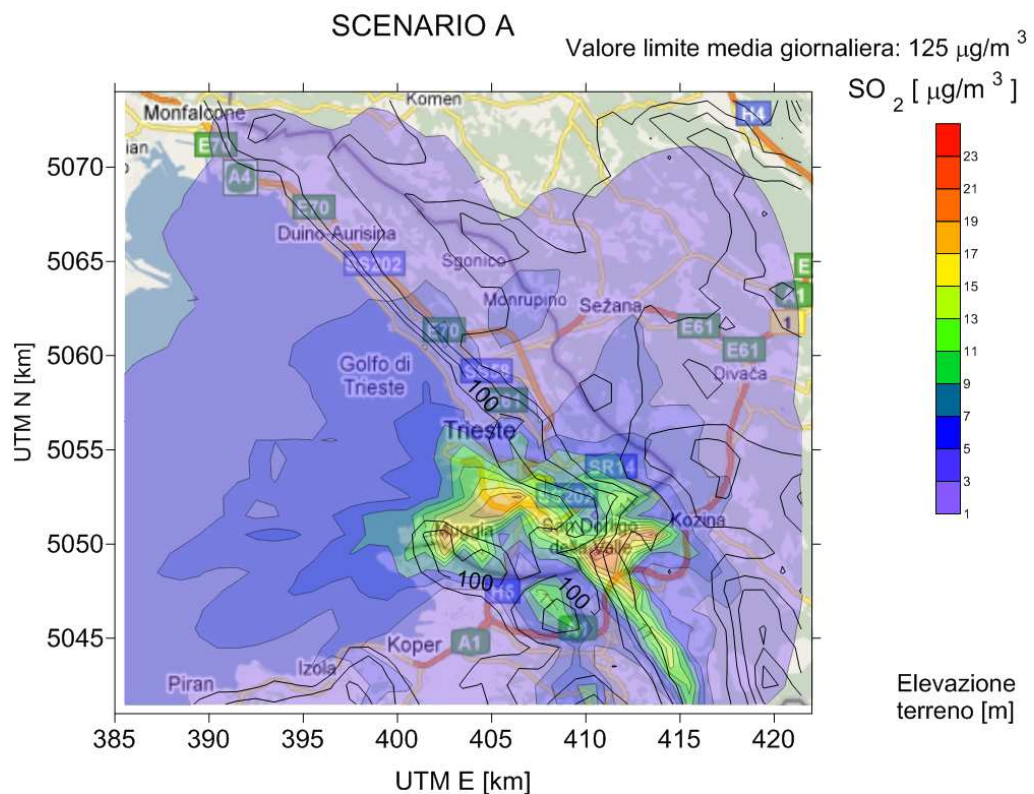


Figura 23: Distribuzione spaziale dei valori massimi della media giornaliera di SO₂ per l'anno 2008. Scenario A.

CONCENTRAZIONE MASSIMA ORARIA SO₂

SCENARIO A

Valore limite media oraria: 350 µg/m³

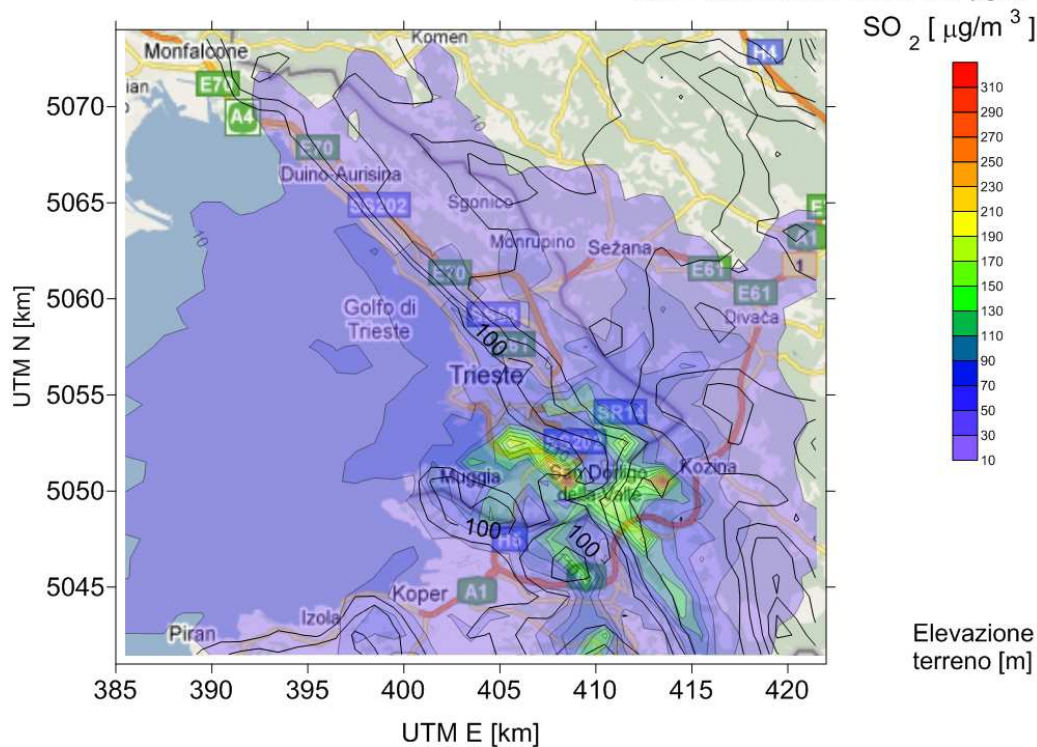


Figura 24: Distribuzione spaziale dei valori massimi della media oraria di SO₂ per l'anno 2008. Scenario A.

La figura 20 riporta l'andamento temporale della differenza tra le concentrazioni orarie calcolate nello Scenario Base e quelle calcolate nel presente Scenario A. Si osserva che le differenze maggiori si registrano ai recettori Carpineto, San Pantaleone, San Sabba e Pitacco, e in misura inferiore al punto recettore Svevo. Le differenze sono invece di entità trascurabile nelle altre stazioni, le quali, come osservato precedentemente, risentono poco dell'inquinamento da impianti industriali. I risultati riportati in figura 20 indicano che l'impianto siderurgico Servola-Lucchini ha un ruolo significativo nell'inquinamento dell'aria nei quartieri cittadini prossimi all'impianto stesso.

L'andamento temporale della differenza delle medie giornaliere tra lo Scenario Base e lo Scenario A ai punti recettori è riportato in figura 21. Come per le medie orarie, si osservano anche per questa quantità differenze apprezzabili nelle stazioni di misura prossime all'impianto Servola-Lucchini.

Le distribuzioni spaziali delle concentrazioni di SO₂ riportate nelle figure 22-24 sono simili a quelle relative allo Scenario A. L'unica differenza apprezzabile è nei valori massimi delle concentrazioni che nel presente Scenario A sono inferiori a quelle ottenute nello Scenario Base. La riduzione è più evidente nei valori massimi delle medie orarie (si confronti la figura 24 con la corrispondente figura 7 dello Scenario Base).

6.2 Biossido di azoto NO₂

La tabella SA4 riporta i valori medi calcolati a partire dalle misure ai punti recettori, i valori medi annuali calcolati nel presente Scenario A e la diminuzione percentuale del valore rispetto allo Scenario Base. I dati della tabella mostrano che le migliorie hanno uno scarso effetto nei confronti dei valori medi annuali delle concentrazioni del biossido di azoto. Le riduzioni massime sono dell'ordine del 1% ai recettori posti nelle adiacenze degli impianti industriali.

La tabella SA5 riporta i picchi dei valori orari ottenuti nella simulazione nell'arco dell'anno 2008. Si osserva che le differenze con la corrispondente tabella SBA6 relativa allo Scenario Base sono trascurabili.

La figura 25 riporta l'andamento temporale ai punti recettori della differenza tra i valori orari ottenuti nello Scenario Base con il valore ottenuto con la simulazione dello Scenario A. La differenza non supera mai i 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, valore di 2 ordini di grandezza inferiore al valore limite di normativa pari a 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Le distribuzioni spaziali sul territorio delle concentrazioni di NO₂, relativamente alla media annuale e ai picchi delle medie orarie sono riportate rispettivamente nelle figure 26 e 27. Si osservano distribuzioni molto simili a quelle relative allo Scenario Base con valori massimi leggermente inferiori. In particolare il confronto tra la figura 26 e la figura 9 mostra una leggera riduzione nella zona industriale e nell'area cittadina intorno a tale zona.

Il confronto tra la figura 27 e la figura 10 mostra una leggera riduzione dei valori di picco giornalieri nell'area industriale.

In sintesi si può affermare che le migliorie tecnologiche apportate agli impianti non comportino riduzioni notevoli delle concentrazioni di NO₂ nella zona industriale e nei quartieri limitrofi della città di Trieste. Questo accade per due motivi: innanzitutto il quadro di emissioni utilizzato nello Scenario Base tiene già parzialmente conto delle migliorie tecnologiche, in quanto parte di queste è stata effettuata durante l'anno considerato; inoltre, nei riguardi degli ossidi di azoto, lo stabilimento siderurgico incide in maniera non sostanziale, in quanto una notevole quantità di NO_x emessi proviene da altre realtà industriali presenti in zona. Ciò è mostrato chiaramente nelle tabelle SBA1 e SBA2 del presente documento.

Stazione	Valore medio annuo misurato [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore medio annuo da Scenario A [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Diminuzione rispetto Scenario Base in %	Valore di riferimento [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Libertà	58.61	1.08	0.9	40
Vico	32.68	1.74	1.1	
Carpineto	38.01	3.47	0.8	
S. Pantaleone	48.18	4.74	1.0	
S. Sabba	38.73	5.69	0.7	
Svevo	37.40	3.56	0.8	
Pitacco	29.92	3.52	0.8	
Muggia	31.69	4.92	0.4	
Koper	20.96	0.37345	0	

Tabella SA4: Valori medi annui di NO_2 ai punti recettori: valori misurati, valori ottenuti nella simulazione e riduzione percentuale rispetto ai valori relativi allo Scenario Base. Scenario A.

Stazione	Valore massimo della media oraria da Scenario A [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore di riferimento orario [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Libertà	64.84	200
Vico	60.83	
Carpineto	68.95	
S. Pantaleone	82.80	
S. Sabba	82.39	
Svevo	70.33	
Pitacco	60.80	
Muggia	79.90	
Koper	30.75	

Tabella SA5: Valori di picco di NO_2 ai punti recettori ottenuti nella simulazione per l'anno 2008. Scenario A.

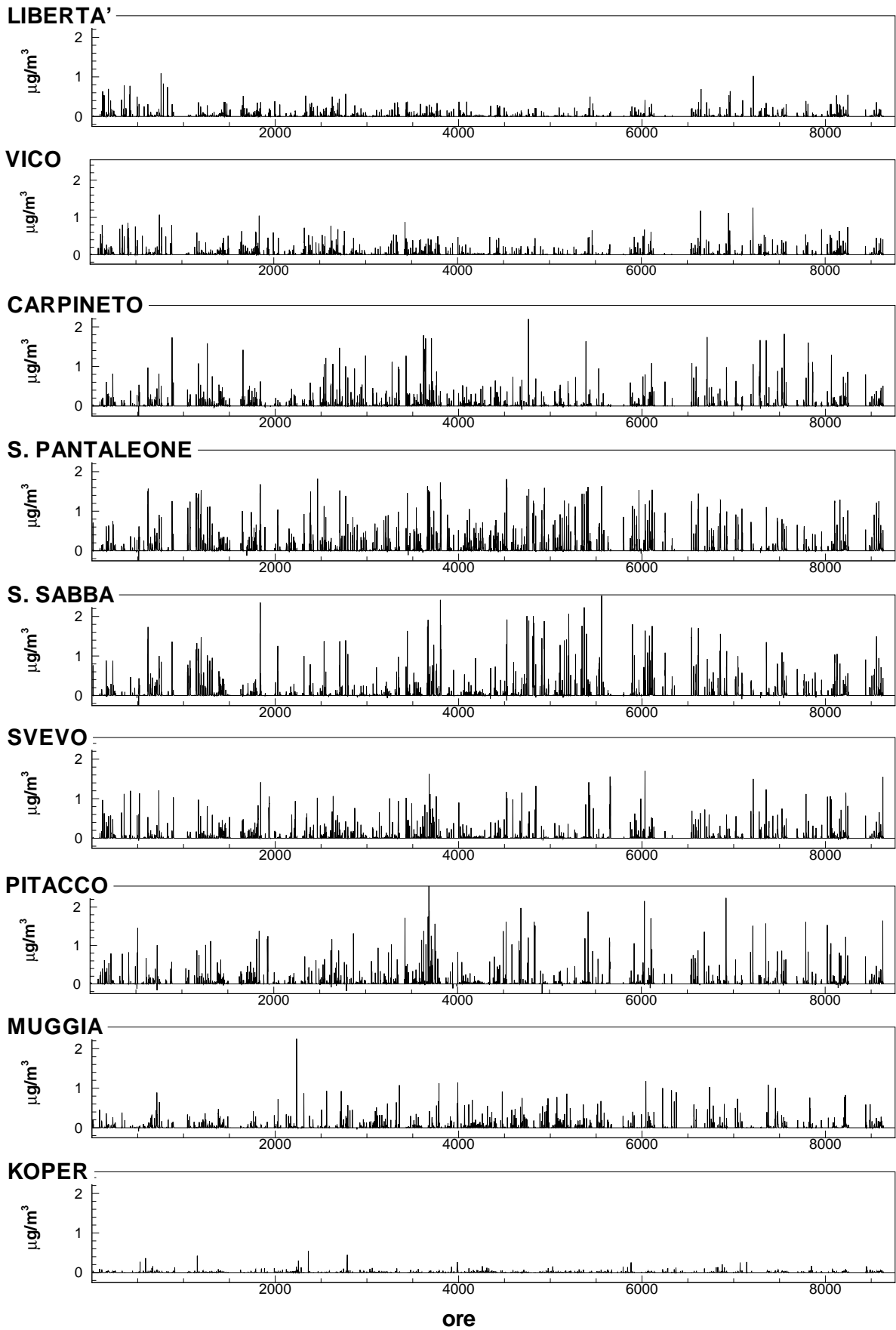


Figura 25: Differenza tra i valori di concentrazione medi orari di NO_2 ottenuti dallo Scenario Base e dallo Scenario A. Valori positivi indicano una riduzione di concentrazioni.

CONCENTRAZIONE MEDIA ANNUALE NO₂

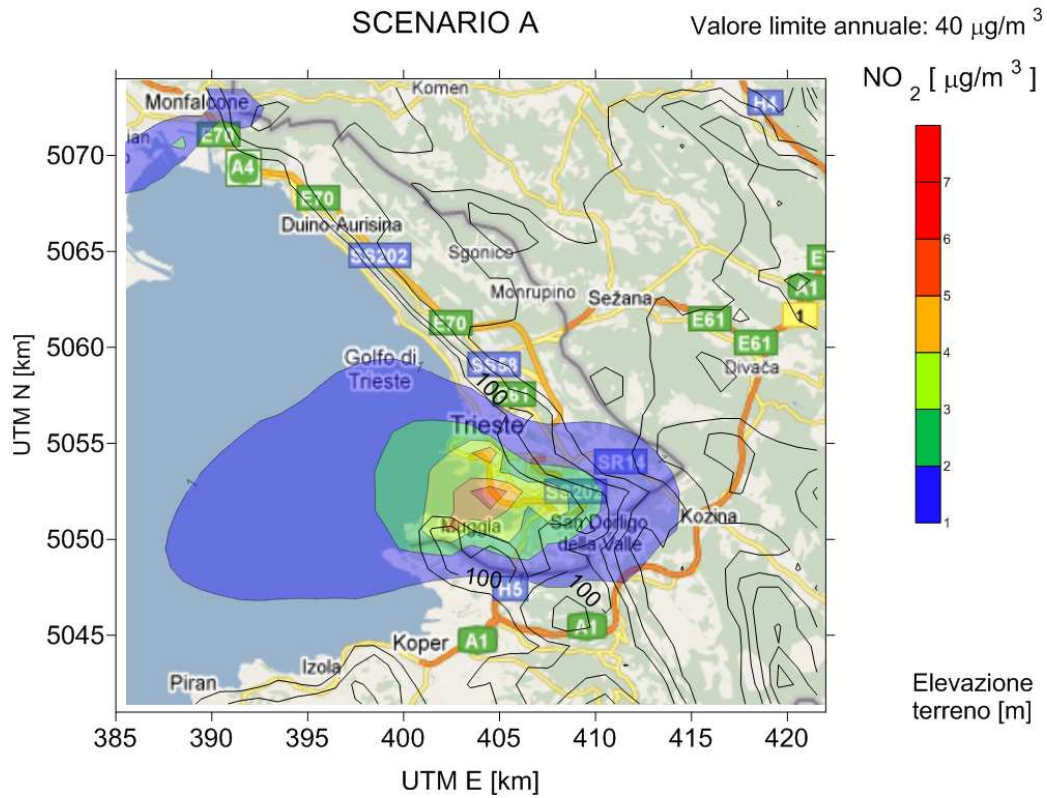


Figura 26: Distribuzione spaziale dei valori medi annui di NO₂ per l'anno 2008. Scenario A.

CONCENTRAZIONE MASSIMA ORARIA NO₂

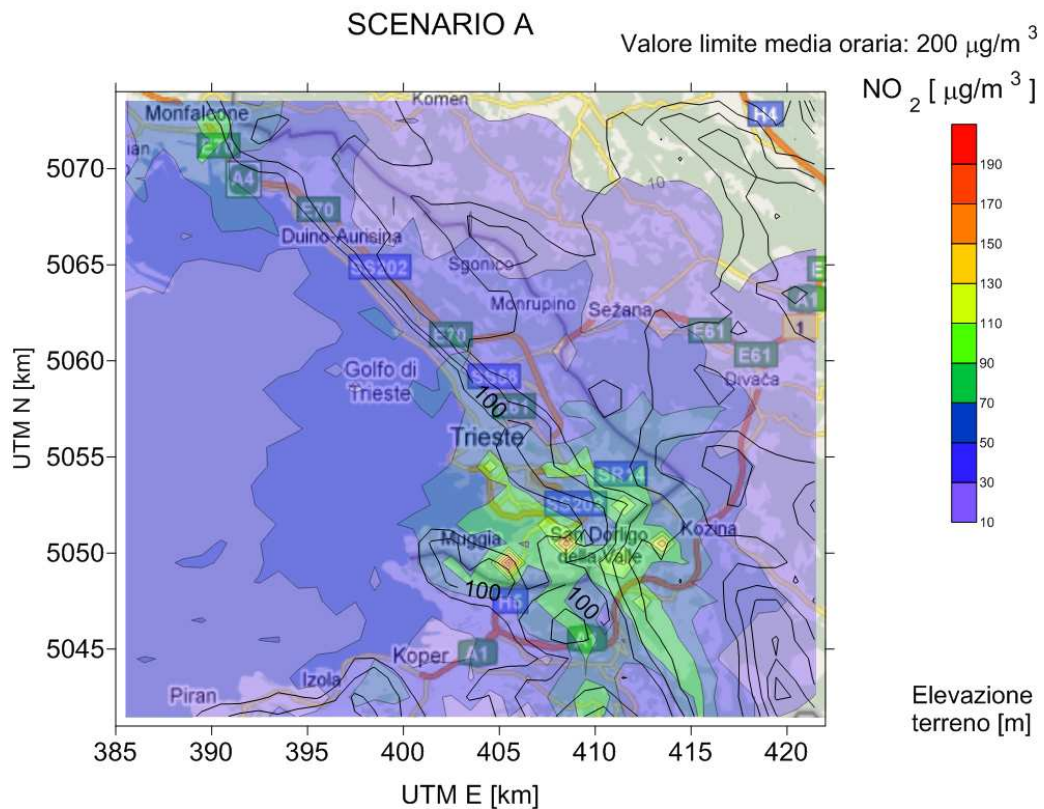


Figura 27: Distribuzione spaziale dei valori massimi delle medie orarie di NO₂ per l'anno 2008. Scenario A.

6.3 Ossidi di azoto NO_x

Si riporta la distribuzione spaziale della media annuale della concentrazione degli ossidi di azoto nella figura 28. La mappa delle concentrazioni è molto simile a quella riportata nella figura 11. I valori massimi sono molto inferiori ai limiti di normativa e insistono in un'area non caratterizzata da una presenza significativa di vegetazione.

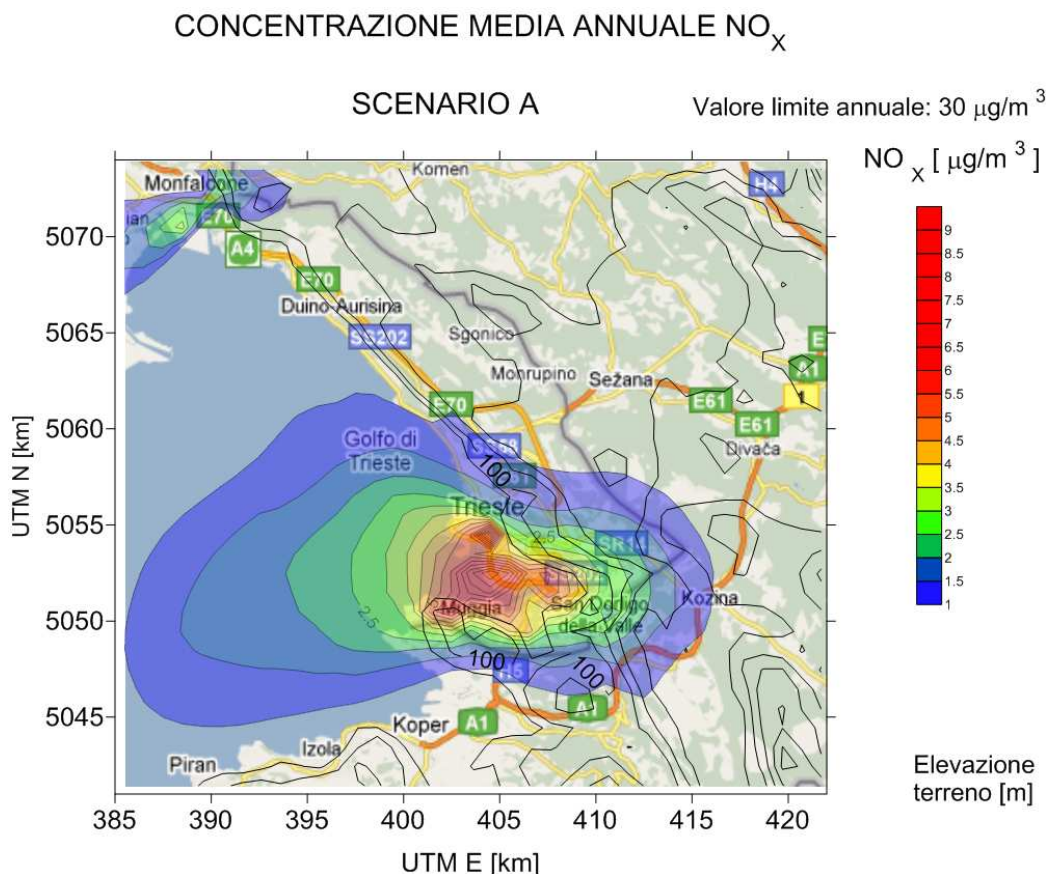


Figura 28: Distribuzione spaziale dei valori medi annui di NO_x per l'anno 2008. Scenario A.

6.4 Particolato PM₁₀

La tabella SA6 contiene i valori medi annuali ai punti recettori, misurati e calcolati. Si osserva che le emissioni industriali relative allo Scenario A contribuiscono in maniera non trascurabile alle concentrazioni totali ai recettori di San Sabba e di Pitacco e in maniera minore a Carpineto e a San Pantaleone. La riduzione, rispetto ai valori dello Scenario Base, appare di entità molto bassa. Il picco massimo della media giornaliera (tabella SA7) mostra superamenti a Pitacco e San Sabba, similmente a quanto osservato per lo Scenario Base. La figura 29 mostra la differenza tra le concentrazioni medie giornaliere ottenute nell'analisi dello Scenario Base e quelle relative allo Scenario A. Si osservano valori molto bassi, non superiori a 2 µg/m³, nelle centraline dove si misurano i livelli più alti di concentrazioni provenienti dagli impianti industriali.

La tabella SA7 mostra valori equivalenti a quelli della tabella SBA8 relativa allo Scenario Base. Le migliorie tecnologiche non appaiono determinanti per la riduzione dei valori di picco delle medie giornaliere.

Riguardo alle distribuzioni spaziali delle concentrazioni (medie annuali e valori di picco delle medie giornaliere) riportate nelle figure 30 e 31, vale la discussione relativa allo Scenario Base. In altre parole, le migliorie apportate non producono un sostanziale abbattimento delle concentrazioni nella zone di insediamento degli impianti industriali.

Stazione	Valore medio annuo misurato [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore medio annuo da Scenario A [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore di riferimento [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Libertà	25	0.25	40
Vico	(n. d.)	0.39	
Carpineto	28	3.39	
S. Pantaleone	(n. d.)	2.67	
S. Sabba	(n. d.)	8.15	
Svevo	29	1.77	
Pitacco	26	7.37	
Muggia	22	0.42	
Koper	29	0.05	

Tabella SA6: Valori medi annui di PM_{10} ai punti recettori. Valori misurati e valori ottenuti nella simulazione per l'anno 2008. Scenario A.

Stazione	Valore massimo della media giornaliera da Scenario A [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore di riferimento giornaliera [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Libertà	2.25	50
Vico	3.02	
Carpineto	39.34	
S. Pantaleone	29.91	
S. Sabba	80.59	
Svevo	17.74	
Pitacco	98.80	
Muggia	3.47	
Koper	0.35	

Tabella SA7: Valori di picco della media giornaliera di PM_{10} ai punti recettori ottenuti nella simulazione per l'anno 2008. Scenario A.

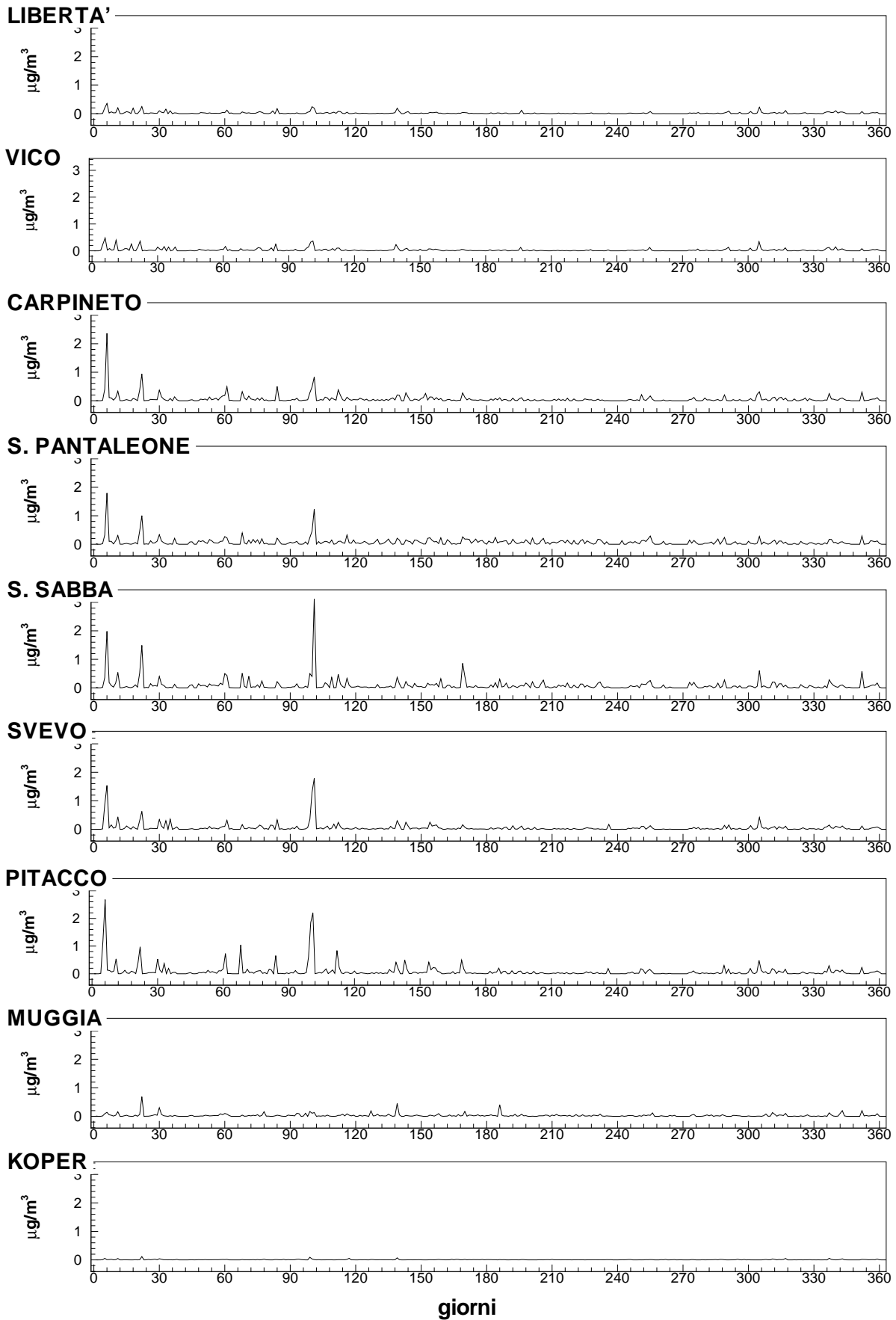


Figura 29: Differenza tra i valori di concentrazione medi giornalieri di PM_{10} ottenuti dallo Scenario Base e dallo Scenario A.

CONCENTRAZIONE MEDIA ANNUALE PM₁₀

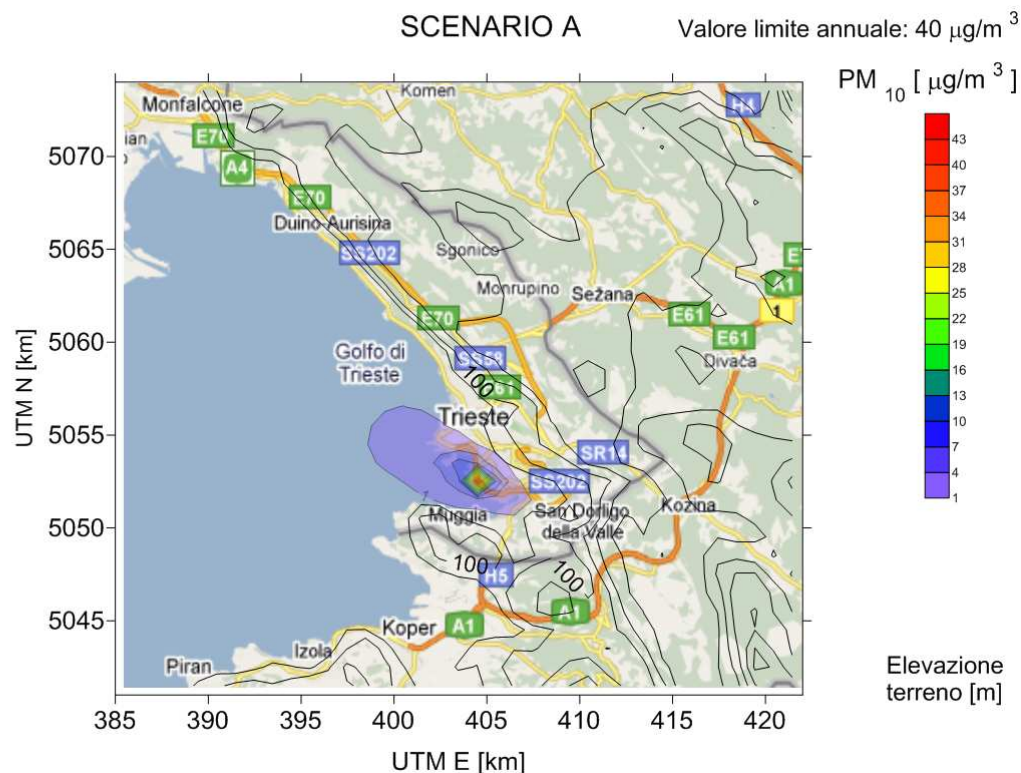


Figura 30: Distribuzione spaziale dei valori medi annui di PM₁₀ per l'anno 2008. Scenario A.

CONCENTRAZIONE MASSIMA GIORNALIERA PM₁₀

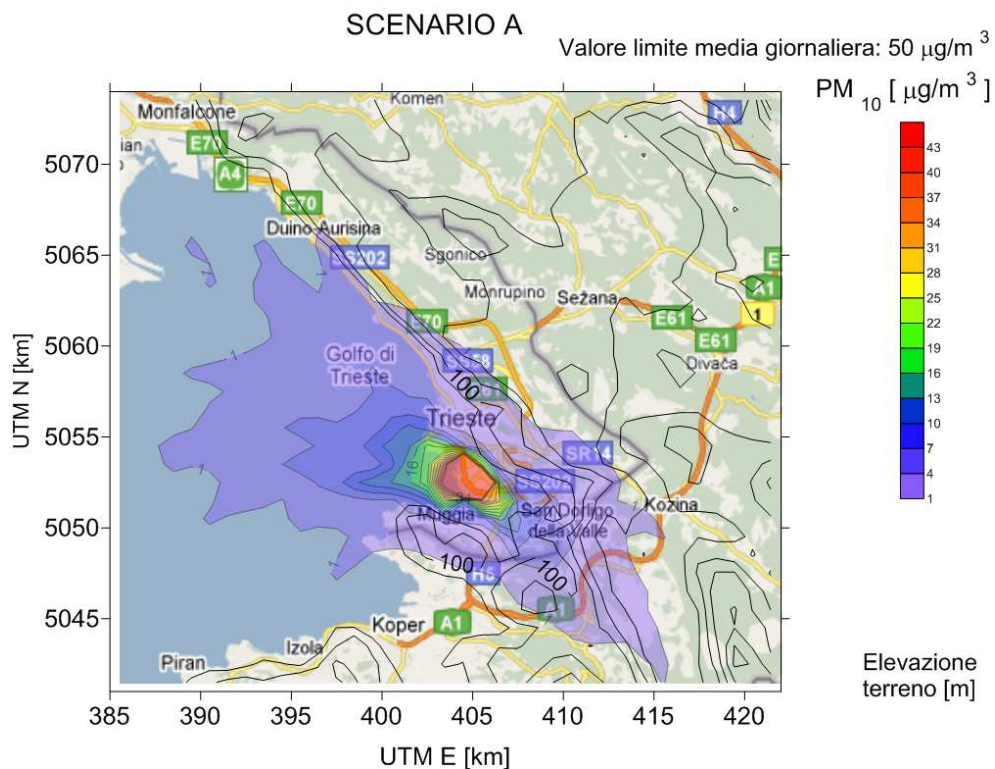


Figura 31: Distribuzione spaziale dei valori massimi della media giornaliera di PM₁₀ per l'anno 2008. Scenario A.

6. 5 Particolato PM_{2.5}

Come discusso nella sezione 5.5, il particolato ultrasottile viene stimato in maniera conservativa moltiplicando le concentrazioni di PM₁₀ per un coefficiente moltiplicativo pari a 0.7. La riduzione di PM_{2.5} che segue dalle migliorie tecnologiche ha quindi lo stesso andamento del PM₁₀ e vale quindi quanto già discusso nella precedente sezione 6.4.

6. 6 Monossido di carbonio CO

La tabella SA8 riporta il valore massimo giornaliero della media mobile su 8 ore per il monossido di carbonio proveniente dagli impianti industriali simulati nello Scenario A. I valori sono sostanzialmente inferiori a quelli calcolati per lo Scenario Base, con riduzioni che arrivano fino al 40-50%. I valori erano comunque molto bassi e ampiamente al di sotto del limite di normativa già nello Scenario Base. L'andamento temporale della differenza del valore massimo giornaliero della media mobile su 8 ore tra i valori dello Scenario Base e quelli dello Scenario A alle posizioni delle centraline sono riportati nella figura 32. Nell'analisi dello Scenario Base si osserva che i valori misurati e i valori calcolati sono confrontabili (e molto bassi) alle centraline di Carpineto, San Sabba e Svevo, cioè a quei punti recettori che risentono molto delle emissioni di tipo industriale. D'altra parte ai recettori posti a notevole distanza dagli insediamenti industriali le concentrazioni calcolate dal modello numerico appaiono molto basse e la differenza con i valori misurati è da attribuirsi alle sorgenti di emissione non industriale.

Le distribuzioni spaziali dei valori medi annui e dei picchi dei valori medi a 8 ore sono riportate rispettivamente nelle figure 33 e 34. Gli andamenti sono simili a quelli discussi in relazione allo Scenario Base, con valori massimi leggermente inferiori.

Stazione	Valore massimo della media mobile su 8 ore da Scenario A [mg/m ³]	Valore di riferimento orario [mg/m ³]
Libertà	0.07	10
Vico	0.09	
Carpineto	0.17	
S. Pantaleone	0.15	
S. Sabba	0.20	
Svevo	0.10	
Pitacco	0.15	
Muggia	0.11	
Koper	0.02	

Tabella SA8: Valori di picco della media mobile su 8 ore di CO ai punti recettori ottenuti nella simulazione per l'anno 2008. Scenario A.

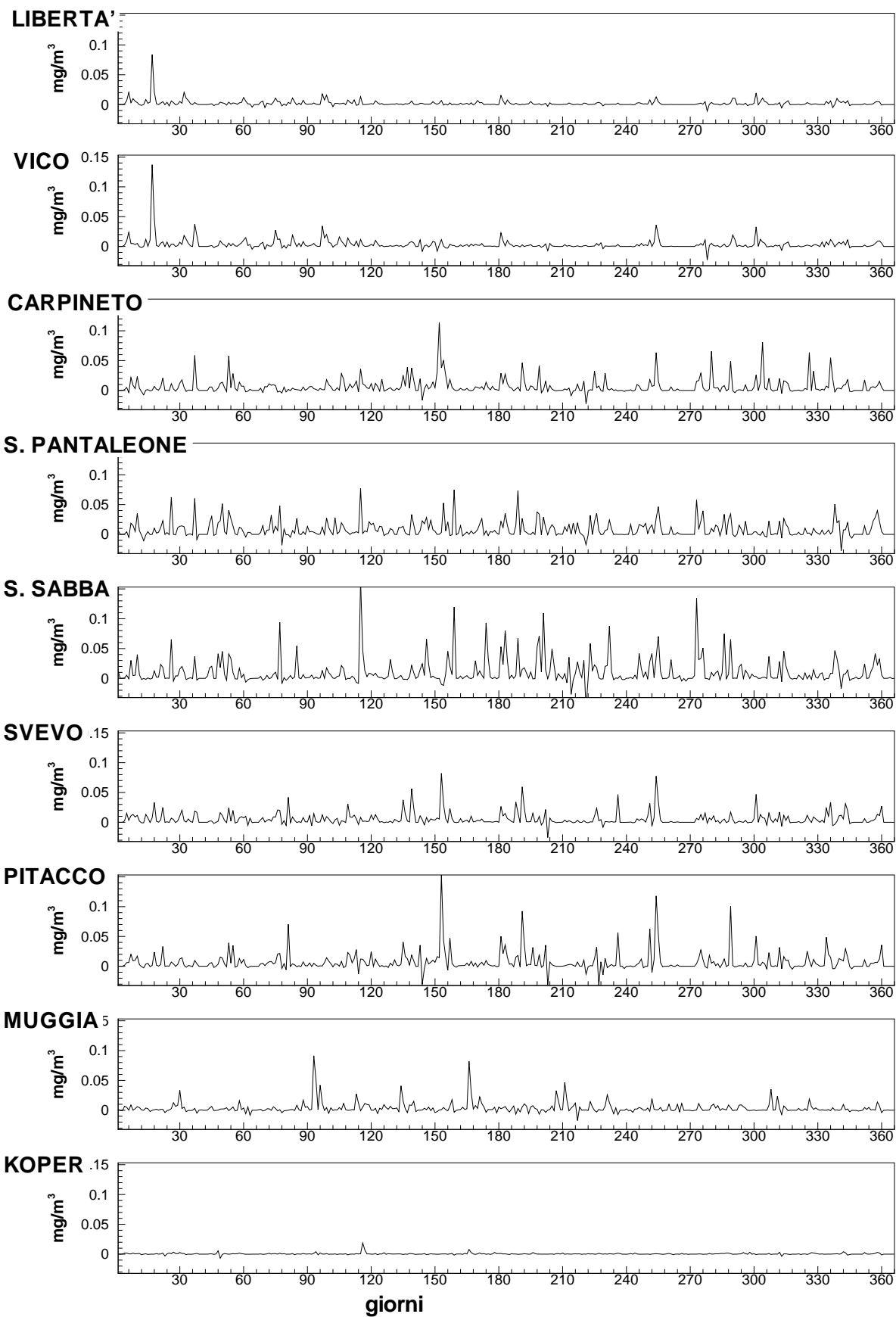


Figura 32: Differenza tra i valori di concentrazione massimi giornalieri della media mobile su 8 ore di CO ottenuti dallo Scenario Base e dallo Scenario A.

CONCENTRAZIONE MEDIA ANNUALE CO

SCENARIO A

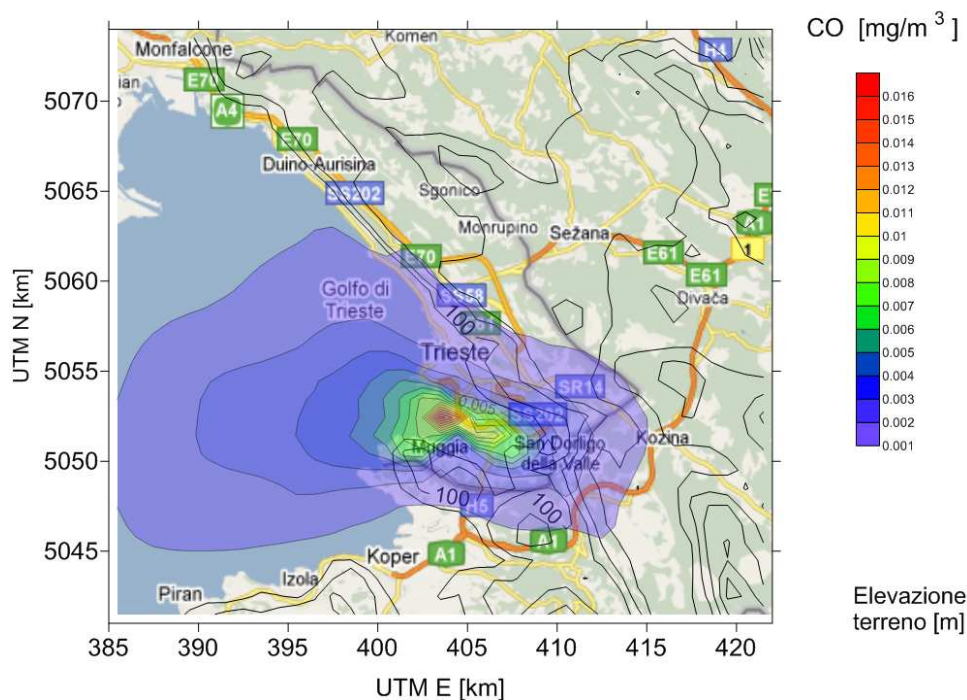


Figura 33: Distribuzione spaziale dei valori medi annui di CO per l'anno 2008. Scenario A.

CONCENTRAZIONE MASSIMA SULLA MEDIA DI 8 ORE

SCENARIO A

Valore limite media su 8 ore: $10 \text{ mg}/\text{m}^3$

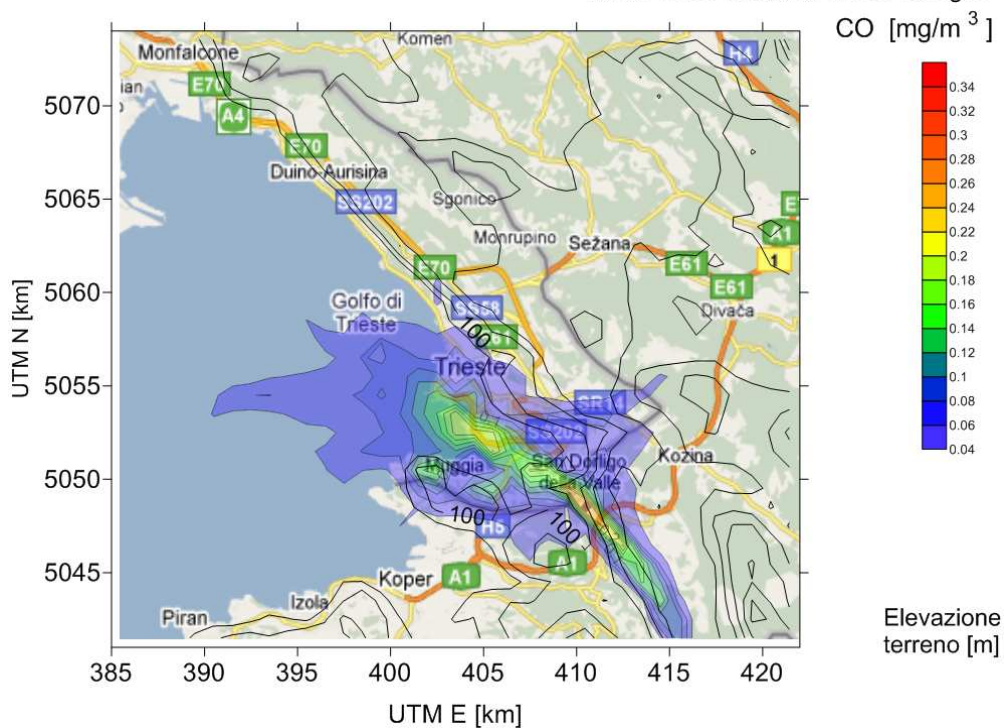


Figura 34: Distribuzione spaziale dei valori massimi della media su 8 ore di CO per l'anno 2008. Scenario A.

6.7 Anidride carbonica CO₂

Riguardo all'anidride carbonica, non ci sono differenze tra l'emissione considerata nello Scenario Base e le emissioni considerate nello Scenario A, quindi vale quanto già discusso nella sezione 5.7.

7. ANALISI DELLO SCENARIO B

Lo Scenario B consiste nella riproduzione di uno scenario ex-post, nel quale si considera il fermo impianto dello stabilimento siderurgico di Servola e la presenza della Centrale Lucchini. Da notare che questo scenario è conservativo nei confronti delle emissioni degli inquinanti, in quanto, in linea con le indicazioni del Ministero, non si considerano le variazioni delle caratteristiche del gas che alimenta la Centrale Termoelettrica Elettra di Servola. Tale Centrale Termoelettrica è al momento alimentata con gas siderurgici che rappresentano un prodotto secondario del ciclo di produzione della ghisa nello stabilimento siderurgico di Servola. Tali gas, come si evince dall'analisi della tabella SBA1 contengono una notevole quantità di SO₂ e di PM₁₀. La conversione della Centrale Termoelettrica Elettra ad una alimentazione a gas naturale comporterebbe l'azzeramento degli ossidi di zolfo e una riduzione del PM₁₀ rispetto ai valori attuali. Una analisi consistente dello scenario ex-post dovrebbe quindi considerare anche la variazione di alimentazione della Centrale Elettra, che necessariamente seguirebbe dal fermo impianto dello stabilimento siderurgico. Inoltre, nella presente analisi non si considera la cessazione del traffico navale associato al funzionamento dello stabilimento siderurgico di Servola. Le emissioni attribuibili a tale sorgente sono quantificate nell'Appendice A (sezione 2) del presente documento.

Le emissioni associate al funzionamento della Centrale Lucchini sono dovute al ciclo principale e al funzionamento di una caldaia ausiliaria. Dato il limitato numero di ore di funzionamento della caldaia ausiliaria ed il valore trascurabile della quantità di inquinanti emessi, nell'analisi long-term, non è stato considerato tale contributo.

I dati di emissione relativi alla presenza della Centrale sono riportati nella sottostante tabella SB1. Riguardo ai dati cinematici, il punto di emissione è posto alle coordinate x=406.152 Km, y=5051.525 Km (UTM, WGS-84), il camino ha un'altezza di 55 metri, diametro pari a 6.1 metri. L'emissione avviene ad una velocità pari a 25.3 m/s con una temperatura di 95 °C. I dati cinematici ed i dati di emissioni riportati nella tabella SB1 sono stati forniti dal Costruttore.

	CO [t/a]	NO _x [t/a]	SO ₂ [t/a]	PM ₁₀ [t/a]	Velocità fumi [m/s]
Centrale Lucchini	288.0	277	0.0	9.97	25.3

Tabella SB1: Emissioni in tonnellate/anno della Centrale Lucchini, ottenute sulla base delle caratteristiche di progetto della stessa. Scenario B.

7.1 Biossido di zolfo SO₂

La figura 35 contiene la differenza delle medie orarie di concentrazioni di SO₂, tra lo Scenario A e lo Scenario B in corrispondenza dei punti recettori. La figura quindi mostra gli effetti migliorativi che

seguono dall'azzeramento delle emissioni di SO₂ provenienti dallo stabilimento siderurgico di Servola.

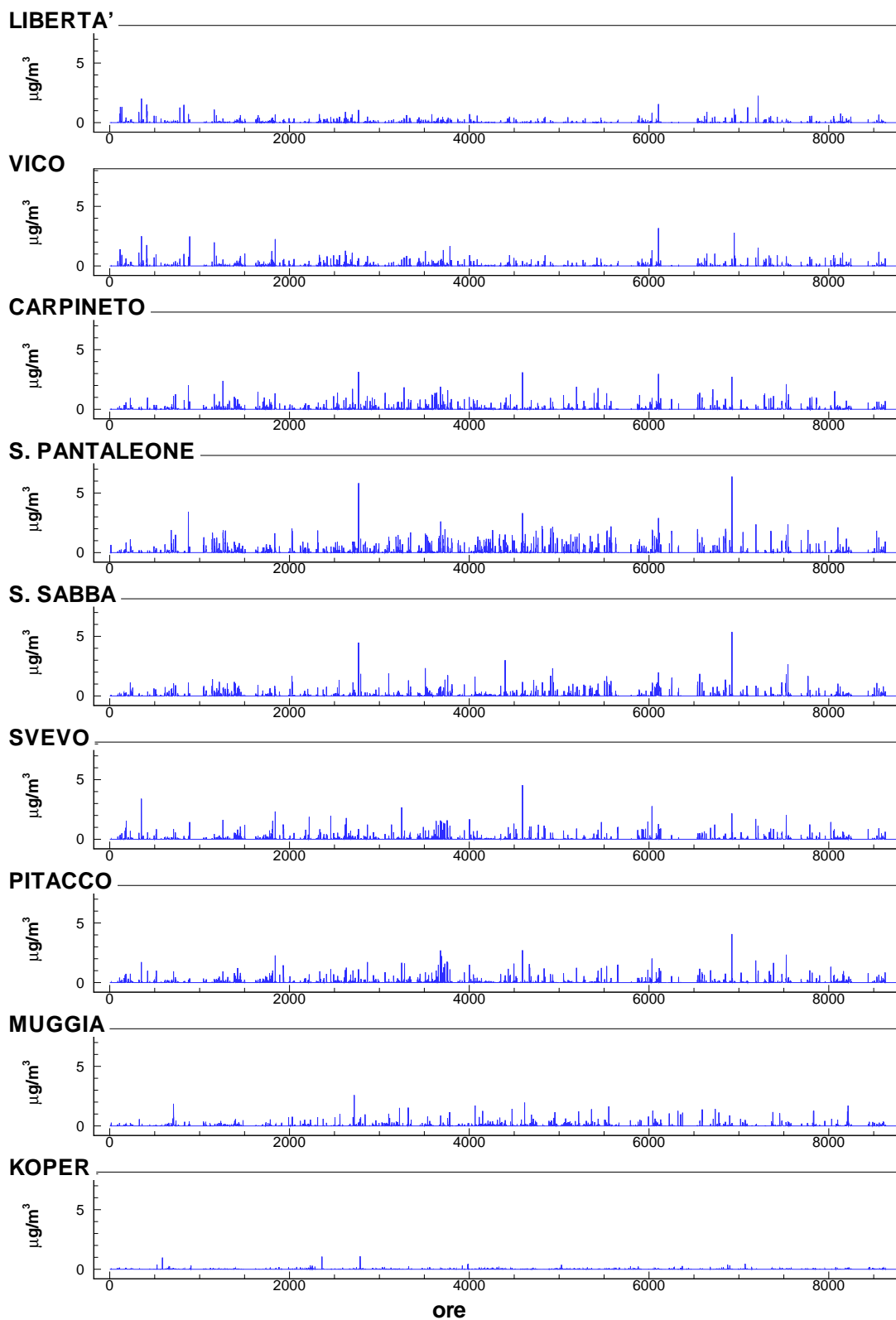


Figura 35: Differenza tra i valori di concentrazione medi orari di SO₂ ottenuti dallo Scenario A e dallo Scenario B per l'anno 2008. Valori positivi indicano una riduzione di concentrazioni.

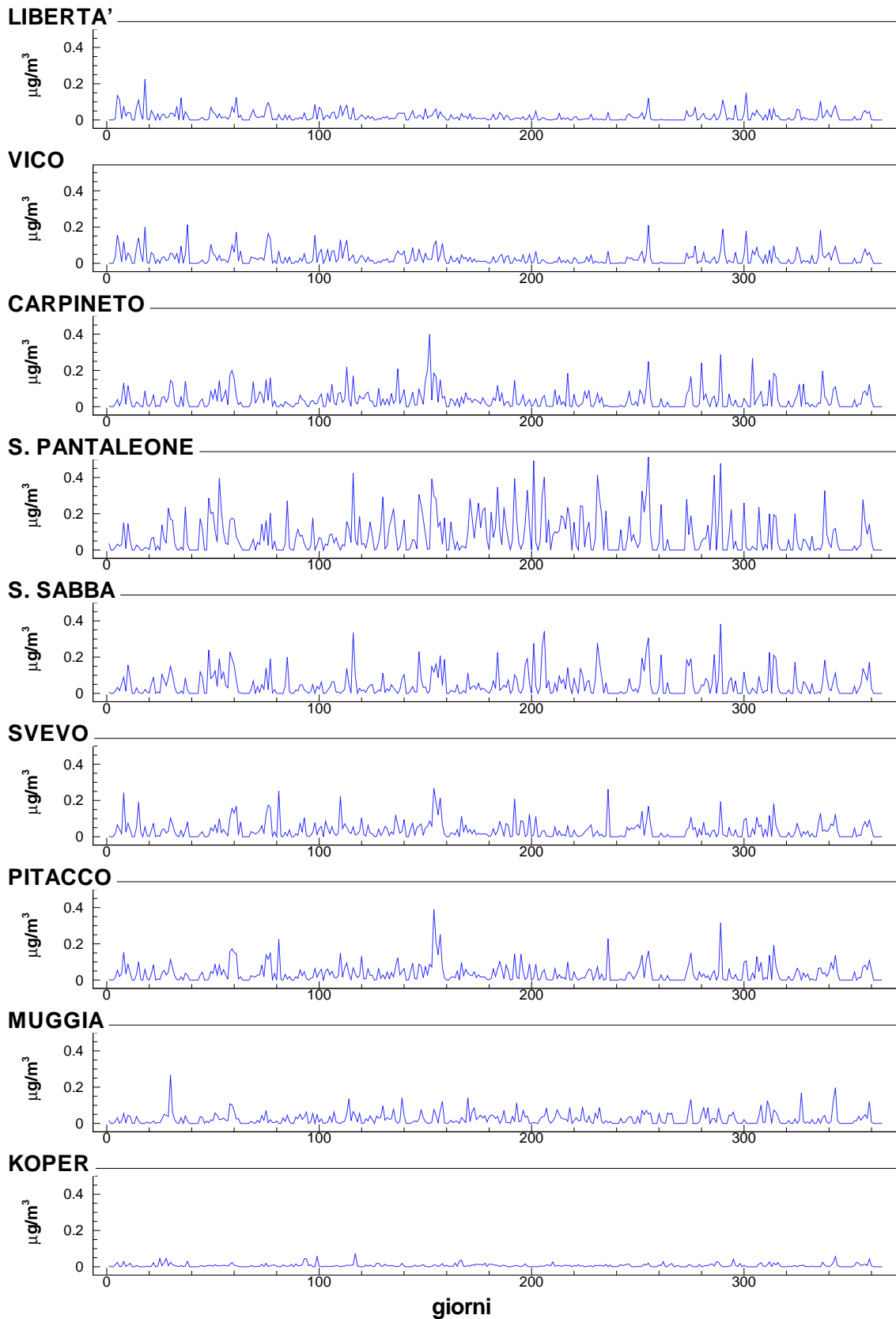


Figura 36: Differenza tra i valori di concentrazione medi giornalieri di SO_2 ottenuti dallo Scenario A e dallo Scenario B per l'anno 2008. Valori positivi indicano una riduzione di concentrazioni.

Dalla figura si evince che l'effetto è presente seppure di entità minima, e quindi si può concludere che, nei riguardi del panorama di emissioni industriali presenti nella zona industriale di Trieste, l'SO₂ emesso dallo stabilimento siderurgico di Servola contribuisce in maniera secondaria.

In particolare nella figura 35 si osservano riduzioni massime della media oraria pari a circa 5 µg/m³. Il comportamento è simile per la variazione delle medie giornaliere mostrate nella figura 36. In questo caso le riduzioni massime sono dell'ordine di 0.5 µg/m³. Tale risultato è consistente con il quadro di emissioni riportato nelle tabelle SBA1 e SBA2. L'analisi mostra che la quantità di SO₂ emessa dallo stabilimento di Servola è pari a circa il 7% delle emissioni totali del comparto industriale della zona di Trieste in relazione allo Scenario Base, e circa pari al 4% in relazione allo Scenario A.

Stazione	Valore medio annuo da Scenario B [µg/m ³]	Valore medio invernale Da Scenario B [µg/m ³]	Valore di riferimento [µg/m ³]
Libertà	0.49	0.62	20
Vico	0.71	0.86	
Carpineto	1.99	2.19	
S. Pantaleone	2.98	3.06	
S. Sabba	3.98	3.44	
Svevo	1.36	1.55	
Pitacco	1.90	1.94	
Muggia	0.89	0.77	
Koper	0.18	0.18	

Tabella SB2: Valori medi annui ed invernali di SO₂ ai recettori della simulazione per l'anno 2008. Scenario B.

Stazione	Valore massimo della media oraria da Scenario B [µg/m ³]	Valore di riferimento orario [µg/m ³]	Valore massimo della media giornaliera da Scenario B [µg/m ³]	Valore di riferimento giornaliero [µg/m ³]
Libertà	77.9	350	3.83	125
Vico	51.2		5.52	
Carpineto	92.7		31.11	
S. Pantaleone	172.5		49.00	
S. Sabba	169.34		29.39	
Svevo	83.31		14.86	
Pitacco	63.75		16.42	
Muggia	85.44		9.02	
Koper	20.54		1.56	

Tabella SB3: Valori di picco orari e giornalieri di SO₂ ai punti recettori ottenuti nella simulazione per l'anno 2008. Scenario B.

La tabella SB2 riporta i valori medi annui e i rispettivi valori invernali come calcolati con il modello numerico ai punti recettori. Il confronto con la tabella SA2 mostra che la riduzione nei valori medi annuali è molto bassa.

La tabella SB3 riporta i valori di picco della media oraria e della media giornaliera calcolati in corrispondenza dei punti recettori. Tali valori sono ancora meno influenzati dalla riconversione industriale ipotizzata nello Scenario B.

Bisogna comunque osservare che i valori calcolati sono in tutti i casi notevolmente inferiori ai limiti di normativa e, come anche evidenziato in [2], le concentrazioni di SO₂ nell'area di Trieste si mantengono sempre al di sotto dei valori di normativa.

Il discorso è analogo nei riguardi delle distribuzioni spaziali dei valori di picco della media oraria e della media giornaliera, rispettivamente mostrati nelle figure 37 e 38 le quali appaiono molto simili alle rispettive figure 6 e 7 mostrate per lo Scenario Base e alle figure 23 e 24 relative allo Scenario A.

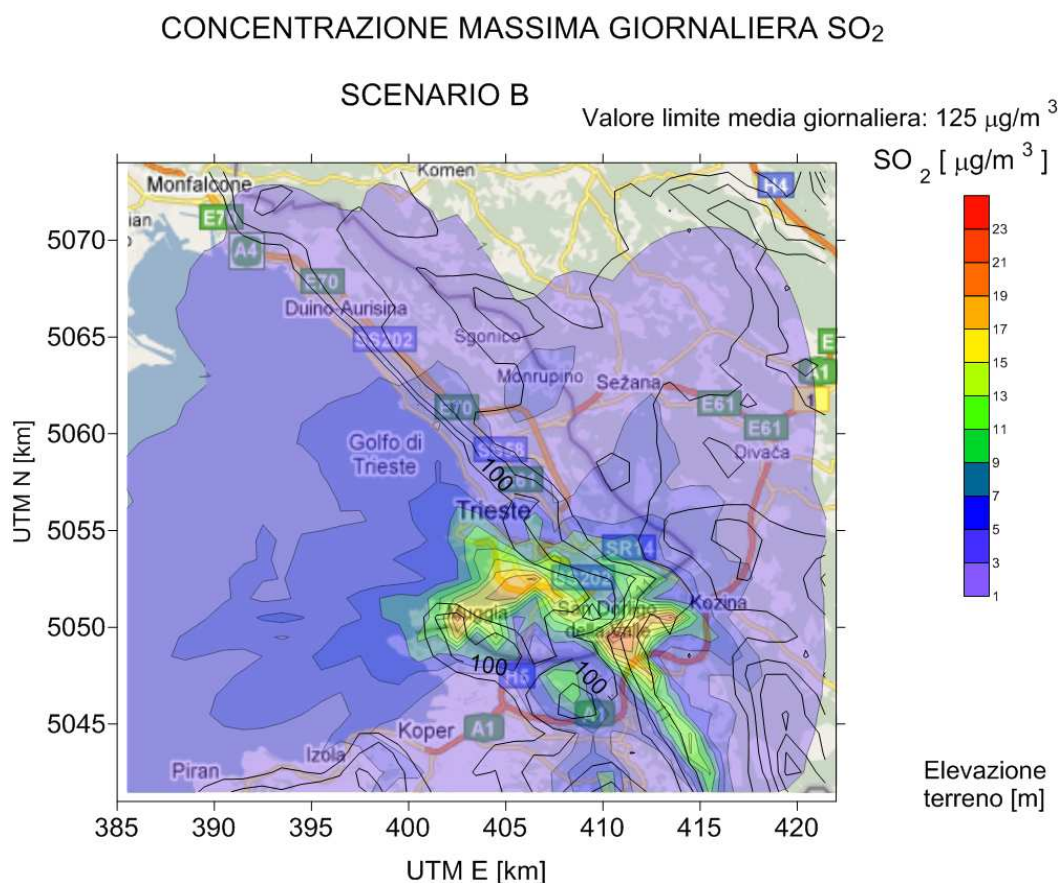


Figura 37: Distribuzione spaziale dei valori massimi su 24 ore di SO₂ per l'anno 2008. Scenario B.

CONCENTRAZIONE MASSIMA ORARIA SO₂

SCENARIO B

Valore limite media oraria: 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

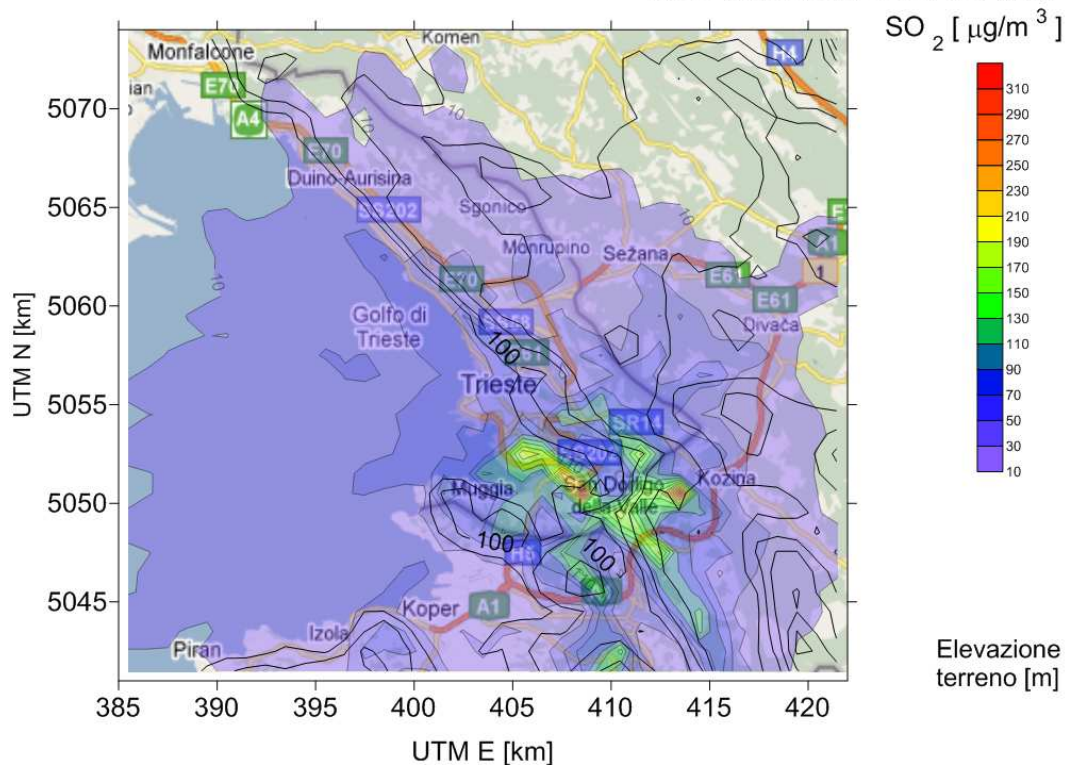


Figura 38: Distribuzione spaziale dei valori massimi della media oraria di SO₂ per l'anno 2008. Scenario B.

7.2 Biossido di azoto NO₂

La figura 39 riporta la differenza delle medie orarie di concentrazioni di NO₂, tra lo Scenario A e lo Scenario B in corrispondenza dei punti recettori. Si osservano variazioni molto basse (con valori di picco dell'ordine di 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ai recettori lontani dalla zona industriale dove si era già osservato che le concentrazioni di inquinanti sono da attribuire principalmente a fonti non industriali. Le variazioni sono più importanti in corrispondenza dei punti recettori siti nelle zone limitrofe agli impianti industriali. In particolare, si osservano riduzioni di picchi di concentrazione orari dell'ordine di 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ alle centraline di Pitacco, Svevo, Carpineto, S. Sabba, S. Pantaleone. Per le ultime due citate le riduzioni sono osservate con frequenza molto alta. Riduzioni molto basse con un unico valore di picco di circa 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sono osservabili al recettore di Muggia. Tale comportamento si spiega dall'analisi delle emissioni del comparto industriale. Infatti, gli impianti industriali della tabella SBA1 contribuiscono con circa 1,900 tonnellate/anno di NO_x, lo stabilimento siderurgico Servola della Lucchini come riprodotto nello Scenario Base contribuisce con circa 600 tonnellate/anno di NO_x, che è un valore pari a circa il 25% del valore totale, e un contributo simile deriva dallo Scenario A. La Centrale Lucchini, contribuendo con 277 tonnellate/anno, fornisce un

valore quasi dimezzato di emissioni di NO_x, rispetto allo Scenario A e contribuisce con circa il 12% delle emissioni totali.

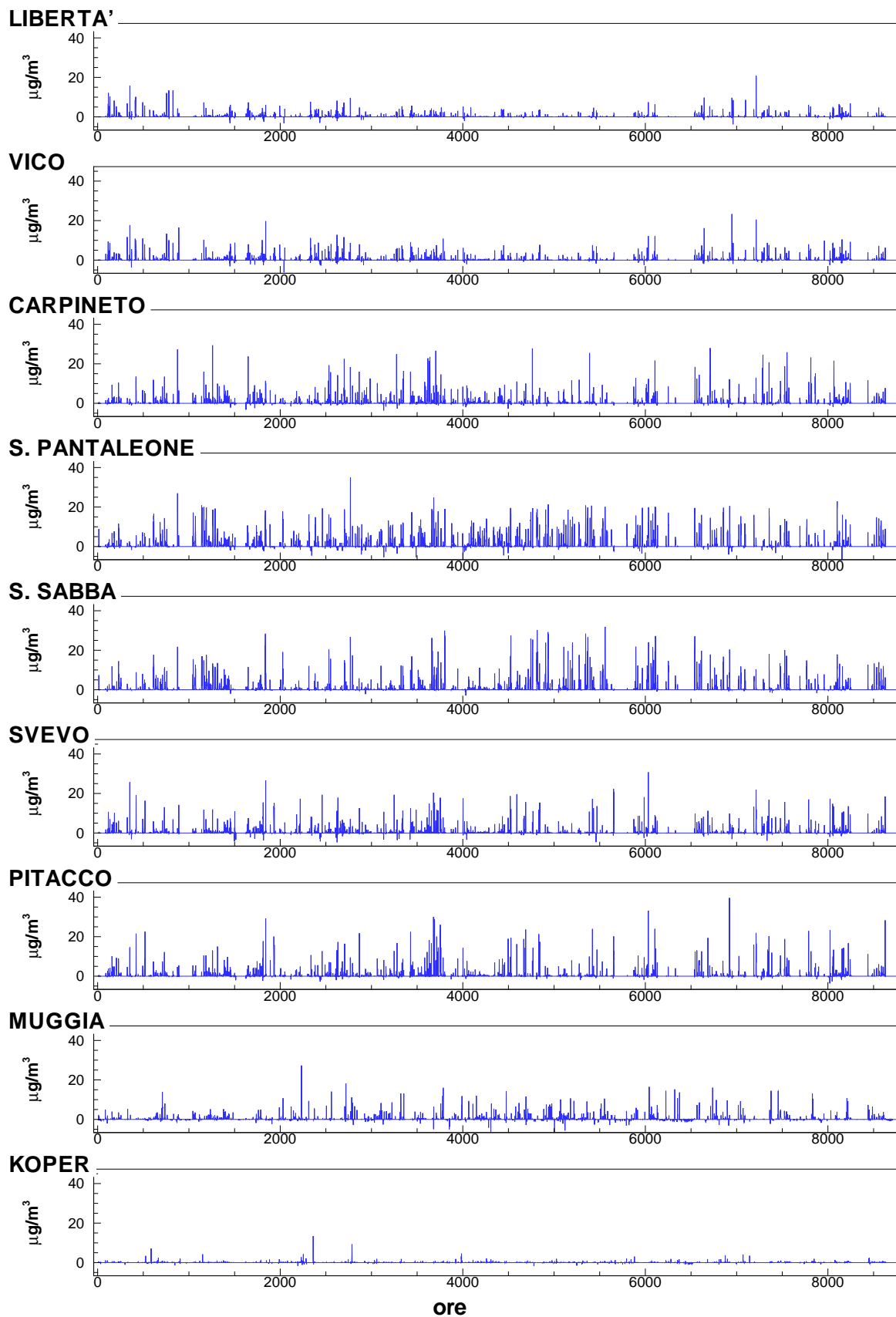


Figura 39: Differenza tra i valori di concentrazione medi orari di NO₂ ottenuti dallo Scenario A e dallo Scenario B per l'anno 2008.

La distribuzione spaziale della media annuale di NO₂ (figura 40) appare simile a quella mostrata in figura 26, relativa allo Scenario A. Oltre alla diminuzione dei valori massimi, si osserva una generale riduzione della zona influenzata da valori di concentrazioni apprezzabili.

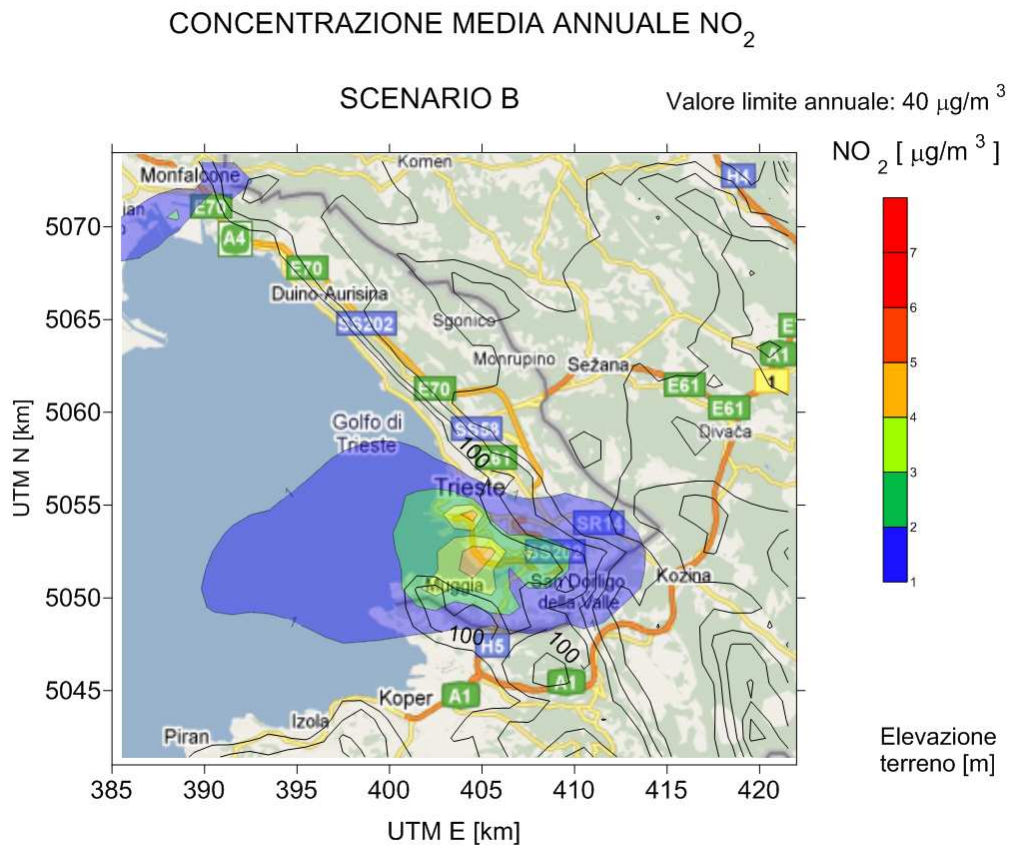


Figura 40: Distribuzione spaziale dei valori medi annui di NO₂ ottenuti nella simulazione per l'anno 2008. Scenario B.

La distribuzione spaziale dei valori di picco delle medie orarie (figura 41) mostra valori molto elevati seppure sempre inferiori ai valori limite di normativa nelle immediate vicinanze dei punti di emissione. Rispetto allo Scenario A (figura 27) si riduce sostanzialmente la parte di territorio interessata da valori elevati (dell'ordine di 80 -100 µg/m³) di concentrazioni di NO₂. nella parte della città di Trieste che si sviluppa intorno alla zona industriale e nella zona di Muggia.

La tabella SB4 riporta i valori medi annuali ottenuti dalla simulazione dello Scenario B e gli stessi valori sommati alle concentrazioni di fondo calcolati come descritto nella sezione 4 del presente documento. Si osserva un'ulteriore riduzione di NO₂ rispetto allo Scenario A in corrispondenza di tutti i recettori (si confronti con i valori di tabella SA4). Per i valori totali (ottenuti dallo Scenario B sommati alle concentrazioni di fondo) si osservano due superamenti, uno al recettore Libertà ed uno al recettore San Pantaleone. Da notare che in entrambi i casi i valori di NO₂ provenienti dal comparto industriale costituiscono una percentuale molto esigua delle concentrazioni totali. In particolare i superamenti si avrebbero anche senza considerare il contributo del comparto

industriale. Tali superamenti sono da imputare ad emissioni di tipo non industriali. Nonostante i superamenti, la riconversione industriale ipotizzata nel presente scenario ridurrebbe i valori di picco delle concentrazioni rispetto alla situazione attuale.

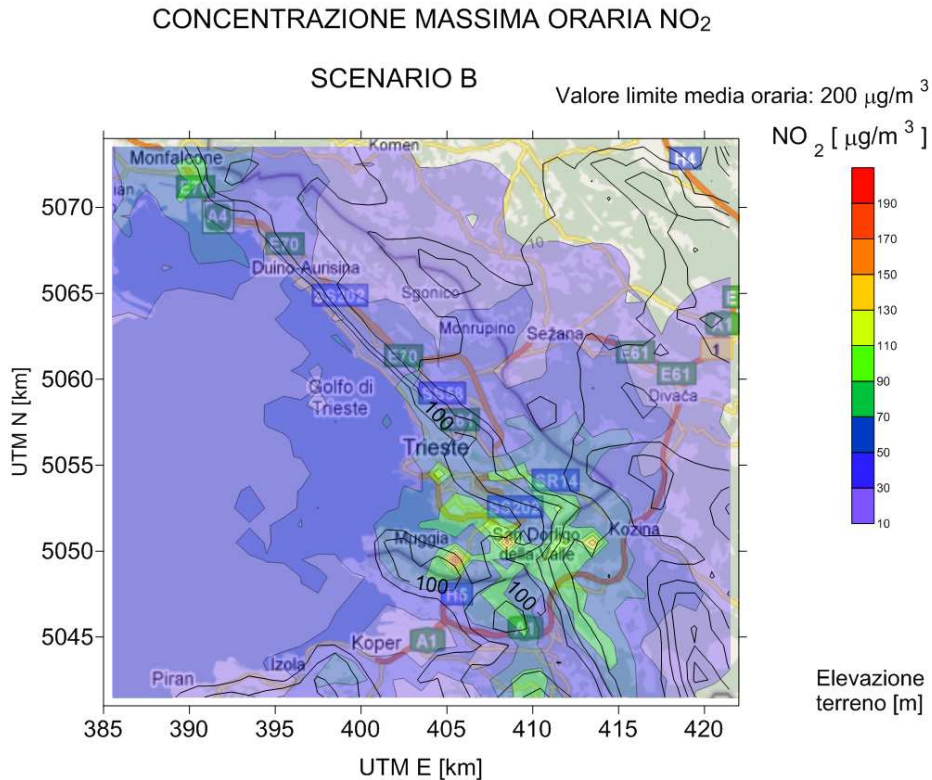


Figura 41: Distribuzione spaziale dei valori massimi della media oraria di NO₂ ottenuti nella simulazione per l'anno 2008. Scenario B.

Stazione	Valore medio annuo da Scenario B senza fondo [µg/m ³]	Valore medio annuo da Scenario B con fondo [µg/m ³]	Valore di riferimento [µg/m ³]
Libertà	0.91	58.38	40
Vico	1.49	32.43	
Carpineto	3.03	37.16	
S. Pantaleone	3.92	47.05	
S. Sabba	5.03	38.10	
Svevo	3.18	37.39	
Pitacco	3.07	29.41	
Muggia	4.70	31.63	
Koper	0.32	20.93	

Tabella SB4: Valori medi annui di NO₂ ai punti recettori della simulazione per l'anno 2008. Valori senza e con le concentrazioni di fondo. Scenario B.

La tabella SB5 riporta i valori di picco della media oraria, ottenuti dalla simulazione dello Scenario B e gli stessi sommati ai valori delle concentrazioni di fondo. Come osservato per la media annuale, anche per i valori di picco orari si osserva una riduzione rispetto allo Scenario A ex-ante (tabella SA5). Inoltre, si osserva che si registra un superamento dei valori limite di normativa solamente al punto recettore di San Pantaleone. Da considerare comunque che questo superamento (si veda figura 42) è relativo ad un unico valore in un periodo particolarmente critico dell'anno 2008, caratterizzato da forte inversione termica e calma di vento per circa una settimana.

Stazione	Valore massimo della media oraria da Scenario B senza il fondo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore massimo della media oraria da Scenario B con il fondo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore di riferimento orario [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Libertà	63.09	173.69	200
Vico	53.93	106.58	
Carpineto	68.95	129.36	
S. Pantaleone	82.79	213.14	
S. Sabba	82.38	122.21	
Svevo	64.18	140.13	
Pitacco	56.68	104.65	
Muggia	79.90	161.71	
Koper	26.45	69.12	

Tabella SB5: Valori di picco di NO_2 ai punti recettori ottenuti nella simulazione per l'anno 2008. Valori senza e con le concentrazioni di fondo. Scenario B.

La figura 42 riporta le concentrazioni medie orarie di NO_2 lungo l'anno di riferimento, ottenute sommando ai valori calcolati per lo Scenario B, i valori di fondo calcolati come descritto nella sezione 4 del presente documento. Dal confronto tra la figura 41 e la figura 8 si osserva che lo scenario di emissioni che seguirebbe dal fermo impianti dello stabilimento siderurgico e dalla messa in opera della Centrale Lucchini, produrrebbe una diminuzione notevole delle concentrazioni di NO_2 in corrispondenza di tutte le centraline considerate, eliminando gran parte dei superamenti registrati durante l'anno. Lo Scenario B di fatto produrrebbe un unico superamento, presso il recettore di San Pantaleone, superamento associato ad un evento meteorologico particolarmente severo ed inusuale.

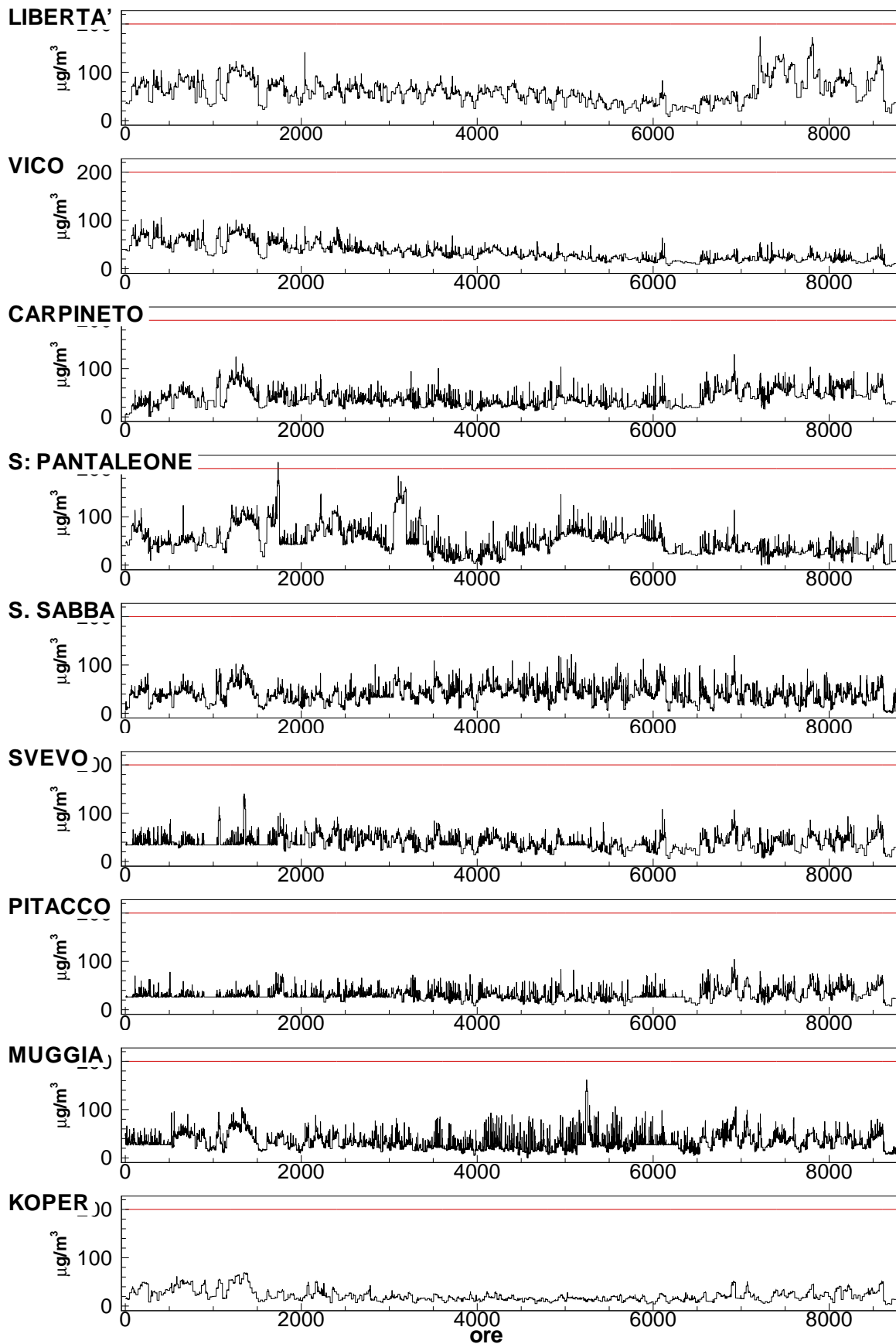


Figura 42: Valori di concentrazione medi orari di NO_2 ai punti recettori per l'anno 2008 sommati alle concentrazioni di fondo calcolate come descritto nella sezione 4. Scenario B.

7.3 Ossidi di azoto NO_x

La figura 43 riporta la distribuzione spaziale della media annuale degli ossidi di azoto in relazione allo Scenario B. Si osserva una lieve generale riduzione delle concentrazioni nell'area circostante la zona industriale rispetto allo Scenario A (figura 28). I valori massimi sono inferiori al 30% dei valori di soglia. In questo caso non può essere considerato l'effetto cumulativo con le emissioni di fondo in quanto non sono disponibili valori misurati di NO_x.

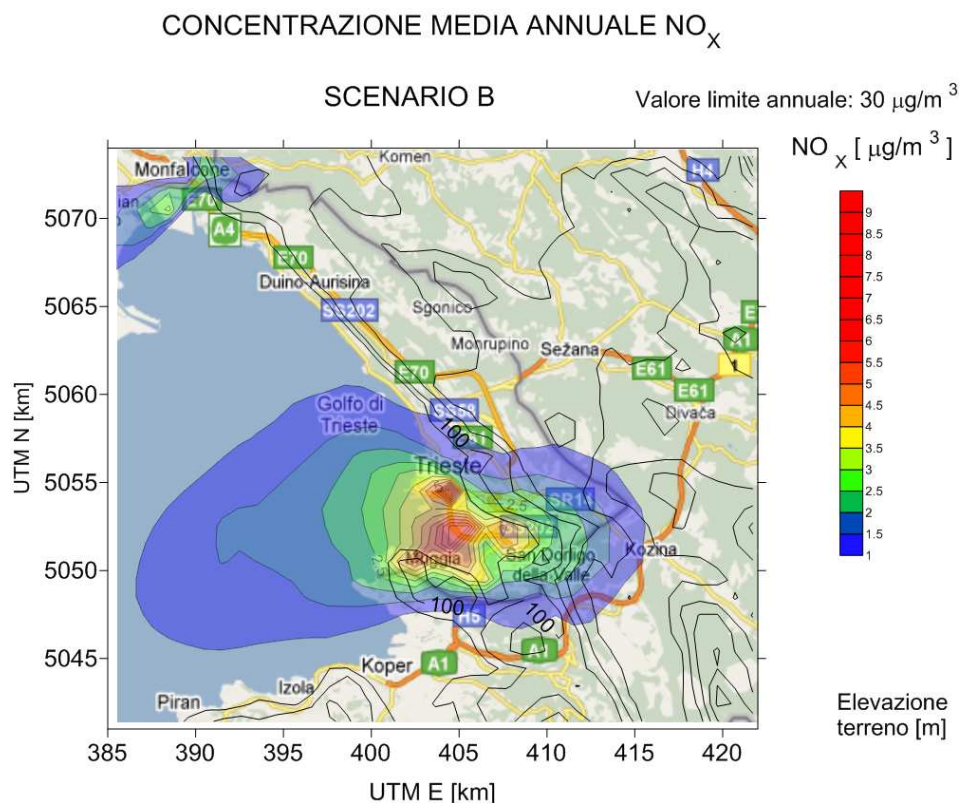


Figura 43: Distribuzione spaziale dei valori medi annui di NO_x per l'anno 2008. Scenario B.

7.4 Particolato PM₁₀

La figura 44 mostra l'andamento temporale delle medie giornaliere del particolato PM₁₀ ai punti recettori. In particolare, la figura riporta i dati già mostrati relativi allo Scenario A e i nuovi dati relativi allo Scenario B. Si osserva che la dismissione dello stabilimento siderurgico di Servola a favore della Centrale Lucchini non produce effetti significativi ai recettori Libertà, Vico, Muggia e in territorio transfrontaliero. Come già osservato, a quei recettori le concentrazioni di inquinanti derivano da sorgenti non industriali. Al contrario, in corrispondenza delle 5 centraline poste in aree limitrofe alla zona industriale, la riconversione produrrebbe una forte riduzione delle concentrazioni di particolato provenienti dal comparto industriale.

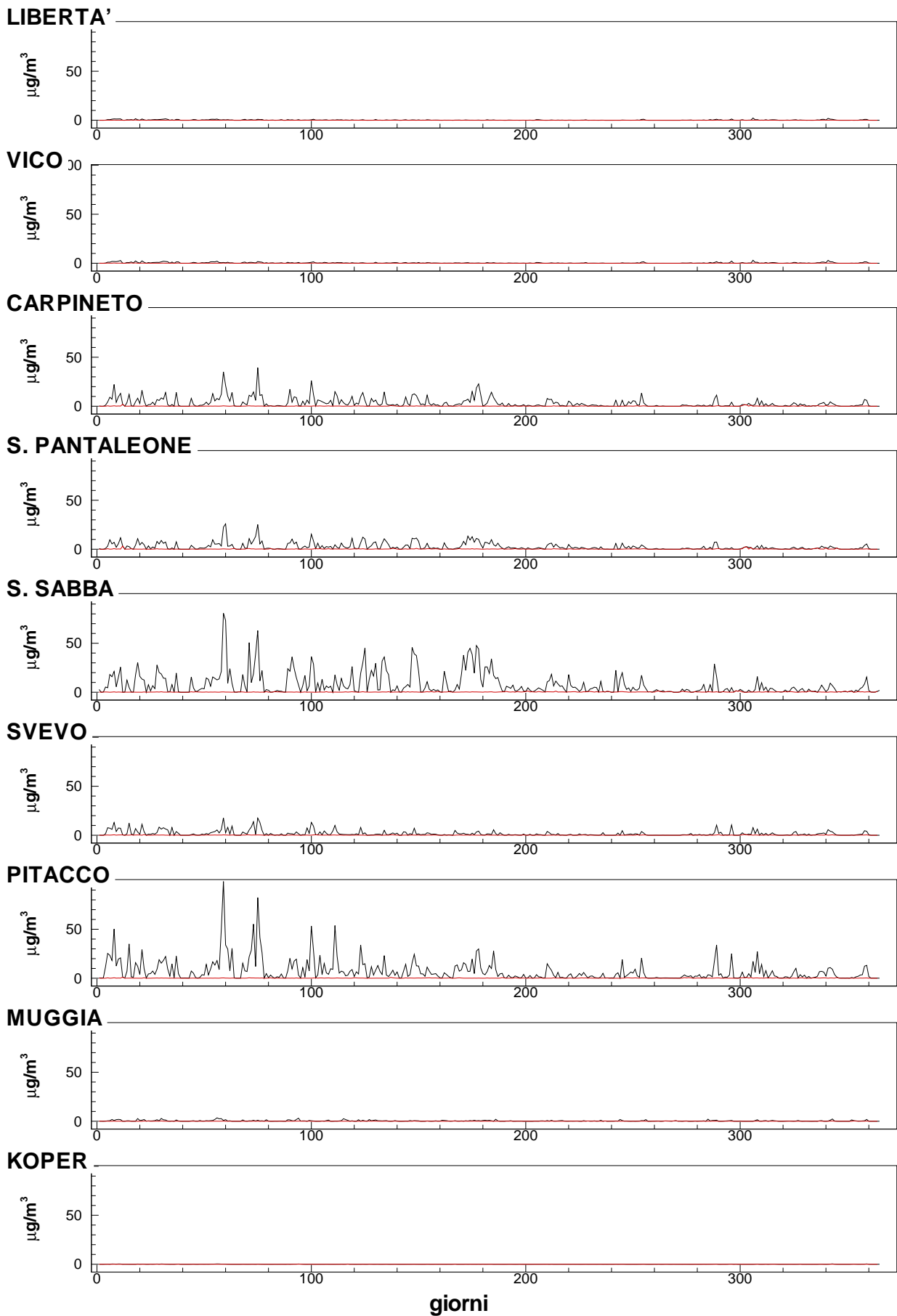


Figura 44: Concentrazioni medie giornaliere di PM_{10} ottenute nella simulazione dello Scenario A (linee nere) e nella simulazione dello Scenario B (linee rosse) per l'anno 2008.

L'analisi della figura 44 mostra quindi che lo stabilimento siderurgico di Servola contribuisce in maniera sostanziale all'inquinamento da particolato e che la riconversione comporterebbe una drastica riduzione delle concentrazioni di particolato nell'area cittadina che si sviluppa intorno allo stabilimento. Infine, in numero di superamenti che si erano osservati nel caso A, dovuti al solo comparto industriale viene azzerato, in quanto nel caso B, nessun superamento del valore limite della media giornaliera pari a $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ è dovuto alle emissioni industriali.

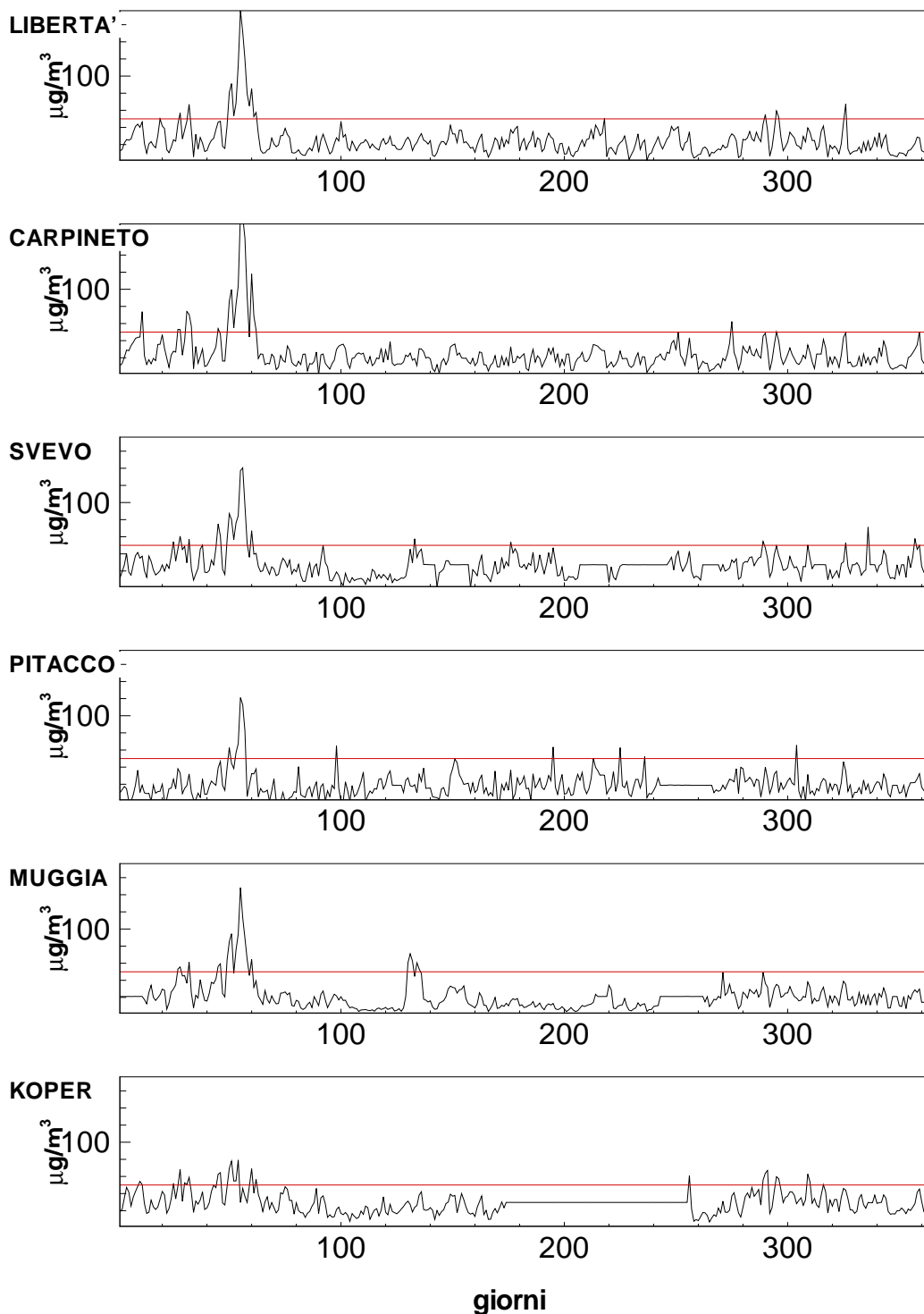


Figura 45: Valori di concentrazione medi giornalieri di PM_{10} per l'anno 2008 ottenuti nella simulazione e sommati alle concentrazioni di fondo calcolate come descritto nella sezione 4. Scenario B.

La figura 45 contiene l'andamento lungo l'anno di riferimento delle concentrazioni di PM₁₀, ricavate sommando le concentrazioni ottenute nello Scenario B alle concentrazioni di fondo ottenute come descritto nella sezione 4. I notevoli superamenti osservati nel periodo di eccezionale stabilità atmosferica del febbraio 2008 (figura 12), sarebbero ancora presenti, anche se con valori di picco inferiori. Tali superamenti sono da attribuire soprattutto al traffico veicolare, al riscaldamento domestico e comunque a sorgenti non industriali. Infatti, i risultati del presente studio mostrano che le concentrazioni di PM₁₀ provenienti dal comparto industriale sarebbero estremamente basse nello scenario di emissioni B. L'analisi delle figure 45 e 12, mostra che lo Scenario B ridurrebbe drasticamente il numero di superamenti registrati alle centraline site in prossimità della zona industriale di Trieste.

La tabella SB6 mostra i valori medi annuali delle concentrazioni di PM₁₀ derivanti dallo Scenario B, senza e con concentrazioni di fondo. Si osservi la drastica riduzione dei valori medi associati al comparto industriale rispetto allo Scenario A (si confronti la tabella SB6 con la tabella SA6). Inoltre, l'analisi dei valori medi annui ottenuti sommando le concentrazioni di fondo mostra che a nessuno dei punti recettori si produrrebbero superamenti dei valori di normativa.

Stazione	Valore medio annuo Scenario B senza fondo [µg/m ³]	Valore medio annuo da Scenario B con fondo [µg/m ³]	Valore di riferimento [µg/m ³]
Libertà	0.03	24.74	40
Vico	0.05	(n. d.)	
Carpineto	0.14	24.26	
S. Pantaleone	0.22	(n. d.)	
S. Sabba	0.28	(n. d.)	
Svevo	0.12	27.33	
Pitacco	0.14	19.33	
Muggia	0.06	21.14	
Koper	0.01	29.67*	

Tabella SB6: Valori medi annui di PM₁₀ ai recettori della simulazione dello Scenario B. Il termine n.d. indica che non sono disponibili i valori per l'inquinante al punto recettore. *Valore calcolato considerando solamente le misure invernali in quanto assenti le misure nel periodo estivo.

La tabella SB7 riporta i valori di picco della media giornaliera calcolata ai punti recettori. Si osserva che i valori provenienti dal comparto industriale sono estremamente bassi. I superamenti registrati ai punti recettori sono quindi da attribuire alle emissioni non industriali.

Stazione	Valore massimo della media giornaliera da Scenario B senza fondo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore massimo della media giornaliera da Scenario B con fondo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore di riferimento giornaliero [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Libertà	0.27	176.38	50
Vico	0.34	(n. d.)	
Carpineto	1.95	190.09	
S. Pantaleone	3.25	(n. d.)	
S. Sabba	1.46	(n. d.)	
Svevo	0.89	140.53	
Pitacco	1.06	121.18	
Muggia	0.54	148.29	
Koper	0.12	79.19	

Tabella SB7: Valori di picco della media giornaliera di PM_{10} ai punti recettori nella simulazione per l'anno 2008. Valori senza e con valori di fondo. Il termine n.d. indica che non sono disponibili i valori delle misure dell'inquinante al punto recettore. Scenario B.

Le figure 46 e 47 riportano rispettivamente la distribuzione spaziale dei valori medi annui e dei valori di picco massimi giornalieri della concentrazione di PM_{10} proveniente dal comparto industriale. Nello Scenario A (figure 30 e 31 del presente documento) si osservavano valori medi annuali superiori al valore limite di normativa in una zona limitata corrispondente al luogo di insediamento dello stabilimento siderurgico Lucchini. Valori elevati dei massimi giornalieri erano stati osservati in una zona che si sviluppa intorno allo stabilimento siderurgico e in direzione sud-ovest. Valori apprezzabili dei massimi giornalieri erano osservati anche nell'abitato di Muggia.

La riconversione industriale discussa in questo paragrafo comporterebbe un abbattimento drastico sia delle medie annuali che dei massimi delle medie giornaliere in tutta la zona industriale di Trieste e negli abitati che si affacciano sulla baia di Muggia. In particolare, i valori massimi della media annuale sarebbero inferiori a $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in una area della città di Trieste adiacente la zona industriale, la baia di Muggia e una piccola parte del comune di Muggia (macchia viola nella figura 46). Valori di picco giornalieri nell'intervallo $1\text{-}4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ si osservano in un'area molto ristretta della zona industriale e in corrispondenza del comune di San Dorligo della Valle.

7.5 Particolato $\text{PM}_{2.5}$

Un ulteriore effetto benefico della riconversione ipotizzata nel presente scenario consiste nel fatto che, per quanto discusso nelle sezioni 5.5 e 6.5, in maniera analoga al PM_{10} si otterrebbe una drastica riduzione delle concentrazioni del particolato ultrasottile.

CONCENTRAZIONE MEDIA ANNUALE PM₁₀

SCENARIO B

Valore limite annuale: 40 µg/m³



Figura 46: Distribuzione spaziale dei valori medi annui di PM₁₀ ottenuti nella simulazione per l'anno 2008. Scenario B.

CONCENTRAZIONE MASSIMA GIORNALIERA PM₁₀

SCENARIO B

Valore limite media giornaliera: 50 µg/m³

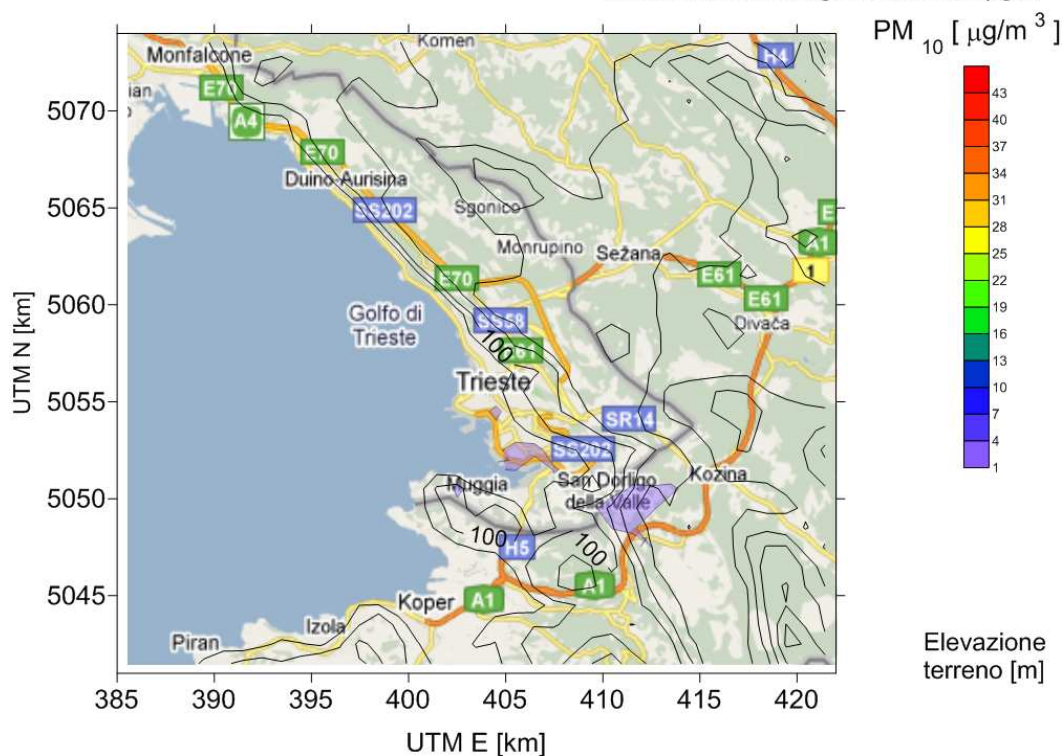


Figura 47: Distribuzione spaziale dei valori massimi della media giornaliera di PM₁₀ ottenuti nella simulazione per l'anno 2008. Scenario B.

7.6 Monossido di carbonio CO

La riconversione industriale ipotizzata nello Scenario B, produce una riduzione delle concentrazioni di CO in corrispondenza di tutte le centraline poste nella provincia di Trieste (figura 48).

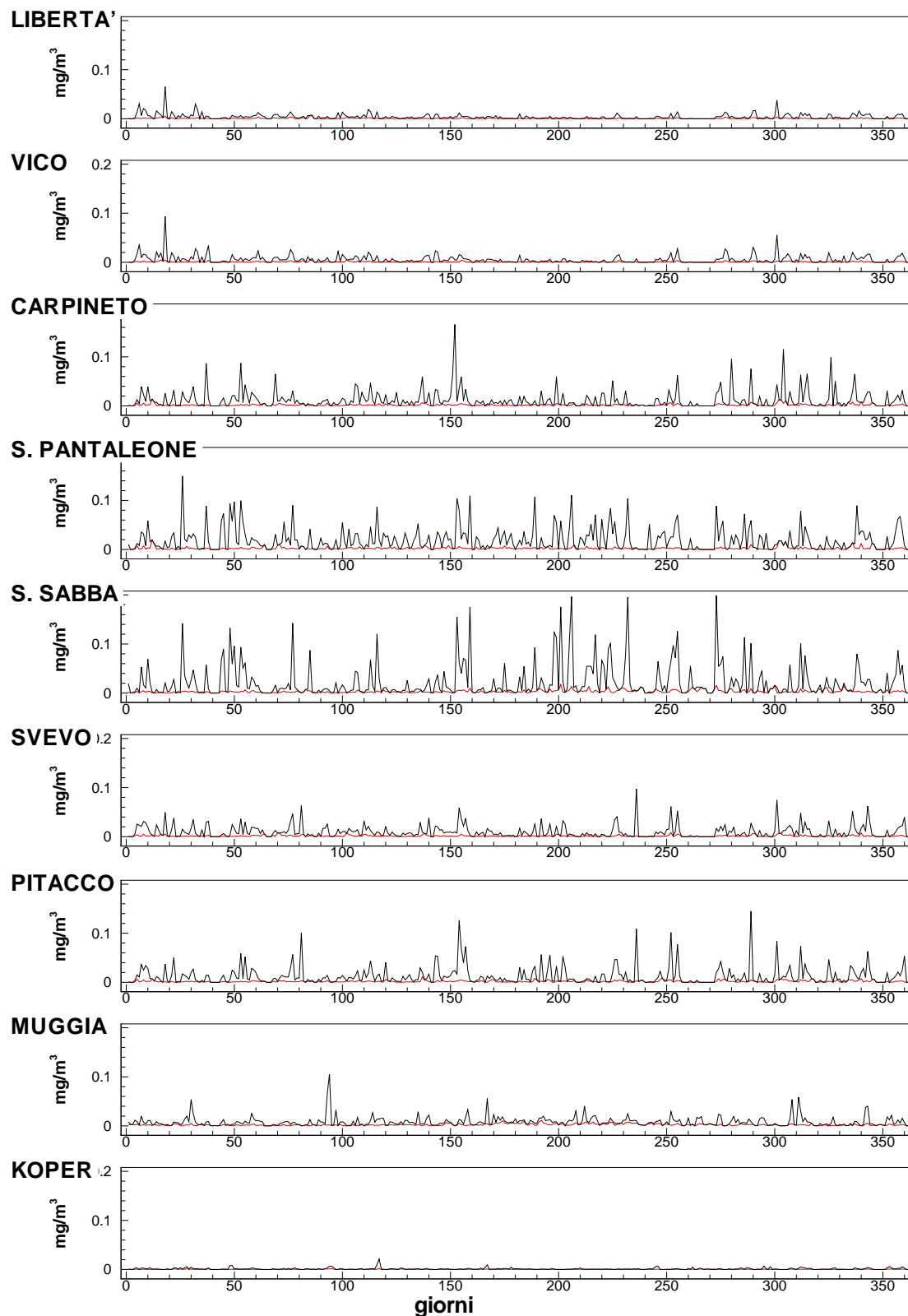


Figura 48: Concentrazioni medie orarie di CO derivanti dalla simulazione dello Scenario A (linee nere) e dallo Scenario B (linee rosse) per l'anno 2008.

Tali riduzioni sono comunque molto basse, con picchi dell'ordine di 0.2 mg/m^3 nelle zone adiacenti all'area industriale, e valori dell'ordine di 0.2 mg/m^3 agli altri recettori. Così come osservato nell'analisi dello Scenario A, il recettore di Koper non è praticamente influenzato dalle emissioni del comparto industriale di Trieste.

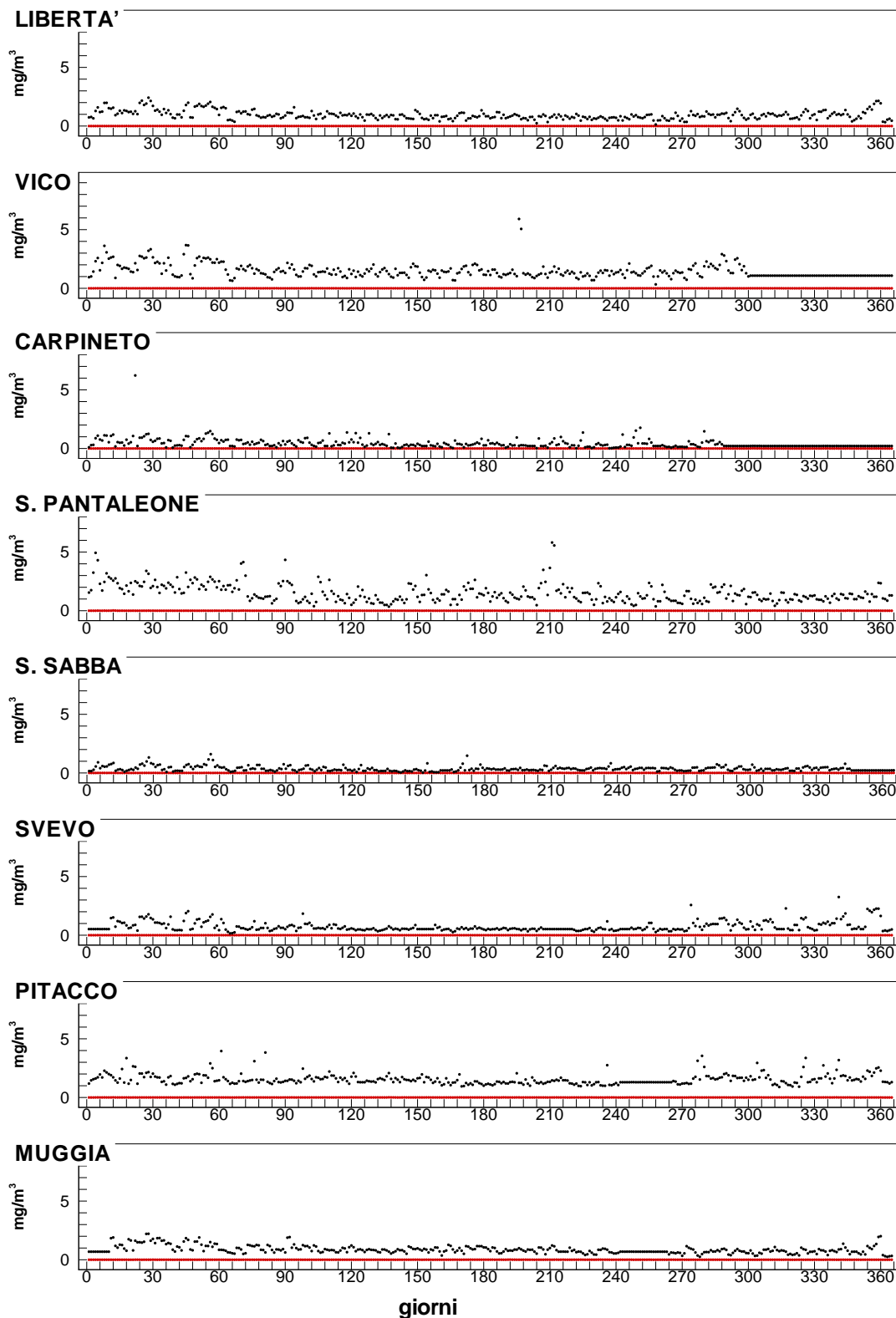


Figura 49: Valori massimi giornalieri della media mobile su 8 ore del CO con valori di fondo (in nero) e senza valori di fondo (in rosso). Scenario B.

La figura 49 riporta i valori massimi giornalieri della media mobile a 8 ore in presenza e assenza di valori di fondo. I valori numerici dei valori di picco sono riportati nella tabella SB8. In nessuna delle centraline si registrano superamenti dei valori limite di normativa.

Stazione	Valore massimo della media mobile su 8 ore da Scenario B senza il fondo [mg/m ³]	Valore massimo della media mobile su 8 ore da Scenario B con il fondo [mg/m ³]	Valore di riferimento orario [mg/m ³]
Libertà	0.007	2.419	10
Vico	0.005	5.911	
Carpineto	0.014	6.227	
S. Pantaleone	0.019	5.814	
S. Sabba	0.017	1.605	
Svevo	0.008	3.255	
Pitacco	0.011	3.955	
Muggia	0.012	2.214	
Koper	0.002	(n.d.)	

Tabella SB8: Valori di picco di CO ai recettori della simulazione per l'anno 2008. Scenario B.

CONCENTRAZIONE MEDIA ANNUALE CO SCENARIO B



Figura 50: Distribuzione spaziale dei valori medi annui di CO per l'anno 2008. Scenario B.

CONCENTRAZIONE MASSIMA SULLA MEDIA DI 8 ORE

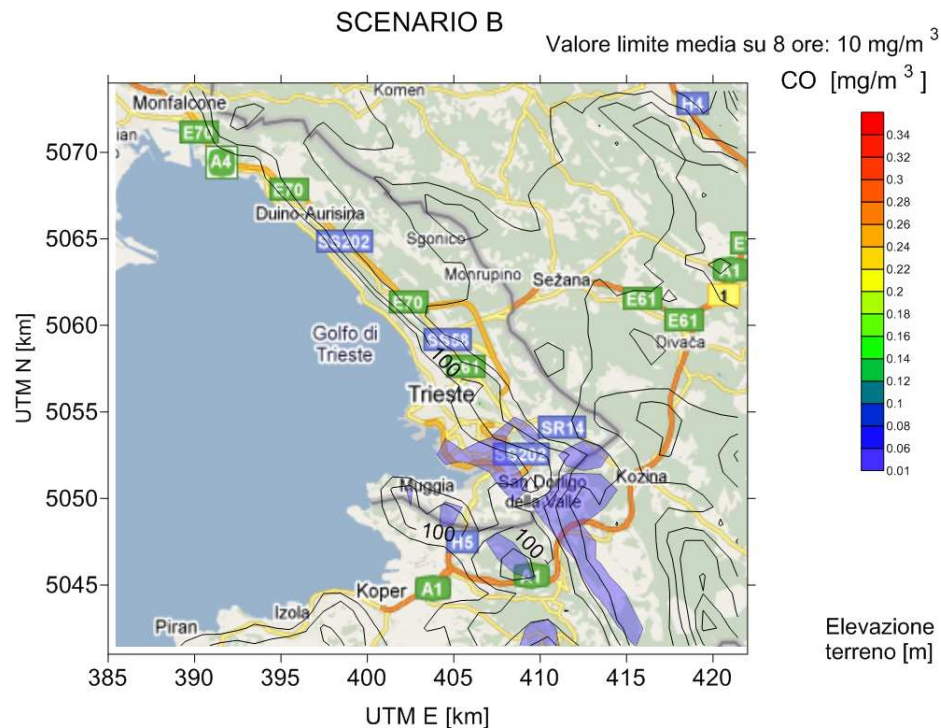


Figura 51: Distribuzione spaziale dei valori massimi giornalieri della media mobile su otto ore di CO per l'anno 2008. Scenario B.

L'analisi delle distribuzioni spaziali delle medie annuali di CO e delle concentrazioni massime mediate su 8 ore mostra che lo Scenario B praticamente porta a valori trascurabili le concentrazioni di CO. Si osservi che nella figura 51 è stato variato il campo di valori da mostrare rispetto alla figura 34 (da 0.04 a 0.01 mg/m^3) per rendere visibili le concentrazioni.

7.7 Anidride carbonica CO_2

La riconversione industriale produrrebbe una forte riduzione della produzione di CO_2 e questo si manifesta in una distribuzione spaziale con valori medi annuali molto più bassi rispetto a quanto ottenuto nei casi precedenti (si confronti figura 52 con la figura 19). Si noti che anche in questo caso, al fine di mostrare l'area interessata da concentrazioni apprezzabili di CO_2 , nella figura 52 è stato ridotto il fondo scala rispetto alla figura 19 di un ordine di grandezza, dal valore 10000 al valore 1000.

8. ANALISI DELLO SCENARIO C

La differenza sostanziale tra lo Scenario C e il precedente Scenario B, consiste nel fatto che in questo caso si considerano le emissioni conseguenti all'insediamento dell'impianto di rigassificazione Gas Natural. Queste, sulla base di quanto pubblicato nell'ambito della istruttoria di V.I.A. [4], consistono essenzialmente nei prodotti di combustione dei cosiddetti *SCV- Submerged Combustion Vaporizers*, che lavorano ad integrazione degli scambiatori ad acqua di mare per un periodo massimo di circa 30 giorni/anno e lavorano come delle caldaie a metano. Inoltre l'operatività del terminale GNL implica traffico navale, consistente nelle fasi di manovra e stazionamento delle navi LNG e nell'associato movimento dei rimorchiatori.

Il quadro emissivo degli impianti interessati dallo scenario in questione, nel confronto con la situazione *ante-operam* si presenta come riportato nella tabella SC1.

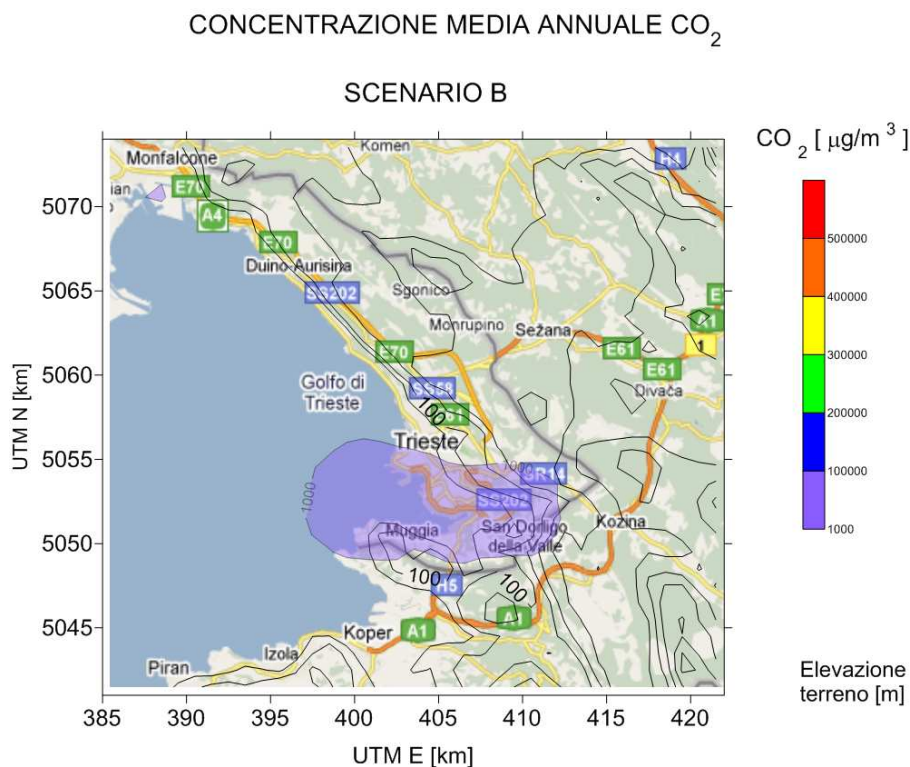


Figura 52: Distribuzione spaziale dei valori medi annui di CO₂ ottenuti nella simulazione per l'anno 2008. Scenario B.

La tabella SC2 contiene il quadro di emissioni relative al traffico navale associato all'operatività del terminale GNL, in linea con quanto riportato nella nota ARPA FVG n. 10058 del 30 settembre 2009. L'analisi dettagliata di tale contributo, sviluppata come usuale secondo un criterio di conservatività dei dati utilizzati e dei risultati ottenuti, è riportata in Appendice A ed è riferibile a circa 110 navi metaniere all'anno della capacità di 140,000 m³ ed alla relativa movimentazione in ambito portuale di 4 rimorchiatori della massima potenza in assistenza ad esse.

La centrale a ciclo combinato proposta si stima possa funzionare a pieno regime da un minimo di circa 3,000 ore/anno fino a circa 6,000 ore/anno (come indicato nello SIA e nella rev. 0 della

documentazione tecnica per rilascio AIA), in dipendenza di molteplici fattori condizionanti ed in particolare dello specifico contesto energetico di riferimento. Sulla base delle attuali condizioni di mercato, ad esempio, il profilo tipico di esercizio prevede un funzionamento a pieno regime per circa 3,800 ore/anno a copertura, in particolare, delle fasce orarie di picco della domanda di energia elettrica. Quest'ultima, in aderenza all'attuale scenario operativo e con opportune ipotesi conservative al contorno, è l'ipotesi adottata nella definizione del quadro emissivo della centrale in progetto. Le emissioni considerate nello Scenario B e C sono state calcolate considerando 3,800 ore/anno di funzionamento. Nell'Appendice B, a titolo di ulteriore verifica e per i soli NO_x, sono riportati i risultati dell'analisi long-term sviluppata nello scenario limite ovvero sulla base di un funzionamento a regime della centrale pari a 6,000 ore/anno.

	Scenario A				Scenario C			
	Ante operam				Post operam			
	NO _x [t/a]	CO [t/a]	SO ₂ [t/a]	PM ₁₀ [t/a]	NO _x [t/a]	CO [t/a]	SO ₂ [t/a]	PM ₁₀ [t/a]
GNL					2.56	2.64		
Elettra	457.8	52.39	273.2	11.72	457.8	52.39	273.2	11.72
Ferriera	550.98	1744.02	43.11	23.9				
Centrale CCGT					277	288	0	9.97

Tabella SC1: Riassunto del quadro di emissioni in tonnellate/anno degli impianti significativi nello Scenario A e nello Scenario C.

	NO _x [t/a]	CO [t/a]	SO ₂ [t/a]	PM ₁₀ [t/a]
Traffico navale	177.95	18.77	290.29	20.76

Tabella SC2: Riassunto del quadro di emissioni in tonnellate/anno da traffico navale derivante dall'operatività del terminale GNL (dettagli sono nell'Appendice A).

Riguardo agli SCV, il livello di emissioni e il ridotto numero di ore di funzionamento in un anno sono tali da poterne trascurare l'effetto nella presente analisi long-term.

Si osserva che la quantità di NO_x emessa nello Scenario C dovuto alla presenza congiunta della Centrale Lucchini e del terminale LNG è inferiore alla quantità emessa dallo stabilimento siderurgico Servola. Rispetto a quest'ultimo, diminuisce di molto la quantità emessa di CO mentre risulta leggermente superiore la quantità di PM₁₀. Nello Scenario C si ha un incremento degli SO₂ dovuto al traffico navale associato all'operatività al terminale Gas Natural.

Ne segue che nel caso di dismissione dello stabilimento siderurgico Servola e dell'insediamento contemporaneo del terminale GNL e della Centrale Lucchini, le quantità di NO_x e CO si riducono notevolmente, e aumentano le emissioni di PM₁₀ SO₂. Questa analisi deriva da una stima molto conservativa delle emissioni da traffico navale come mostrato in dettaglio nell'Appendice A. Inoltre in un'analisi comparativa che consideri la dismissione dello stabilimento siderurgico, sarebbe da considerare:

- la riconversione della Centrale Elettra, che attualmente è alimentata a gas siderurgici prodotti dallo stabilimento di Servola, gas ricchi di SO_2 ;
- La cessazione del traffico navale associato al funzionamento dello stabilimento siderurgico di Servola. Nell'appendice A è mostrato che ciò condurrebbe ad una riduzione di emissioni che varia dal 10% al 20%, a seconda del tipo di inquinante.

Nonostante non varino in maniera considerevole le quantità di alcune delle sostanze emesse, ne variano notevolmente le caratteristiche cinematiche di emissione. Infatti, una percentuale notevole di PM_{10} emesso dallo stabilimento siderurgico di Servola ha una distribuzione areale e tende ad essere disperso dal vento e ricadere nelle aree circostanti. Inoltre le emissioni da traffico navale hanno una temperatura di uscita dei fumi molto elevata che contribuisce in maniera sostanziale al trasporto convettivo dei fumi stessi verso gli strati più alti dell'atmosfera. Come si vedrà nell'analisi che segue, le caratteristiche termo-fluidodinamiche dei fumi da traffico navale sono tali da non alterare apprezzabilmente i valori di concentrazione degli inquinanti ai punti recettori rispetto allo Scenario B.

8.1 Biossido di zolfo SO_2

La tabella SC3 riporta i valori medi annuali e invernali delle concentrazioni di SO_2 ai punti recettori. Confrontando i valori con quelli relativi rispettivamente allo Scenario A e lo Scenario B (tabelle SA2 e SB2) si osserva un generale aumento delle concentrazioni di SO_2 . Si osservi comunque che l'aumento delle concentrazioni di tale inquinante risulta molto limitato e sono calcolati valori di circa un ordine di grandezza inferiori ai limiti di normativa. L'analisi della tabella SC4 e delle corrispondenti tabelle SA3 e SB3, mostra un aumento dei picchi massimi delle medie orarie e giornaliere ad alcuni dei punti recettori, con valori comunque molto inferiori ai valori massimi di normativa.

Il risultato di questo studio è pienamente consistente con i risultati mostrati nello studio della qualità dell'aria nell'area di Trieste condotto da ARPA-FVG (pagine 59-60 di [2]), secondo il quale le concentrazioni di SO_2 rientrano sempre ampiamente al di sotto dei limiti di normativa.

La figura 53 riporta le differenze delle medie orarie delle concentrazioni di SO_2 ottenute dallo Scenario A e nel presente Scenario C, ai punti recettori durante l'intera durata delle simulazione. Si osservano differenze (da leggere come incrementi) significative in corrispondenza dei punti recettori siti nella zona industriale di Trieste. Come discusso sopra in relazione ai valori tabellari, tali incrementi puntuali sono indicativi di uno shift temporale dei valori di picco e quindi hanno un effetto ridotto sia sui valori medi che sui valori di picco orari e giornalieri calcolati. Riguardo alle differenze tra le medie giornaliere calcolate nello Scenario A e nel presente Scenario C (figura 54),

incrementi significativi, con valori di picco dell'ordine di $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sono registrati solamente nelle centraline poste nell'area limitrofa alla zona industriale di Trieste.

Stazione	Valore medio annuo da Scenario C [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore medio invernale da Scenario C [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore di riferimento [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Libertà	0.71	0.92	20
Vico	1.01	1.29	
Carpineto	2.72	3.18	
S. Pantaleone	3.70	3.97	
S. Sabba	4.86	4.60	
Svevo	1.86	2.23	
Pitacco	2.47	2.66	
Muggia	1.70	1.54	
Koper	0.28	0.28	

Tabella SC3: Valori medi annui e invernali di SO_2 ai punti recettori ottenuti nella simulazione per l'anno 2008. Scenario C.

Stazione	Valore massimo della media oraria da Scenario C [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore di riferimento orario [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore massimo della media giornaliera da Scenario C [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore di riferimento giornaliero [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Libertà	107.68	350	5.77	125
Vico	61.25		7.67	
Carpineto	131.57		31.11	
S. Pantaleone	172.54		49.01	
S. Sabba	169.34		29.39	
Svevo	116.65		16.05	
Pitacco	83.72		16.44	
Muggia	118.95		11.51	
Koper	31.00		4.37	

Tabella SC4: Valori di picco delle medie orarie e giornaliere di SO_2 ai punti recettori ottenuti nella simulazione per l'anno 2008. Scenario C.

Le figure 55, 56, 57, riportano rispettivamente le distribuzioni spaziali dei valori medi annui, dei valori di picco delle medie giornaliere e delle medie orarie di SO_2 . Il confronto con le equivalenti distribuzioni spaziali per lo Scenario A (figure 22, 23, 24) e per lo Scenario B (figure 37, 38) mostra un incremento dei valori di concentrazione e un allargamento della zona nelle quali si registrano i valori più elevati. Tali aumenti non contribuiscono comunque al superamento dei valori di normativa.

In sintesi si può affermare che sebbene la presenza contemporanea della Centrale Lucchini e del terminale Gas Natural comportino un incremento delle concentrazioni di SO_2 nell'area di Trieste,

tale incremento non è tale da compromettere le caratteristiche di qualità dell'aria. Inoltre bisogna considerare che i valori attesi saranno inferiori a quelli riportati nel presente studio, a causa delle forti ipotesi conservative utilizzate e discusse sopra.

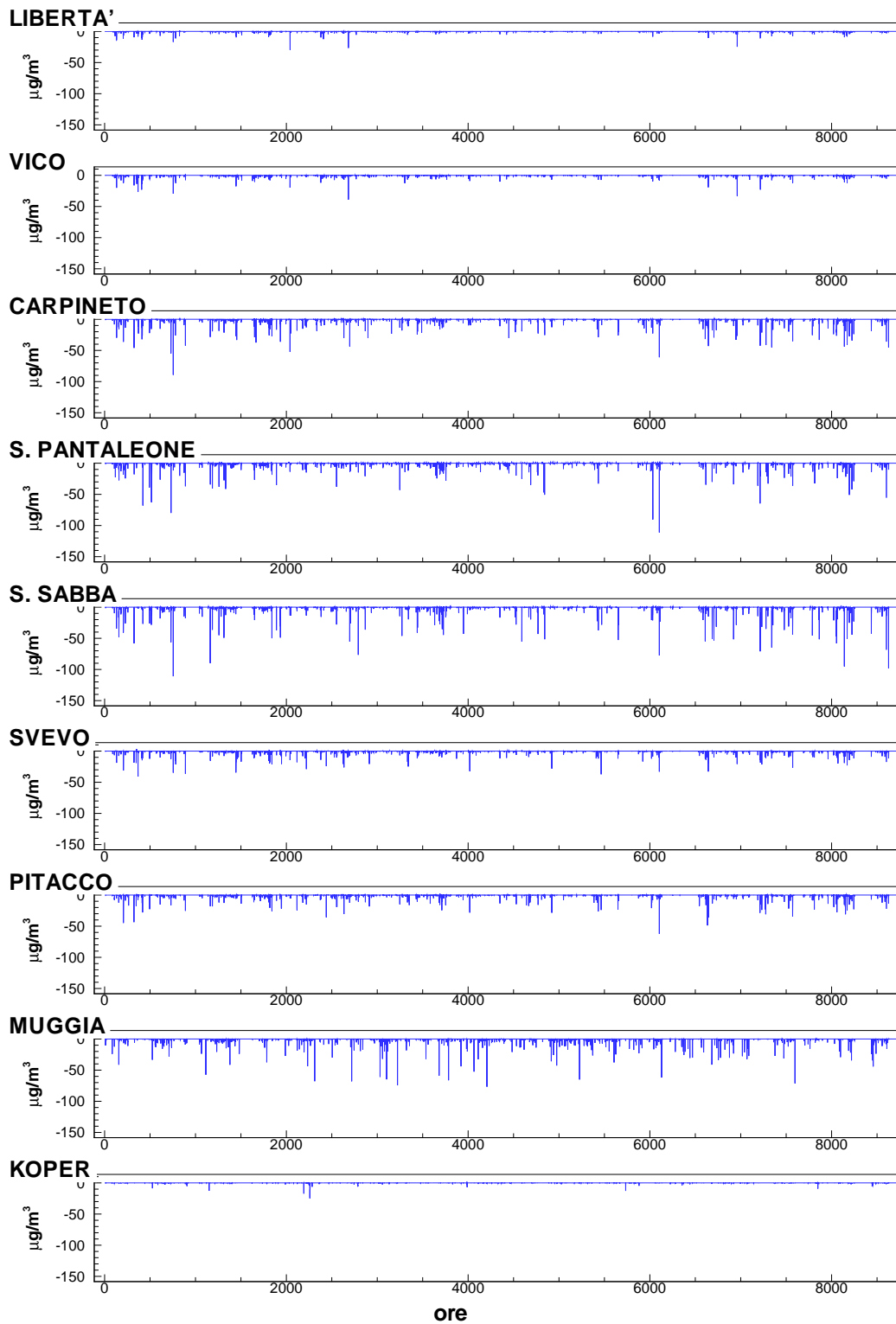


Figura 53: Differenza tra i valori di concentrazione medi orari di SO₂ ottenuti dallo Scenario A e dallo Scenario C per l'anno 2008. Valori negativi indicano un incremento delle concentrazioni.

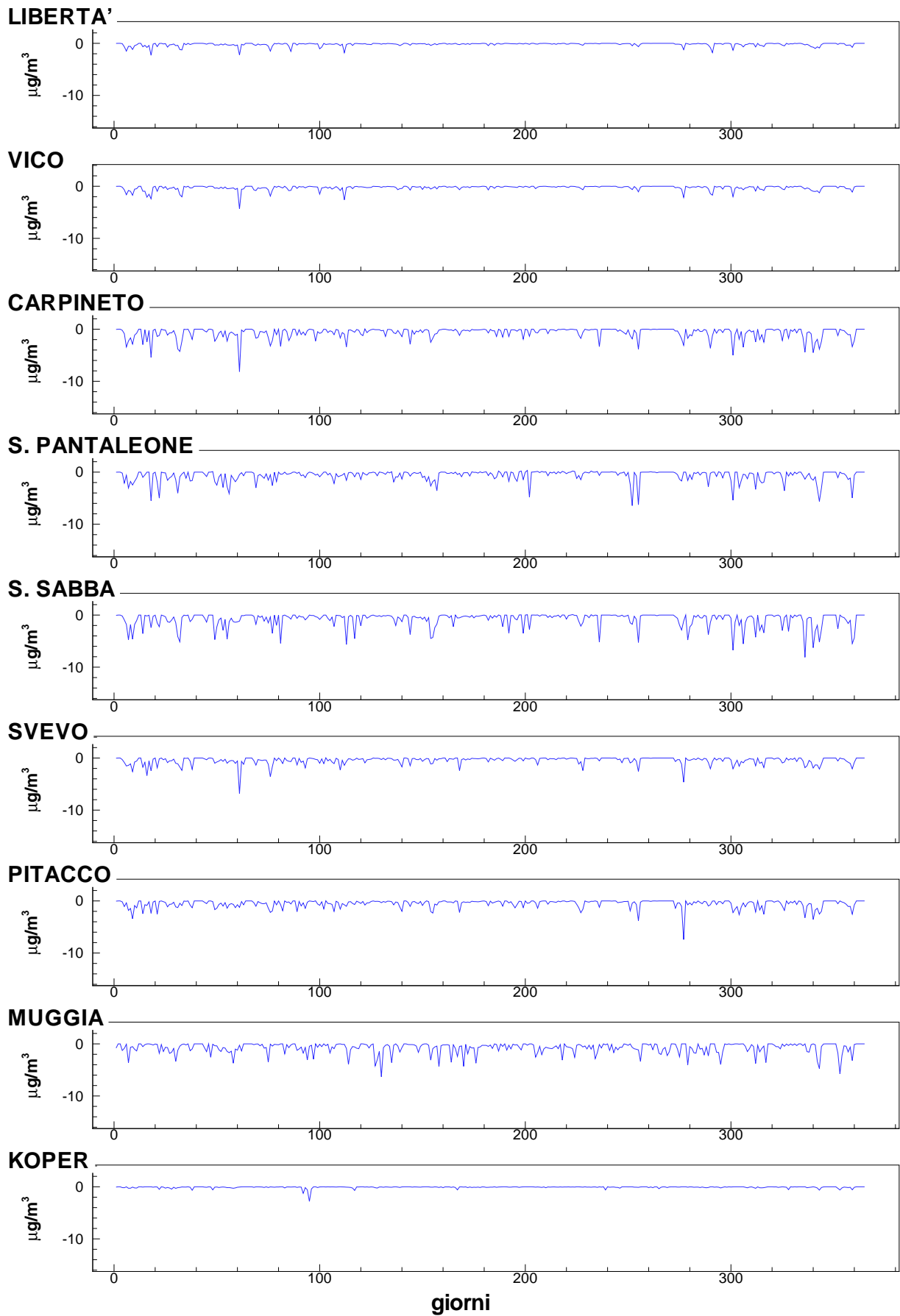


Figura 54: Differenza tra i valori di concentrazione medi giornalieri di SO_2 ottenuti dallo Scenario A e dallo Scenario C per l'anno 2008. Valori negativi indicano un incremento delle concentrazioni.

CONCENTRAZIONE MEDIA ANNUALE SO₂

SCENARIO C

Valore limite annuale: 20 µg/m³

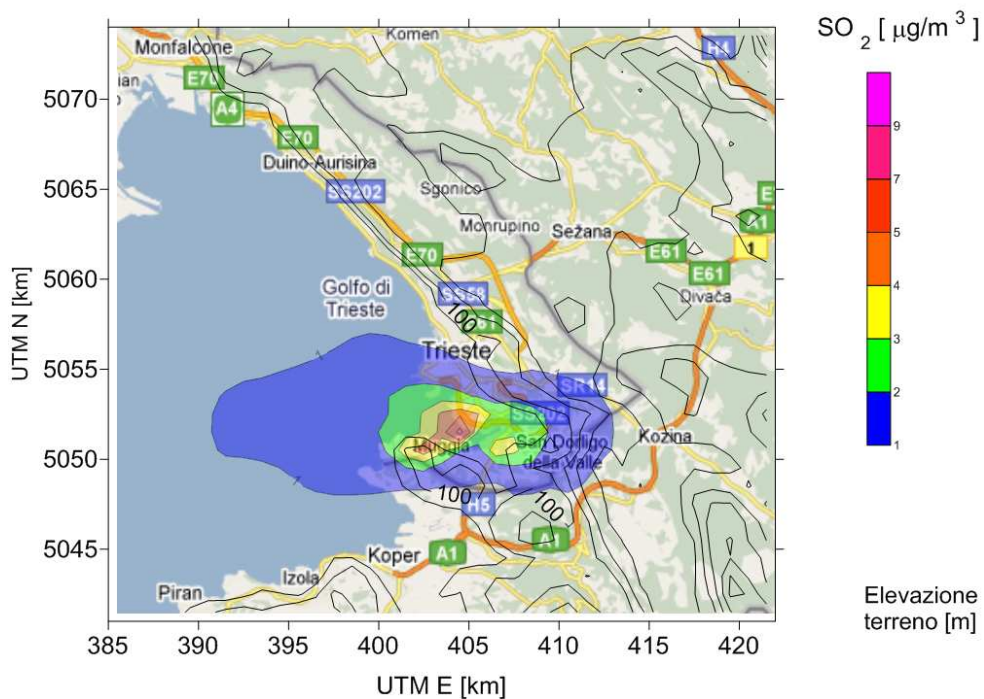


Figura 55: Distribuzione spaziale dei valori medi annui di SO₂ per l'anno 2008. Scenario C.

CONCENTRAZIONE MASSIMA GIORNALIERA SO₂

SCENARIO C

Valore limite media giornaliera: 125 µg/m³

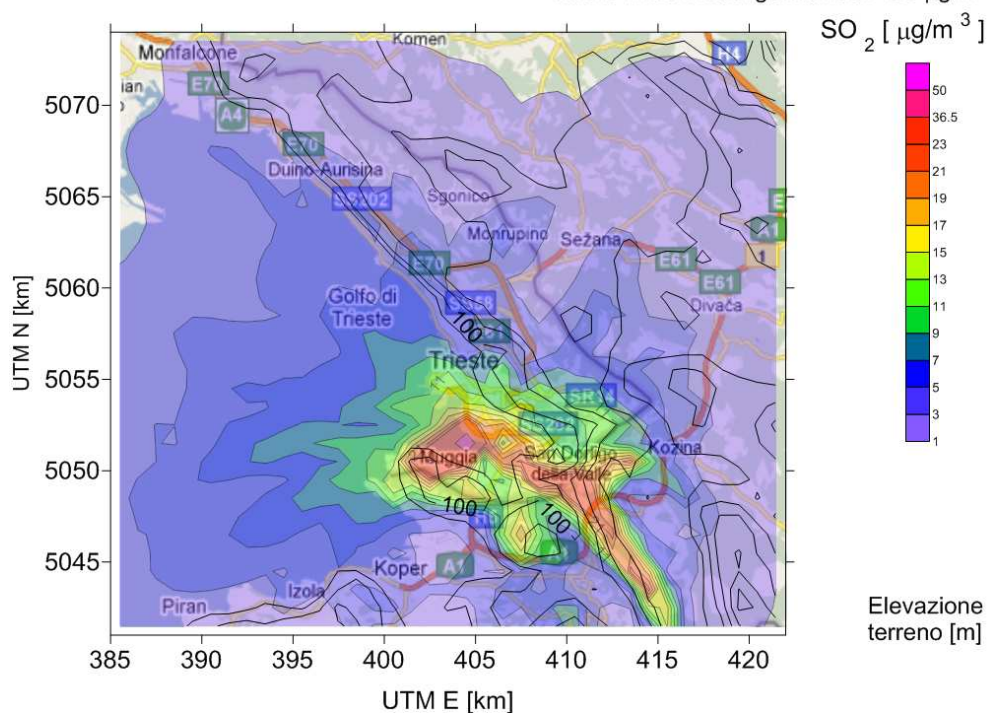


Figura 56: Distribuzione spaziale dei valori massimi della media giornaliera di SO₂ per l'anno 2008. Scenario C.

CONCENTRAZIONE MASSIMA ORARIA SO₂

SCENARIO C

Valore limite media oraria: 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

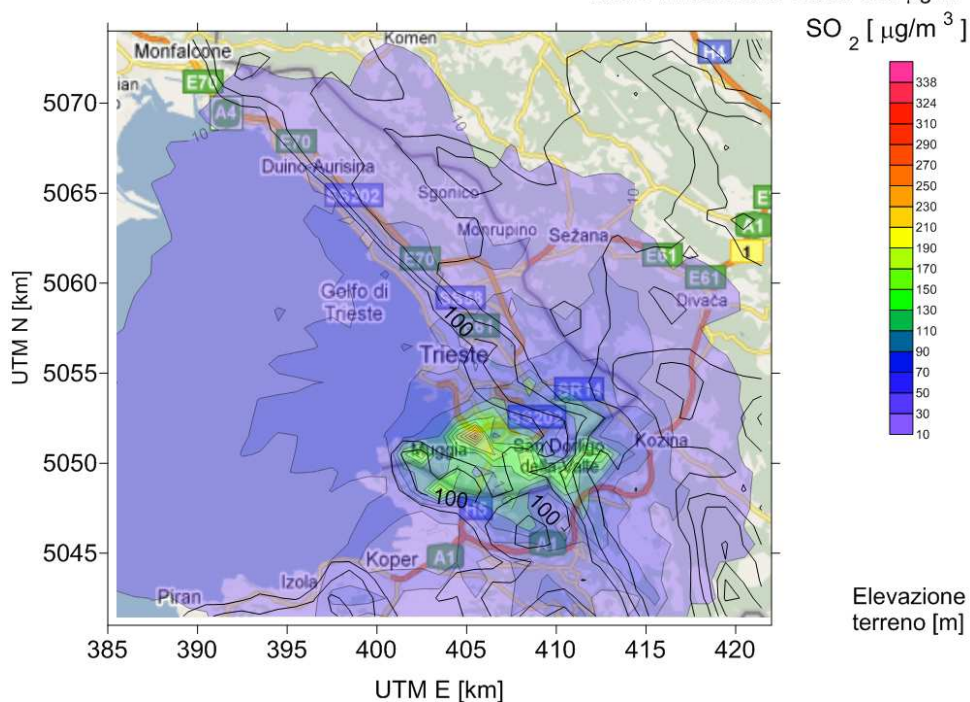


Figura 57: Distribuzione spaziale dei valori massimi della media oraria di SO₂ per l'anno 2008. Scenario C.

8.2 Biossido di azoto NO₂

Le variazioni nello scenario di emissioni tra il caso C e il caso A producono differenze di segno alterno nelle medie orarie di biossido di azoto, con picchi nel range di valori -30 – 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (figura 58). La variazione di segno indica sfasamenti nei valori di picco registrati alle posizioni dei punti recettori, dovuti alle differenti caratteristiche di emissione tra i due casi. Si noti comunque che le differenze sono più elevate nelle centraline limitrofe alla zona industriale di Trieste e molto contenute in corrispondenza delle altre centraline. La ricostruzione dei valori totali di NO₂ ai punti recettori (figura 59), comprendente i valori di fondo, mostra che anche nel presente Scenario C, i picchi giornalieri si mantengono sempre al di sotto del limite di normativa, a parte un superamento presso la centralina di monte San Pantaleone, relativa all'evento eccezionale del febbraio 2008. L'analisi dei valori tabellari delle medie annuali e dei massimi delle medie orarie (tabelle SC5 e SC6) conferma tale analisi. I valori limite di normativa per quanto riguarda la media annuale e la media oraria sono superati presso la centralina di monte San Pantaleone. Anche per questo caso vale quanto già detto in relazione all'analisi dello Scenario B. Il contributo dell'intero comparto industriale ai superamenti è molto modesto: tale contributo è pari a circa il 10% del valore totale riguardo alla media annuale, e pari a circa il 38% riguardo al picco massimo della media oraria.

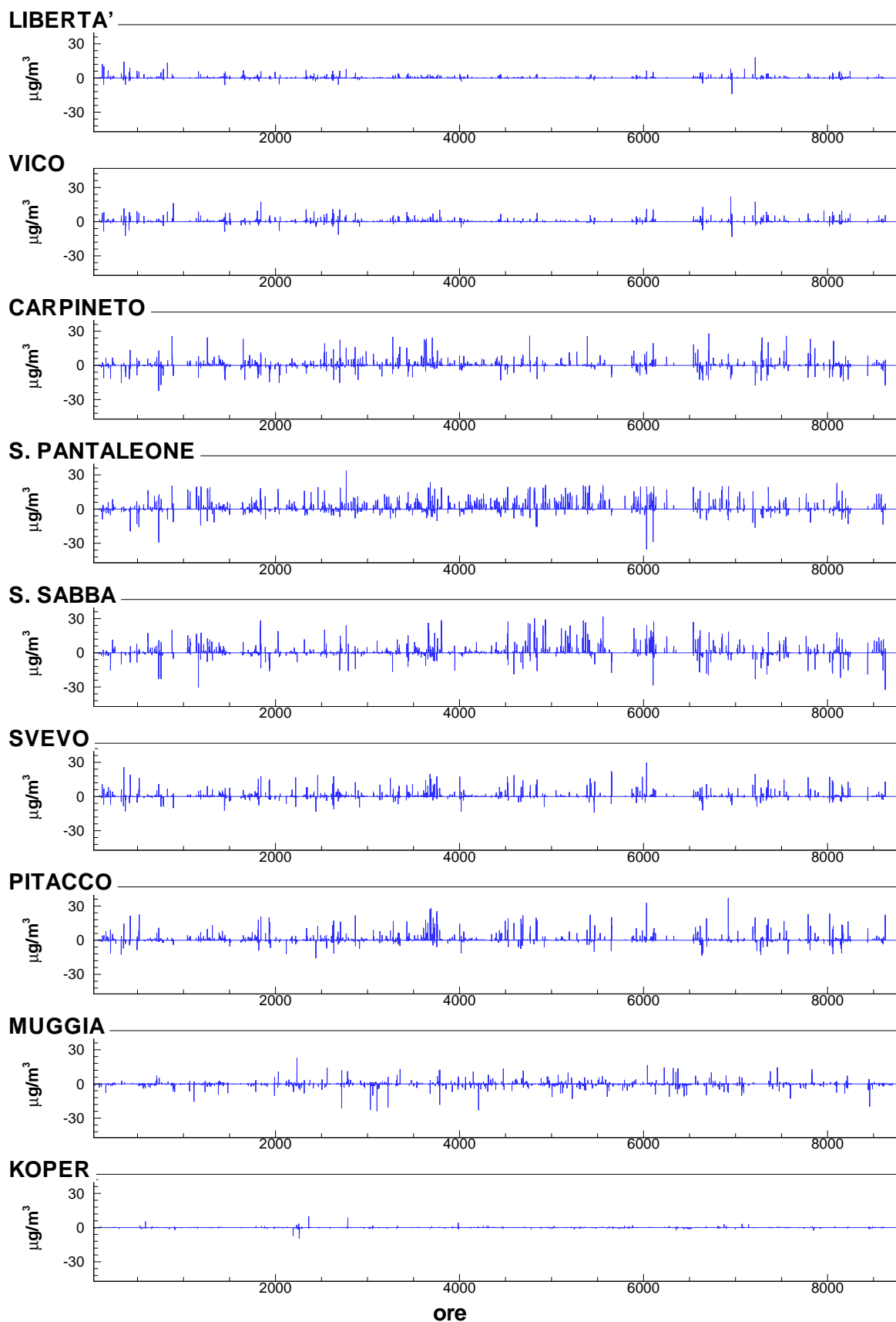


Figura 58: Differenza tra i valori di concentrazione medi orari di NO_2 ottenuti dallo A e dallo Scenario C per l'anno 2008. Valori positivi e negativi indicano rispettivamente riduzioni e incrementi delle concentrazioni.

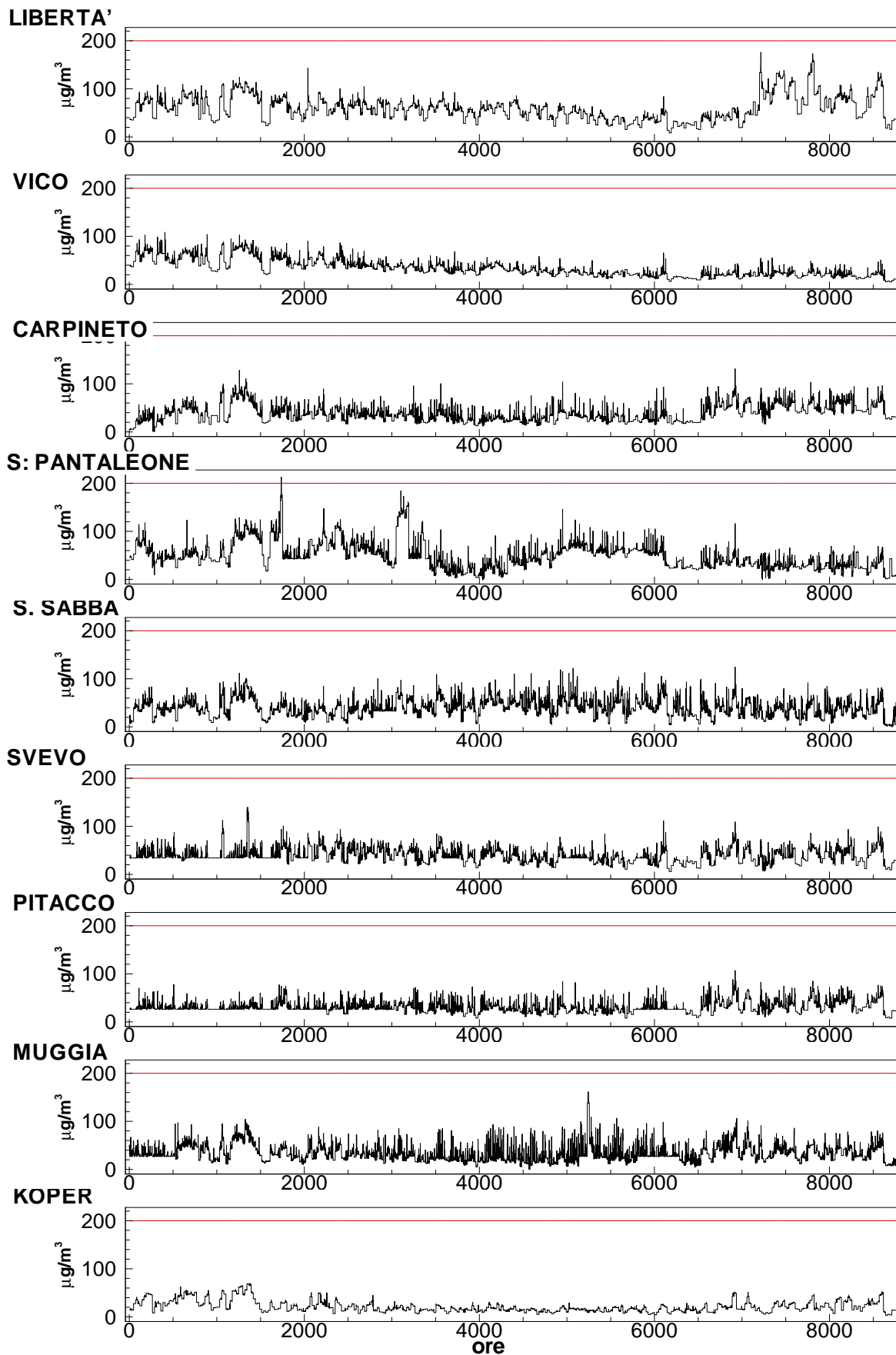


Figura 59: Valori di concentrazione medi orari di NO_2 per l'anno 2008 ottenuti dalla simulazione e sommati alle concentrazioni di fondo calcolate come descritto nella sezione 4. Scenario C.

Le distribuzioni spaziali dei valori medi annui e dei picchi dei valori medi orari sono riportate rispettivamente nelle figure 60 e 61.

Il comportamento non si discosta sensibilmente da quelli relativi allo Scenario A (figure 26 e 27) e quelli relativi allo Scenario B (figure 40 e 41). In particolare i valori più elevati della media annuale di NO₂ proveniente dal comparto industriale sono non superiori a 7 µg/m³, in un'area molto limitata all'interno della zona industriale. Valori medi annuali compresi nell'intervallo 3-4 µg/m³ sono osservabili in una zona più ampia che comprende i quartieri della città adiacenti all'area industriale e l'abitato di Muggia.

Nel presente Scenario C, valori di picco della media oraria proveniente dal comparto industriale nel range 70-100 µg/m³, sono presenti in una zona ampia dell'abitato di Trieste, comprendente le zone meridionali della provincia di Trieste (San Dorligo della Valle, Muggia) fino al territorio transfrontaliero in direzione sud-est rispetto all'area industriale di Trieste.

In sintesi, si può affermare che le concentrazioni di NO₂ calcolate nel presente Scenario C non sono molto differenti rispetto a quanto visto nello Scenario A. Il contributo combinato della Centrale Lucchini e del traffico navale associato al terminale GNL, unito alla dismissione dello stabilimento siderurgico, non contribuisce in maniera significativa all'aumento delle concentrazioni di NO₂ anche in presenza delle forti ipotesi conservative adottate per la stima delle emissioni del traffico navale. In particolare: a) sono state considerate le condizioni di emissione più impegnative riguardo al traffico associato al terminale GNL; b) non è stata considerata la cessazione del traffico navale associato alla dismissione dello stabilimento siderurgico.

Stazione	Valore medio annuo da Scenario C senza fondo [µg/m ³]	Valore medio annuo da Scenario C con fondo [µg/m ³]	Valore di riferimento [µg/m ³]
Libertà	0.96	58.47	40
Vico	1.62	32.55	
Carpineto	3.29	37.43	
S. Pantaleone	4.18	47.31	
S. Sabba	5.32	38.40	
Svevo	3.38	37.58	
Pitacco	3.29	29.62	
Muggia	4.96	31.90	
Koper	0.36	20.97	

Tabella SC5: Valori medi annui di NO₂ ai punti recettori ottenuti nella simulazione: valori senza e con le concentrazioni di fondo. Scenario C.

Stazione	Valore massimo della media oraria da Scenario C senza il fondo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore massimo della media oraria da Scenario C con il fondo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore di riferimento orario [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Libertà	70.33	176.36	200
Vico	56.35	108.83	
Carpineto	68.95	131.62	
S. Pantaleone	82.80	213.30	
S. Sabba	82.39	124.82	
Svevo	67.83	140.14	
Pitacco	56.68	107.28	
Muggia	79.90	161.71	
Koper	29.55	70.00	

Tabella SC6: Valori di picco di NO_2 ai punti recettori ottenuti nella simulazione per l'anno 2008. Scenario C.

CONCENTRAZIONE MEDIA ANNUALE NO_2

SCENARIO C

Valore limite annuale: $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$

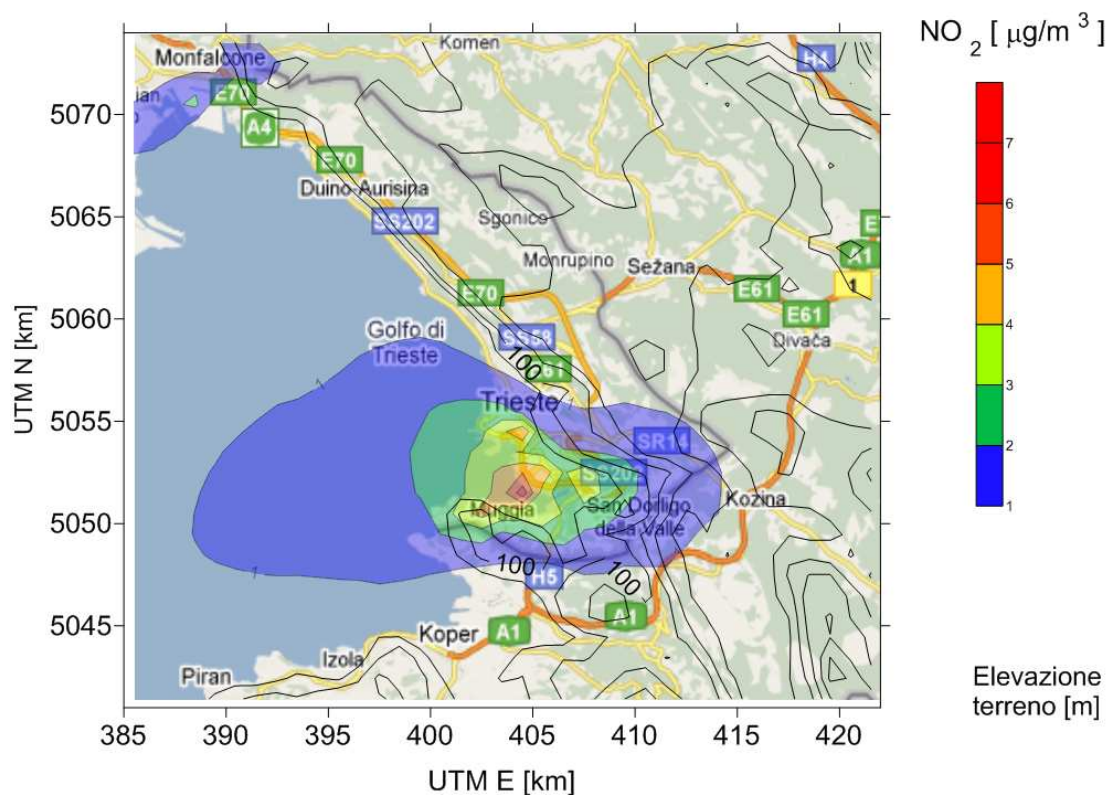


Figura 60: Distribuzione spaziale dei valori medi annui di NO_2 per l'anno 2008: Scenario C.

CONCENTRAZIONE MASSIMA ORARIA NO₂

SCENARIO C

Valore limite media oraria: 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

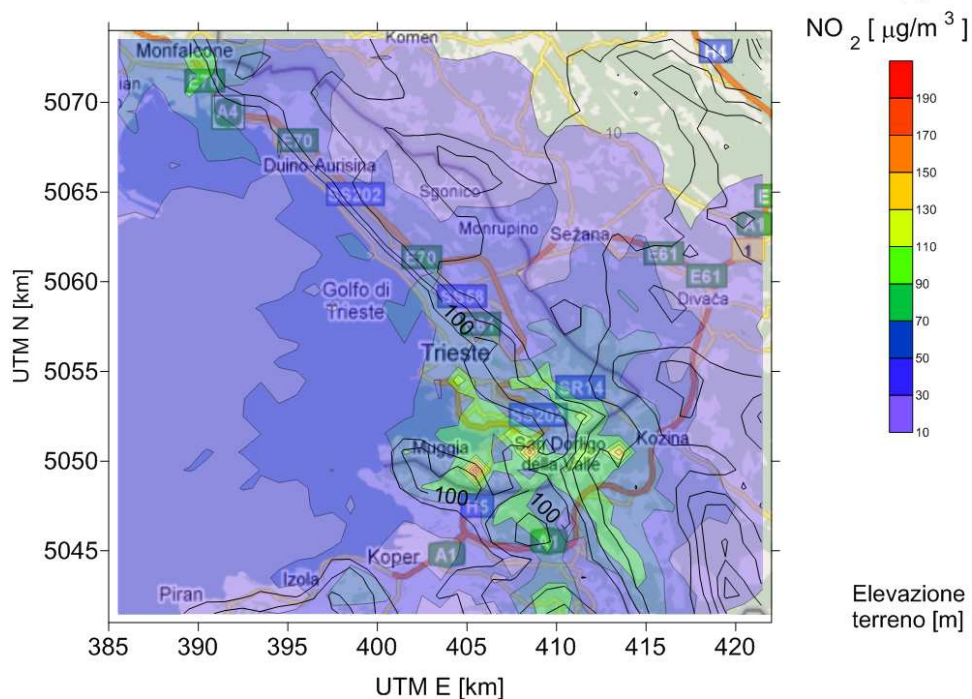


Figura 61: Distribuzione spaziale dei valori massimi delle medie orarie di NO₂ per l'anno 2008: Scenario C.

CONCENTRAZIONE MEDIA ANNUALE NO_x

SCENARIO C

Valore limite annuale: 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

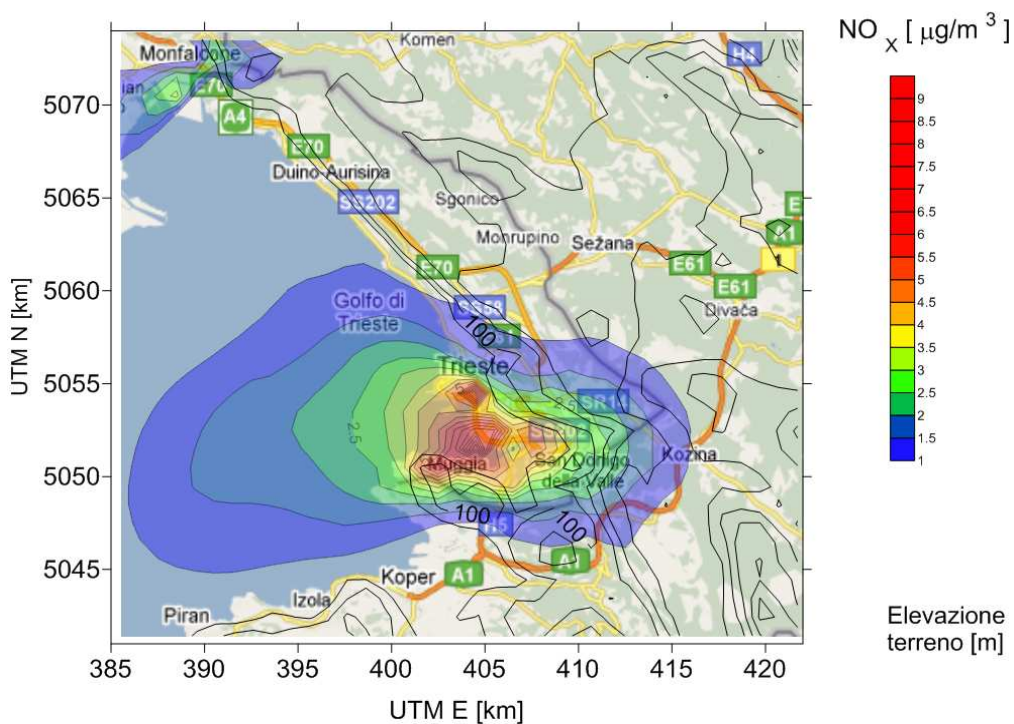


Figura 62: Distribuzione spaziale dei valori medi annui di NO_x per l'anno 2008. Scenario C.

8.3 Ossidi di azoto NO_x

Gli ossidi di azoto provenienti dal comparto industriale, come da Scenario C, mostrano una distribuzione spaziale simile a quella ottenuta negli Scenari A e B con valori massimi equivalenti. A tal fine si confronti la figura 62 con le figure 28 e 43. I valori massimi della media annuale si attestano intorno al valore di 9 µg/m³ in una zona ristretta intorno alla zona industriale di Trieste. Valori compresi tra 2 – 4 µg/m³ sono osservati nella zona posta ad est rispetto alla zona industriale, comprendente il comune di San Dorligo della Valle. Tali valori sono di un ordine di grandezza inferiori al valore limite di normativa pari a 30 µg/m³.

8.4 Particolato PM₁₀

Le emissioni di PM₁₀ riprodotte nello Scenario C, sono sostanzialmente maggiori di quelle relative allo Scenario B, in quanto una parte consistente deriva dal contributo delle navi, metaniere e rimorchiatori associate alla presenza del terminale GNL. Le emissioni totali sono leggermente superiori a quelle dello Scenario A con una differenza sostanziale, derivante dalle differenti condizioni di emissione. Come conseguenza, il grafico di figura 63 mostra che ai punti recettori le concentrazioni di PM₁₀ derivanti dallo Scenario C sono molto basse e ben inferiori a quelle dello Scenario A. Questo è particolarmente vero in corrispondenza delle centraline Pitacco, San Sabba Carpineto, San Pantaleone e Svevo. Questo risultato è da attribuire al fatto che in questo caso non si ha l'effetto di dispersione e ricaduta delle emissioni diffuse dallo stabilimento siderurgico di Servola ed al fatto che le emissioni di PM₁₀ da traffico navale sono rilasciate con temperature molto elevate. Gran parte del particolato quindi viene trasportato dai fenomeni convettivi negli strati più alti dell'atmosfera, mentre una piccola percentuale tende a ricadere nell'intorno delle zone di emissione; come conseguenza le emissioni di PM₁₀ da traffico navale hanno uno scarso effetto sulle concentrazioni ottenute ai recettori posti nei quartieri cittadini prossimi alla zona industriale.

I valori medi annui del PM₁₀ proveniente dal comparto industriale simulato nello Scenario C e i valori totali, sommati cioè alle concentrazioni di fondo sono riportati nella tabella SC7. Si osserva che in nessuna delle centraline si ottengono superamenti dei limiti di normativa. I valori riportati nella tabella SC8 mostrano la presenza di superamenti dei valori massimi della media giornaliera. Tali superamenti non sono comunque da attribuire al comparto industriale, in quanto il contributo di quest'ultimo è inferiore all'1% del totale. Tale superamento era stato osservato anche nell'analisi degli scenari precedenti ed è da attribuire a condizioni meteorologiche eccezionalmente sfavorevoli e alle emissioni derivanti dal comparto non industriale.

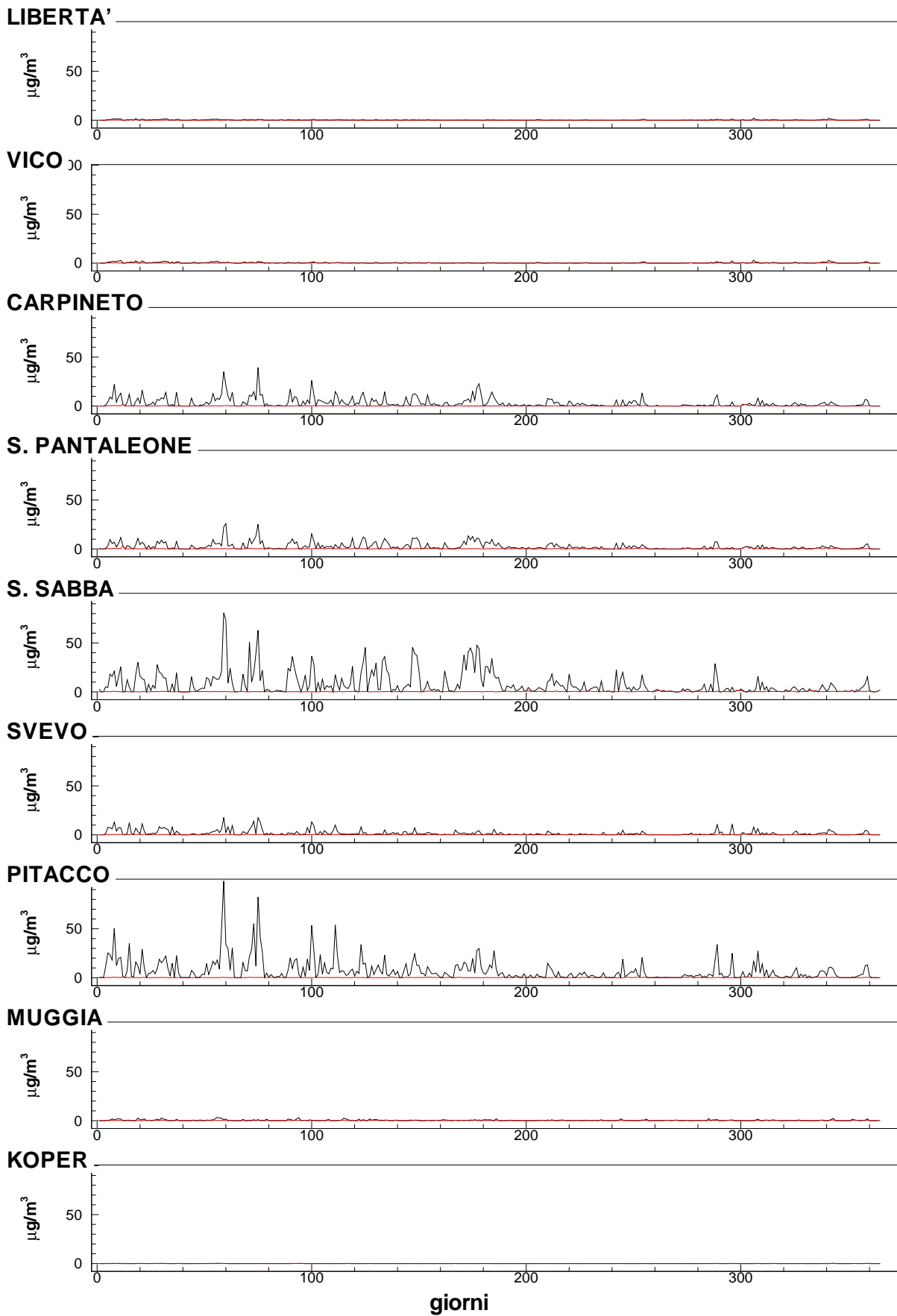


Figura 63: Concentrazioni medie giornaliere di PM_{10} derivanti dalla simulazione dello Scenario A (linee nere) e dallo Scenario C (linee rosse) per l'anno 2008.

Stazione	Valore medio annuo Scenario C senza fondo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore medio annuo da Scenario C con fondo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore di riferimento [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Libertà	0.05	24.76	40
Vico	0.08	(n. d.)	
Carpineto	0.20	24.32	
S. Pantaleone	0.27	(n. d.)	
S. Sabba	0.35	(n. d.)	
Svevo	0.16	27.37	
Pitacco	0.18	19.37	
Muggia	0.13	21.20	
Koper	0.02	29.68	

Tabella SC7: Valori medi annui di PM_{10} ai punti recettori ottenuti nella simulazione per l'anno 2008: valori senza e con le concentrazioni di fondo. Scenario C. Il termine n.d. indica che la specie non è misurata alle centraline.

Stazione	Valore massimo della media giornaliera da Scenario C senza fondo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore massimo della media giornaliera da Scenario C con fondo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore di riferimento giornaliero [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Libertà	0.48	176.41	50
Vico	0.56	(n. d.)	
Carpineto	1.95	190.27	
S. Pantaleone	3.25	(n. d.)	
S. Sabba	1.52	(n. d.)	
Svevo	0.97	140.59	
Pitacco	1.06	121.29	
Muggia	0.80	148.41	
Koper	0.32	79.21	

Tabella SC8: Valori di picco della media giornaliera di PM_{10} ai punti recettori ottenuti nella simulazione per l'anno 2008: valori senza e con le concentrazioni di fondo. Scenario C.

La figura 64 riporta le concentrazioni di PM_{10} ottenute nello Scenario C sommate ai valori di fondo. I superamenti si osservano principalmente in relazione dell'evento critico del febbraio 2008. Si noti che superamenti sono osservati anche a punti recettori praticamente non influenzati dalle emissioni degli inquinanti considerate nel presente studio (per esempio Libertà e Koper). I risultati della figura 64 sono simili a quelli mostrati nella figura 45 relativa allo Scenario B.

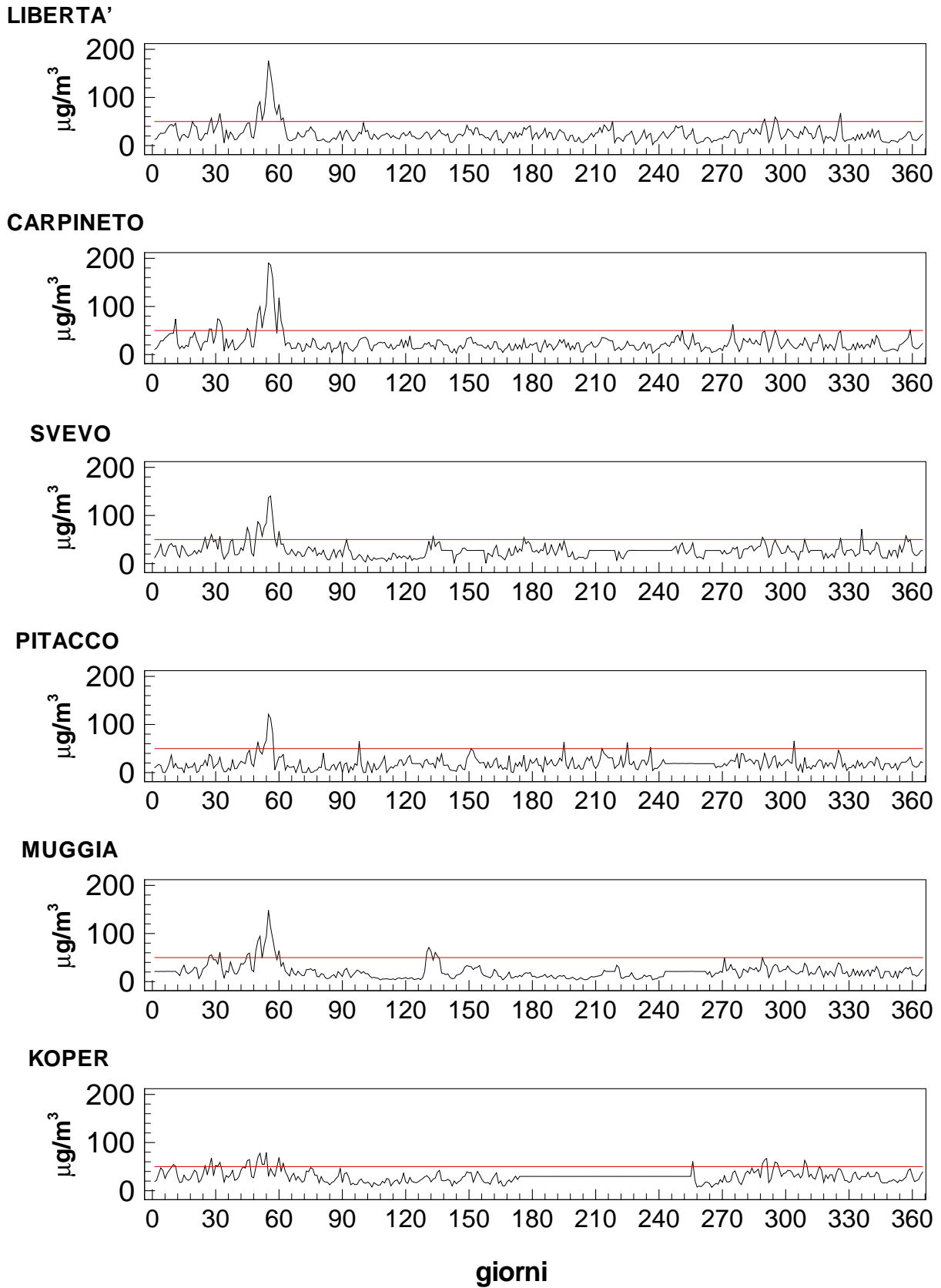


Figura 64: Valori di concentrazione medi giornalieri di PM_{10} ai punti recettori ottenuti nella simulazione per l'anno 2008 e sommati alle concentrazioni di fondo calcolate come descritto nella sezione 4. Scenario C.

CONCENTRAZIONE MEDIA ANNUALE PM₁₀

SCENARIO C

Valore limite annuale: 40 µg/m³

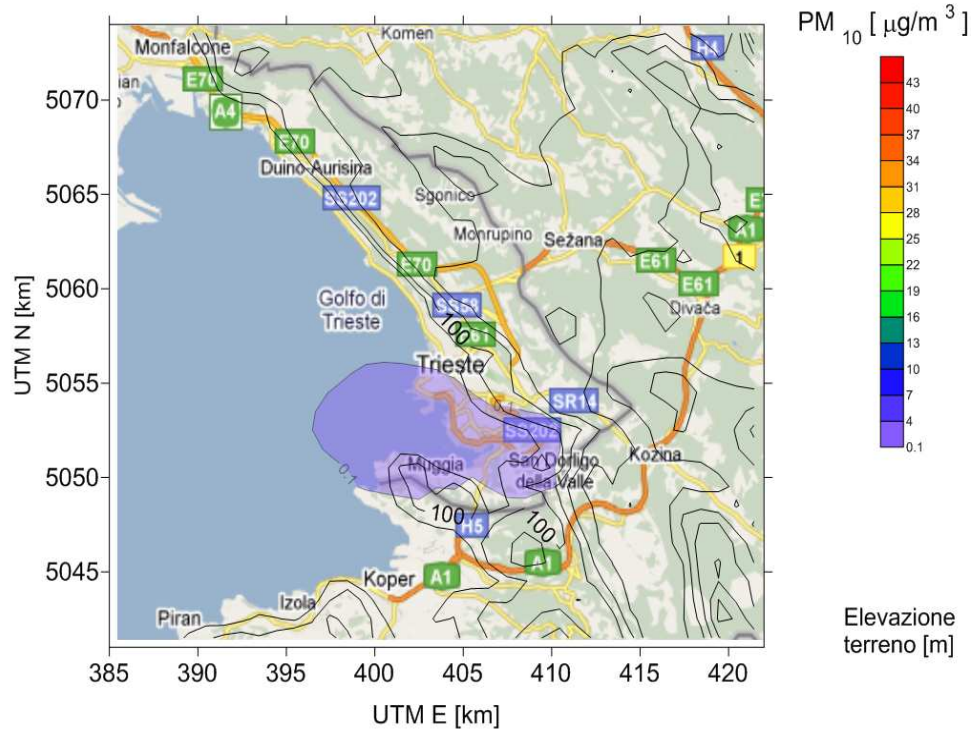


Figura 65: Distribuzione spaziale della media annuale di PM₁₀. Scenario C.

CONCENTRAZIONE MASSIMA GIORNALIERA PM₁₀

SCENARIO C

Valore limite media giornaliera: 50 µg/m³

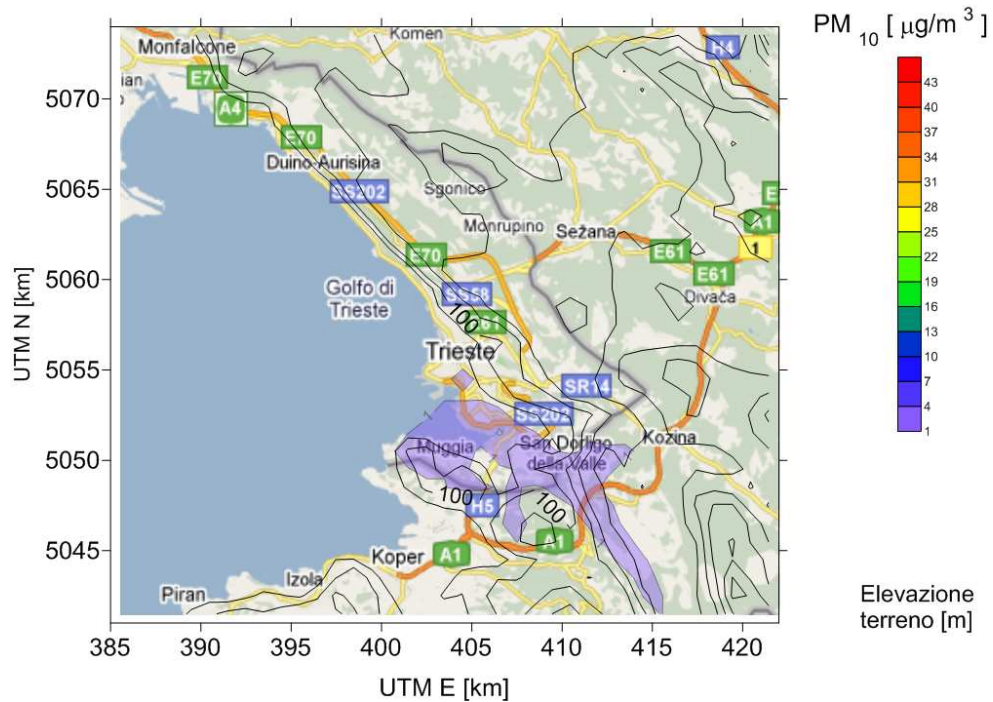


Figura 66: Distribuzione spaziale dei valori massimi della media giornaliera di PM₁₀. Scenario C.

Le figure 65 e 66 riportano la distribuzione spaziale rispettivamente dei valori medi annui del PM_{10} e dei valori massimi della media giornaliera. I valori sono sostanzialmente inferiori a quelli relativi allo Scenario A (figure 30 e 31) e di poco superiori a quelli ottenuti nell'analisi dello Scenario B (figure 47 e 48). In particolare, si osservano valori medi annuali molto bassi e confrontabili con quelli ottenuti nello Scenario B, su un'area più vasta che si estende nella baia e nell'abitato di Muggia e nella zona industriale di Trieste. I valori sono di circa 2 ordini di grandezza inferiori ai limiti di normativa.

8.5 Particolato $PM_{2.5}$

In considerazione del fatto che in tale scenario si hanno concentrazioni di PM_{10} simili a quelle ottenute nel precedente Scenario B, si può affermare che le concentrazioni di particolato ultrasottile sono attese estremamente basse e al di sotto dei valori limite di normativa. A tal proposito vale quanto riportato nella sezione 7.5.

8.6 Monossido di carbonio CO

Riguardo al monossido di carbonio, le emissioni associate allo Scenario C sono molto inferiori a quelle dello Scenario A. Questa considerazione, associata al fatto che le caratteristiche cinematiche di emissione dello Scenario C limitano il trasporto degli inquinanti nell'area cittadina, produce il risultato mostrato nella figura 67. Si nota, infatti, una drastica riduzione delle concentrazioni delle medie orarie a tutti i punti recettori. Le riduzioni di picco, mostrate in figura 67 sono dell'ordine di 0.15 mg/m^3 , in corrispondenza dei punti recettori posti nelle aree adiacenti alla zona industriale.

La figura 68 riporta i valori massimi della media mobile su 8 ore del CO, in assenza e con il contributo delle concentrazioni di fondo. In nessuno dei punti recettori si osservano superamenti dei limiti di normativa. Il risultato mostrato nella figura 68 è sintetizzato nella tabella SC9.

In particolare i valori massimi della media mobile su 8 ore sono ottenuti a S. Pantaleone e S. Sabba. Tali valori sono rispettivamente pari a 0.019 e 0.017 mg/m^3 . I valori totali, ottenuti sommando le concentrazioni di fondo sono ben al di sotto dei valori limite di normativa. La tabella SC9 mostra anche che il comparto industriale contribuisce in maniera estremamente bassa alle concentrazioni totali.

Infine le figure 69 e 70 riportano le distribuzioni spaziali dei valori medi annuali e dei massimi della media su 8 ore delle concentrazioni di CO calcolati nell'analisi dello Scenario C. Si osservano valori molto bassi di entrambe le quantità, similmente a quanto osservato nello Scenario B (figure 50 e 51).

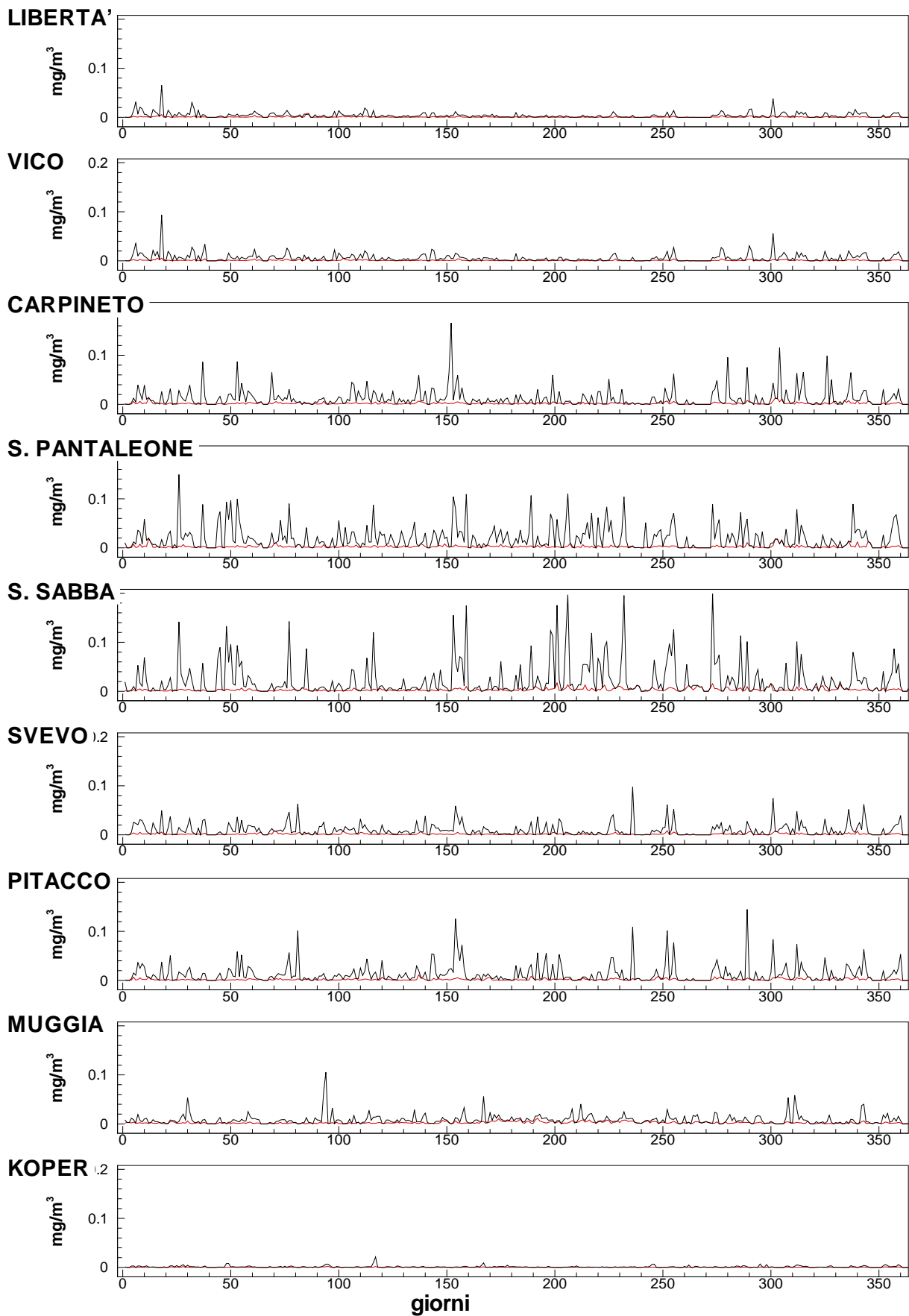


Figura 67: Concentrazioni medie orarie di CO derivanti dalla simulazione dello Scenario A (linee nere) e dallo Scenario C (linee rosse) per l'anno 2008.

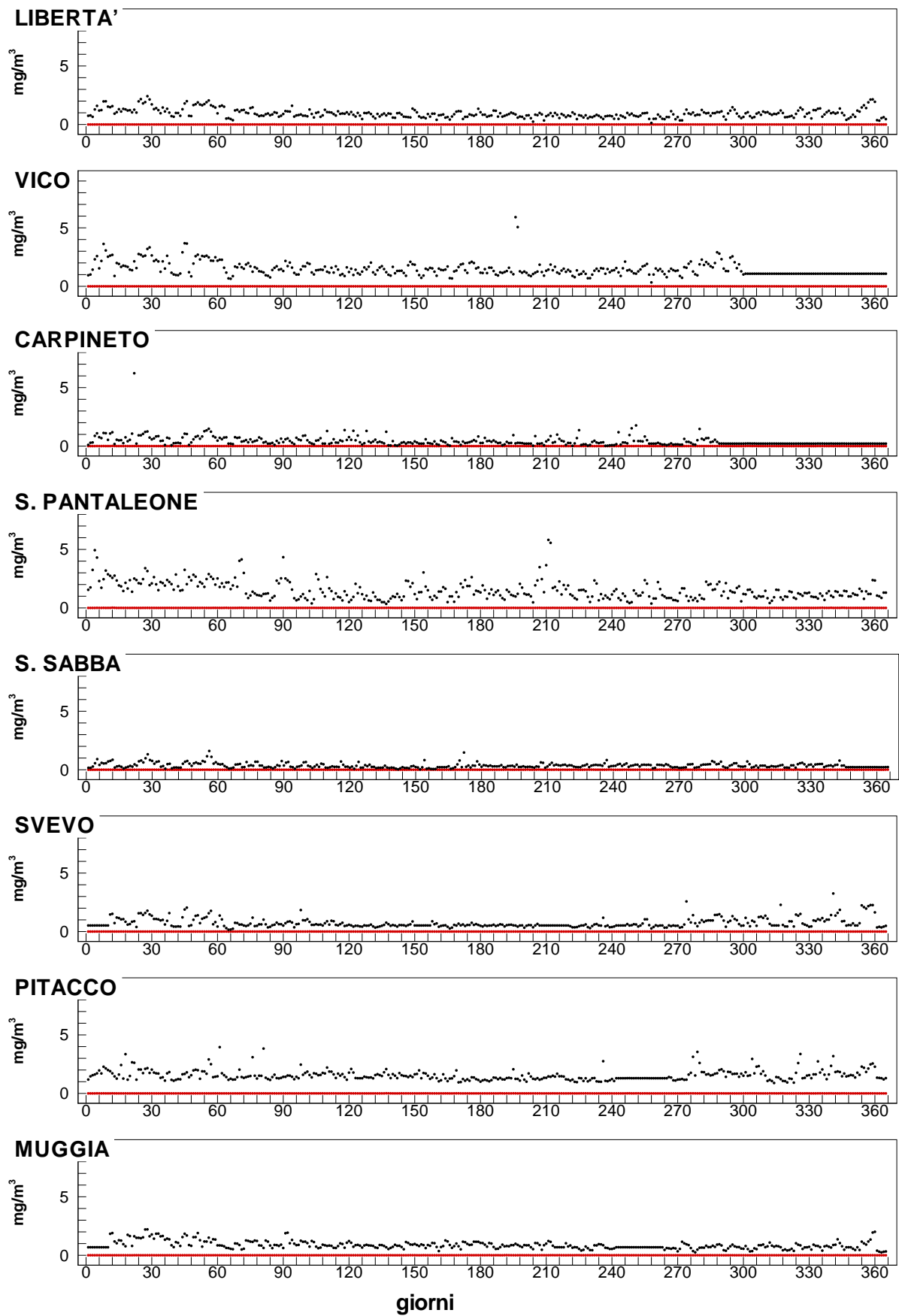


Figura 68: Valori massimi giornalieri della media mobile su 8 ore del CO ai punti recettori, valori con concentrazioni di fondo (in nero) e senza il fondo (in rosso). Scenario C.

Stazione	Valore massimo della media mobile su 8 ore da Scenario C senza il fondo [mg/m ³]	Valore massimo della media mobile su 8 ore da Scenario C con il fondo [mg/m ³]	Valore di riferimento orario [mg/m ³]
Libertà	0.008	2.419	10
Vico	0.005	5.911	
Carpineto	0.014	6.227	
S. Pantaleone	0.019	5.814	
S. Sabba	0.017	1.605	
Svevo	0.008	3.255	
Pitacco	0.011	3.955	
Muggia	0.012	2.214	
Koper	0.002	(n.d.)	

Tabella SC9: Valori di picco della media mobile a 8 ore di CO ai punti recettori ottenuti nella simulazione per l'anno 2008, valori senza e con le concentrazioni di fondo. Scenario C.

CONCENTRAZIONE MEDIA ANNUALE CO

SCENARIO C



Figura 69: distribuzione spaziale della media annuale delle concentrazioni di CO. Scenario C.

CONCENTRAZIONE MASSIMA SULLA MEDIA DI 8 ORE

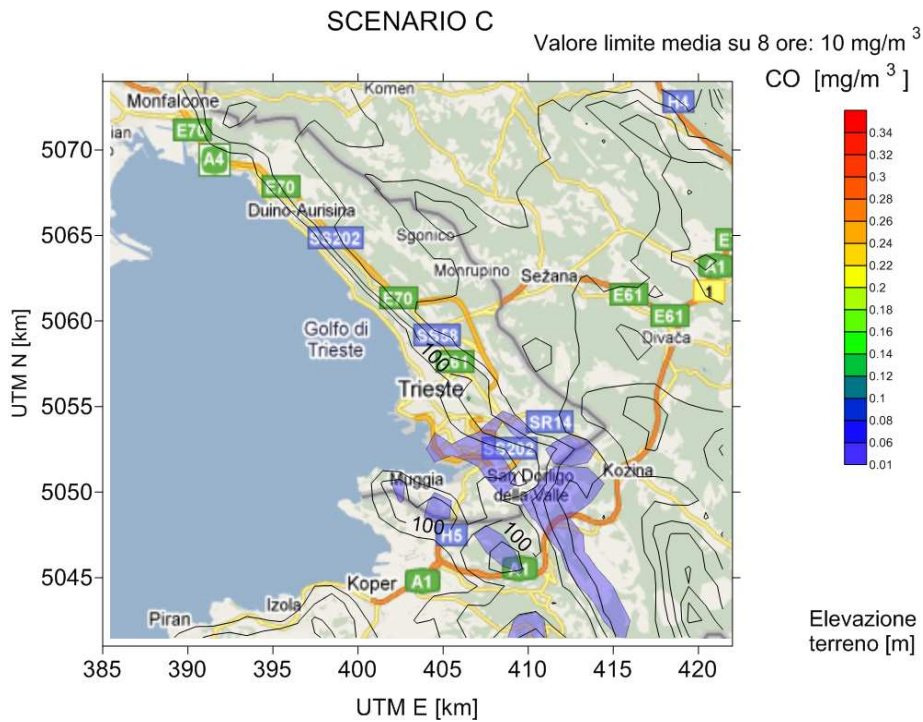


Figura 70: Distribuzione spaziale dei massimi della media su 8 ore delle concentrazioni di CO. Scenario C.

8.7 Anidride carbonica CO₂

La distribuzione spaziale della media annuale di CO₂ è mostrata nella figura 71. Si osservano valori molto simili a quanto osservato nello Scenario B (si confronti con la figura 51).

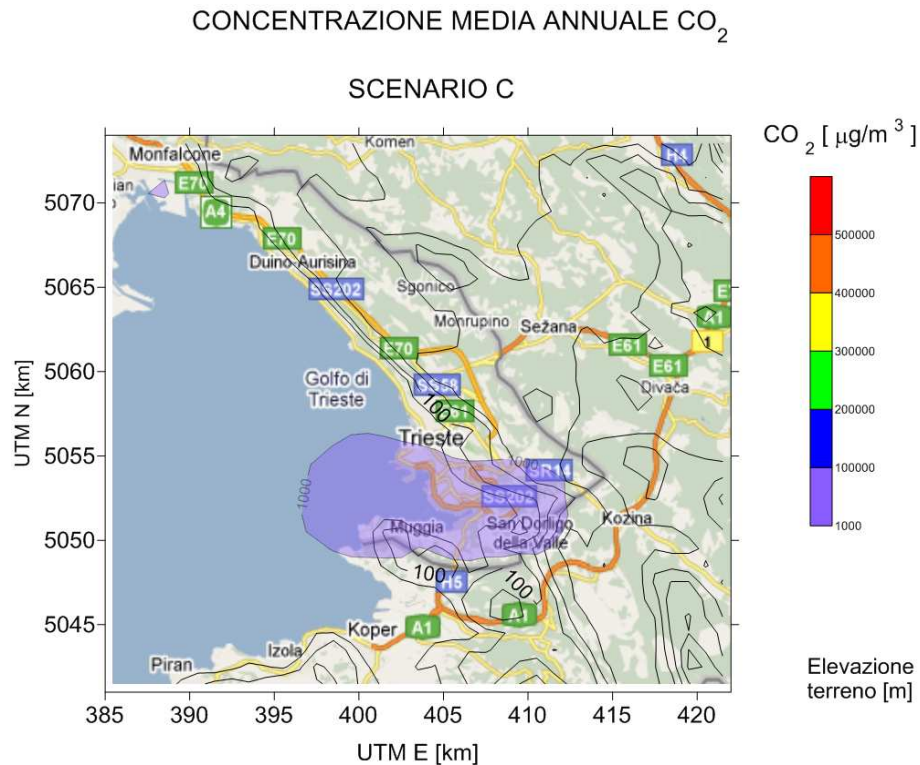


Figura 71: Distribuzione spaziale della media annuale delle concentrazioni di CO₂. Scenario C.

9. ANALISI DELLO SCENARIO D

Lo Scenario D consiste nel quadro di emissioni descritto nello Scenario C, nel caso in cui la Centrale Lucchini fosse dotata di un sistema SCR (Riduzione Selettiva Catalitica) per la riduzione degli NO_x. Il processo SCR avviene mediante l'iniezione di ammoniaca (NH₃) nei gas combusti, la quale mediante l'impiego di un opportuno catalizzatore reagisce con gli NO_x. Al di sotto di un range ottimale di temperature tali reazioni non possono avvenire. Al di sopra di tale range, l'ammoniaca reagisce con l'ossigeno producendo nuovi NO_x. Nel caso di temperature basse si produce il cosiddetto slip di ammoniaca, cioè l'ammoniaca residua viene dispersa in atmosfera. Nel presente paragrafo si considerano i valori di emissioni riportati nella sottostante tabella SD1:

	CO [t/a]	NO _x [t/a]	PM ₁₀ [t/a]	NH ₃ [t/a]	Velocità fumi [m/s]
Centrale Lucchini (con SCR)	288.0	98	9.97	45.5	25.3

Tabella SD1: Emissioni in tonnellate/anno della Centrale Lucchini con SCR, ottenute sulla base delle caratteristiche di progetto della stessa.

Tali valori sono stati forniti dalla Committenza, sulla base dei dati ad essa resi disponibili dal fornitore dell'apparecchiatura. Si osserva una riduzione della quantità di NO_x emessi dal valore di 27 [t/a] al valore di 98 [t/a], mentre lo slip di ammoniaca viene stimato in un valore pari a 45.5 [t/a].

9.1 Biossido di azoto NO₂

La riduzione della quantità di emissioni di ossidi di azoto produce una riduzione delle concentrazioni calcolate ai punti recettori. La figura 72 mostra le differenze delle medie orarie tra lo Scenario C e lo Scenario D, calcolate ai punti recettori. Si osservano riduzioni molto basse, con picchi dell'ordine dei 2 µg/m³ in corrispondenza dei recettori lontani dalla zona industriale e picchi dell'ordine dei 4 µg/m³ ai recettori più vicini alla zona industriale. A fronte della forte riduzione delle emissioni di NO_x che segue dalla presenza dell'impianto SCR, si osserva una riduzione molto bassa nei picchi delle medie orarie. Ciò è da attribuire al fatto che le emissioni della Centrale Lucchini costituiscono solamente una parte delle emissioni totali di NO_x nella zona industriale di Trieste. La figura 73 contiene le medie orarie sommate ai valori di fondo a tutti i punti recettori, lungo l'anno di riferimento. Si osserva un quadro molto simile a quanto già osservato nello Scenario C, con un unico superamento del valore limite di normativa al recettore di San Pantaleone (si confronti figura 73 con figura 59).

La tabella SD2 contiene i valori medi annuali delle concentrazioni di NO₂ ai punti recettori e gli stessi sommati alle concentrazioni di fondo. Il confronto tra la tabella SD2 e la tabella SC3, relativa allo Scenario C, mostra che la riduzione delle concentrazioni medie annuali di NO₂ sono

estremamente basse e che praticamente tali riduzioni non incidono sulle concentrazioni totali calcolate ai punti recettori (comprendenti cioè le concentrazioni di fondo).

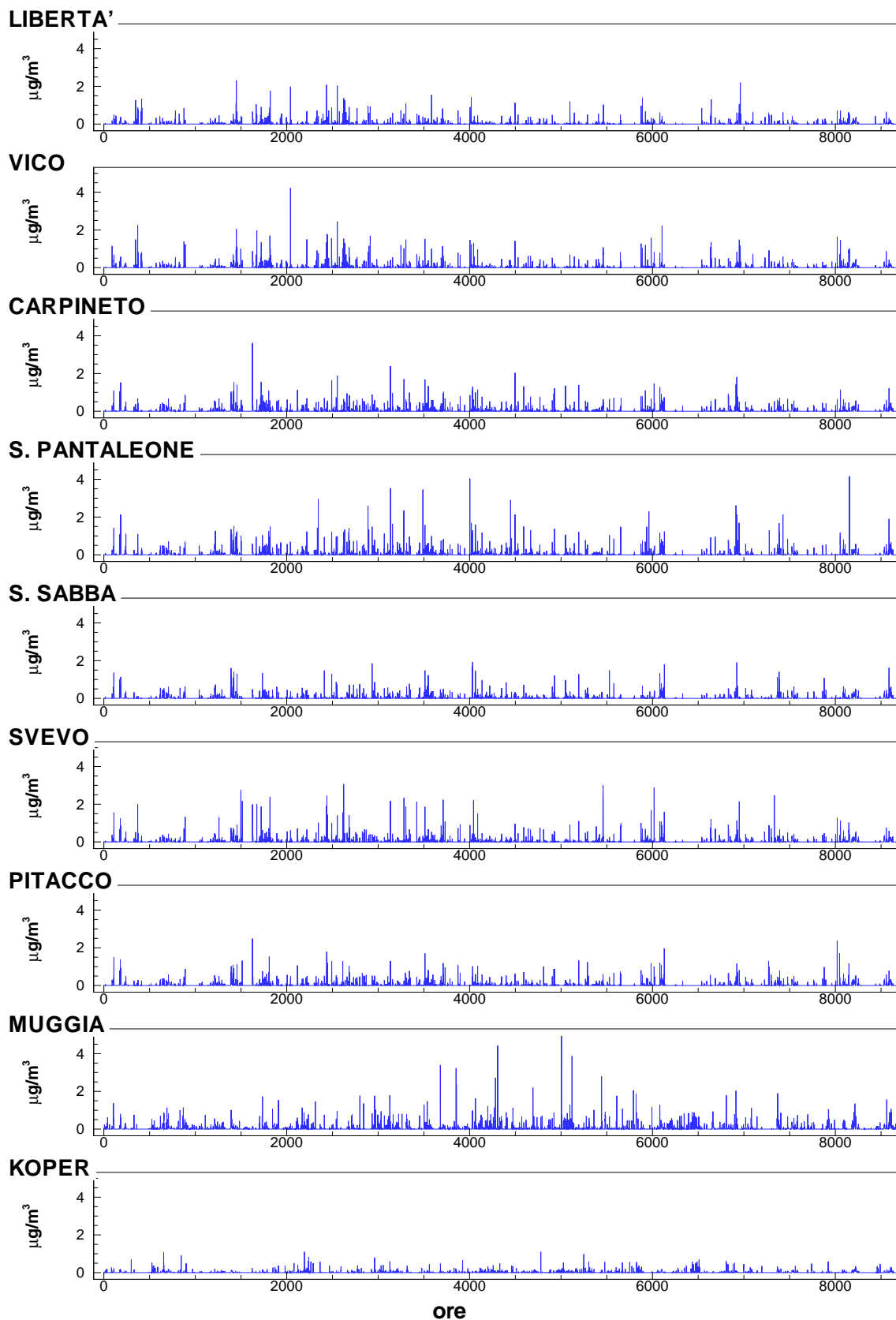


Figura 72: Differenza tra i valori medi orari delle concentrazioni medi di NO₂ ottenuti dallo Scenario C e dallo Scenario D per l'anno 2008. Differenze positive indicano una riduzione del valore.

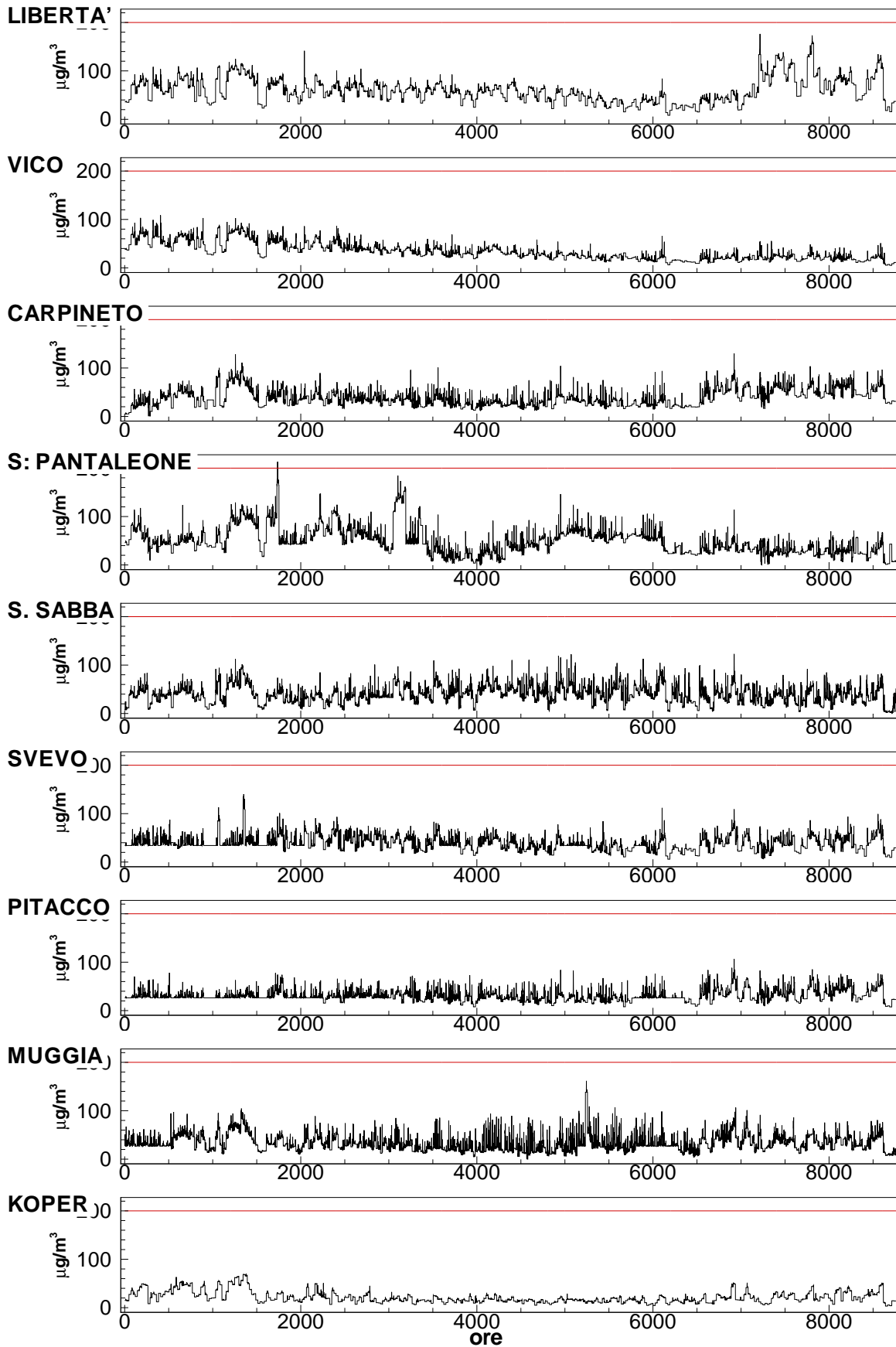


Figura 73: Valori di concentrazione medi orari di NO₂ ottenuti nella simulazione ai punti recettori per l'anno 2008 e sommati alle concentrazioni di fondo calcolate come descritto nella sezione 4. Scenario D.

I valori di picco delle medie orarie calcolate ai punti recettori sono riportati nella tabella SD3. Il confronto con i dati riportati nella tabella SCX, relativa allo Scenario C mostra che le variazioni sono minime, se non assenti ai recettori prossimi alla zona industriale, recettori che risentono principalmente delle emissioni di tutto il comparto industriale, mentre deboli riduzioni si osservano alle altre centraline. Le riduzioni osservate non sono in grado di alterare il quadro di concentrazioni totali (ottenute sommando alle precedenti le concentrazioni di fondo) rispetto allo Scenario C.

Stazione	Valore medio annuo da Scenario D senza fondo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore medio annuo da Scenario D con fondo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore di riferimento [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Libertà	0.96	58.44	40
Vico	1.58	32.52	
Carpineto	3.26	37.39	
S. Pantaleone	4.14	47.27	
S. Sabba	5.29	38.36	
Svevo	3.34	37.54	
Pitacco	3.26	29.59	
Muggia	4.92	31.85	
Koper	0.34	20.96	

Tabella SD2: Valori medi annui di NO_2 ai recettori ottenuti nella simulazione, valori senza e con le concentrazioni di fondo. Scenario D.

Stazione	Valore massimo della media oraria da Scenario D senza il fondo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore massimo della media oraria da Scenario D con il fondo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore di riferimento orario [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Libertà	68.34	176.36	200
Vico	55.12	108.54	
Carpineto	68.95	129.80	
S. Pantaleone	82.80	213.16	
S. Sabba	82.39	122.92	
Svevo	67.81	140.14	
Pitacco	56.68	106.33	
Muggia	79.90	161.63	
Koper	29.54	69.99	

Tabella SD3: Valori di picco della media oraria di NO_2 ai punti recettori ottenuti nella simulazione, valori senza e con le concentrazioni di fondo. Scenario D.

Le distribuzioni spaziali della media annuale e dei massimi delle medie orarie per l'NO₂ sono riportate rispettivamente nelle figure 74 e 75. Non si osservano variazioni di rilievo rispetto alle figure 60 e 61 relative allo Scenario C.

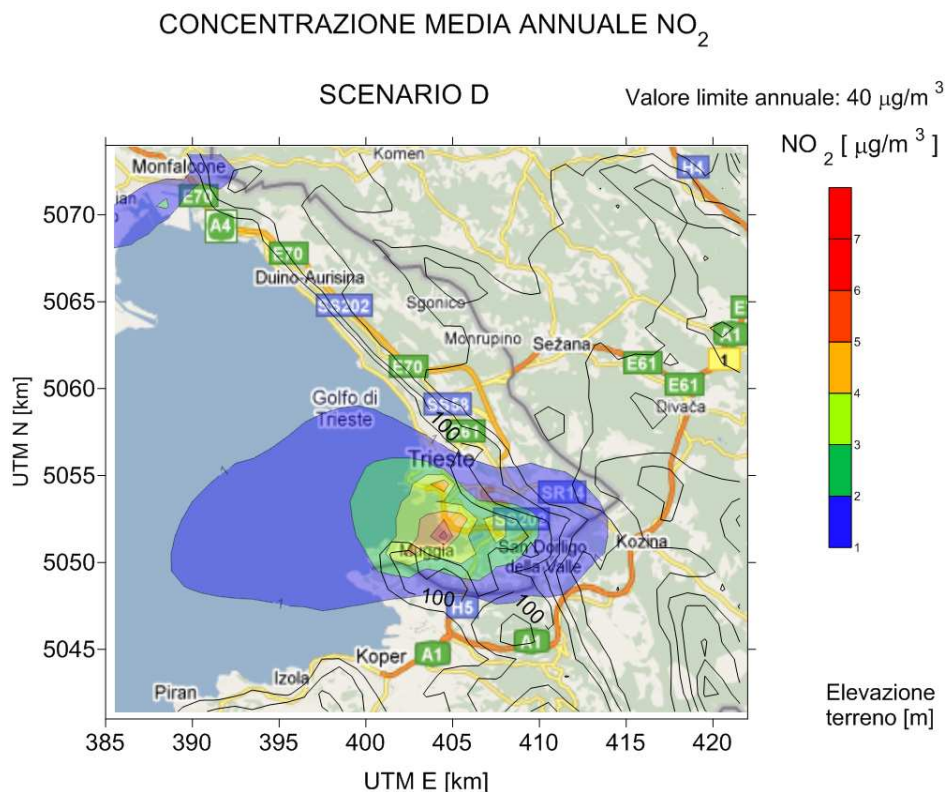


Figura 74: Distribuzione spaziale dei valori medi annui di NO₂ per l'anno 2008. Scenario D.

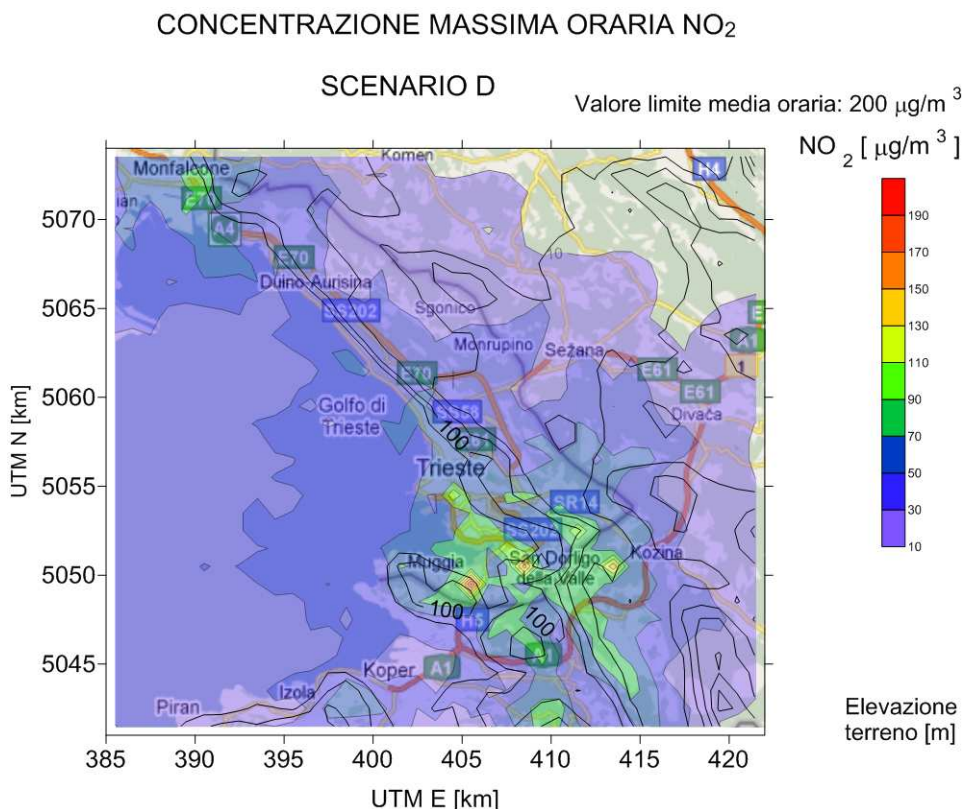


Figura 75: Distribuzione spaziale dei valori medi annui di NO₂ per l'anno 2008. Scenario D.

9.2 Ammoniaca NH₃

Lo slip di ammoniaca produce una distribuzione spaziale della stessa. La figura 76 mostra che concentrazioni delle medie annuali dell'ordine di 0.030 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sono presenti in tutta l'area a sud-ovest del luogo di insediamento della centrale, mentre valori più bassi, dell'ordine di 0.020 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ insistono sulla città di Trieste. La figura 77 mostra valori di picco delle medie orarie di NH₃ fino a 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nell'area sud-est, (San Dorligo della Valle) fino al confine di Stato.

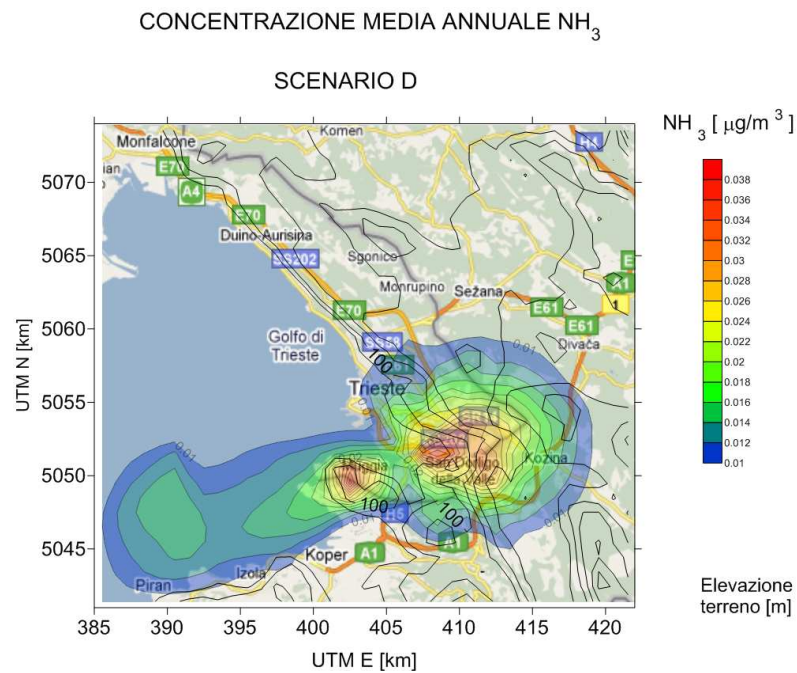


Figura 76: Distribuzione spaziale dei valori medi annui di NH₃ per l'anno 2008. Scenario D.

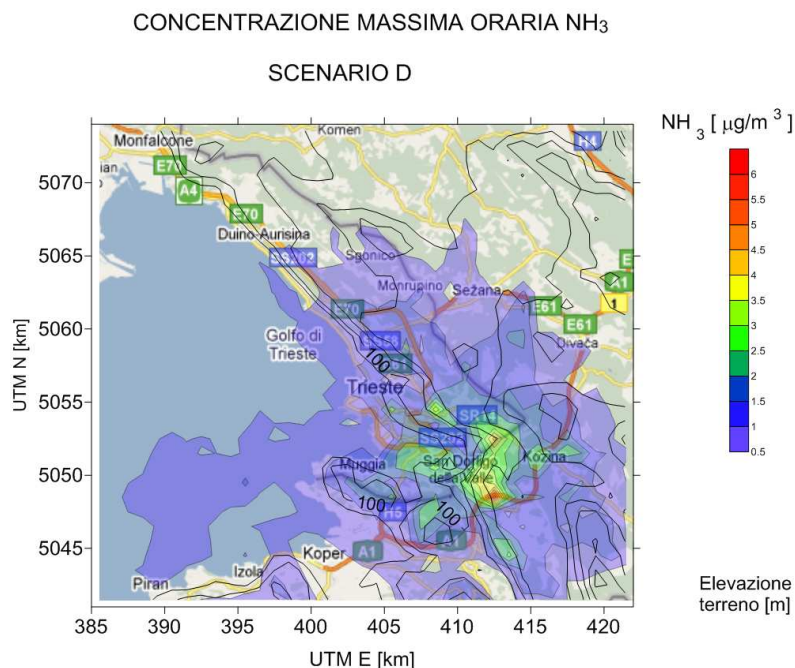


Figura 77: Distribuzione spaziale dei valori massimi delle medie orarie di NH₃ per l'anno 2008. Scenario D.

10. STIMA DELLA FORMAZIONE DELL'OZONO

La stima della produzione di ozono nella troposfera è un problema di non facile soluzione. In generale è noto dalla letteratura (si veda ad esempio [15] per una review) che la sua formazione dipende principalmente dagli NO_x e dai VOC (Volatile Organic Compounds) in presenza della luce solare e secondo tempi scala che variano dalle ore ai giorni. Determinare la formazione di ozono è molto complesso in quanto dipende in modo non lineare da molti fattori, sia chimici che meteorologici.

Le reazioni chimiche di base nella troposfera vedono la formazione fotochimica di ozono a partire dal biossido di azoto NO_2 con la formazione di ozono e monossido di azoto NO . Il monossido di azoto reagisce con l'ozono portando alla formazione di NO_2 e O_2 . Questi due processi, in assenza di VOC, sono in bilancio. La presenza di VOC permette la conversione di NO in NO_2 senza l'ozono come intermediario e determina pertanto alte concentrazioni di O_3 .

Nelle linee guida per il controllo dell'ozono è considerata di fondamentale importanza la riduzione dei suoi precursori, quindi VOC e NO_x (si veda ad esempio UNECE: Convention on long-range transboundary air pollution). Vista la non linearità del problema, ridurre le emissioni di NO_x non implica una automatica riduzione di ozono. In Europa (i.e. stati membri della European Environment Agency, EEA) si osserva un trend in diminuzione per le emissioni di NMVOC (Non-Methane Volatile Organic Compounds) e di NO_x , in particolar modo dei primi. Nel periodo 1990-2007 nell'area EEA ad un evidente calo iniziale dell'ozono è seguita una fase abbastanza stabile [16], e ciò nonostante una forte diminuzione dei suoi precursori del 37%. Va considerato che per l'ozono anche il trasporto intercontinentale gioca un ruolo importante; inoltre la riduzione in percentuale diversa di NO_x e NMVOC ne ha cambiato il rapporto e quindi anche la dinamica della formazione dell'ozono risulta diversa.

Nel presente studio, dalla tabella riepilogativa SC1 si osserva che la produzione di NO_x dovuta allo stabilimento siderurgico di Servola è pari a 550.98 tonnellate/anno. L'insediamento della Centrale Lucchini e del terminale di rigassificazione, nelle ipotesi più conservative di emissione descritte nella sezione 8 e nell' Appendice A, forniscono un contributo totale pari a 454.95 tonnellate/anno. Ne segue che uno scenario di riconversione dello stabilimento siderurgico a favore della Centrale Lucchini, da affiancare al terminale di rigassificazione fornisce una riduzione degli NO_x emessi pari a 96.03 tonnellate/anno. Con un impianto SCR la riduzione degli NO_x emessi sarebbe pari a 216.79 tonnellate/anno (Scenario D) (in questo calcolo non sono state considerate le emissioni SCV del terminale GNL).

Fermo restando che non è ancora ben definito in letteratura se ad una riduzione di NO_x si possa associare una automatica riduzione di ozono è altresì vero che la riduzione delle emissioni di NO_x valutate nel presente studio sono in linea con le direttive per il controllo dell'ozono.

Appendice A

A1 Le emissioni da traffico navale

Sono state considerate le emissioni in atmosfera provenienti dal traffico navale legato al progetto del terminale di rigassificazione nella zona di Zaule come da progetto Gas Natural [4].

Per quantificare le emissioni si è fatto uso della seguente formulazione, si veda ad esempio [5]:

$$E = P \times T \times LF \times EF \quad (1)$$

Dove E rappresenta l'emissione in grammi/anno, P è la potenza del motore in Kw, T è il tempo di attività in ore/anno durante una data tipologia di manovra della nave, LF è il fattore di carico del motore in percentuale durante tale manovra, EF è il fattore di emissione in grammi/kw-ora. I coefficienti di emissione solitamente vengono riportati anche in funzione della quantità di combustibile utilizzato nel caso si voglia quantificare le emissioni in maniera indipendente dal tipo di motore.

La European Environment Agency (EEA) nel suo rapporto tecnico "Air pollution emission inventory guidebook 2009" fornisce tra l'altro le linee guida per le emissioni inquinanti legate al traffico navale [6]. In particolare si appoggia ai dati pubblicati dalla Entec nel 2002 per la Commissione Europea [7]. La guida EEA ha un approccio generale sul traffico navale ad esempio per quanto riguarda le categorie delle navi, in [6] vengono considerate 8 categorie navali contro le 26 considerate in [7]. Nel presente lavoro abbiamo deciso di fare riferimento direttamente a [7] in quanto permette un'analisi più dettagliata sul nostro problema specifico. Infatti nella presente sezione si vogliono quantificare non le emissioni generali legate all'attività portuale di Trieste, ma quelle specifiche relative al traffico delle metaniere destinate al rigassificatore della Gas Natural. In [6] molti parametri vengono definiti per la categoria generica "tanker", mentre in [7] è possibile analizzare nello specifico la classe "liquefied gas tanker" qui oggetto di studio. Per spiegare meglio il motivo di tale scelta si può ad esempio considerare i dati forniti in [6] e [7] sulla tipologia di motore principale installata e sul tipo di combustibile utilizzato. In [6] riferendosi globalmente alla categoria "tanker" si riporta che il 68.25% è dotata di motori Slow Speed Diesel con utilizzo di carburante Residual Oil, mentre solo il 8.57% fa uso di motori Steam Turbine con uso di Residual Oil, se però andiamo a vedere in [7] i valori caratteristici per la sotto categoria "liquefied gas tanker" si può osservare una controtendenza, solo il 34% fa uso di Slow Speed Diesel con Residual Oil mentre il 47.50% fa uso di Steam Turbine con Residual Oil ed il 10.74% di Steam Turbine con Marine Gas Oil. Pertanto per eseguire un'analisi più dettagliata sulle emissioni delle metaniere si è ritenuta una scelta più opportuna fare riferimento ai dati reperiti in [7]. Inoltre tale

approccio al dettaglio ha permesso di quantificare le emissioni direttamente secondo la tipologia di motore utilizzata di cui è risultato semplice reperire le informazioni.

Nella presente analisi verranno considerate come specie chimiche: NO_x , SO_2 , CO_2 , CO , PM_{10} .
Si farà riferimento alla terminologia tecnica inglese per evitare incomprensioni.

A1.1 Parametri per il calcolo del fattore di emissione EF

Per quanto concerne il fattore di emissione EF , comunemente vengono considerati di riferimento i fattori calcolati dallo ILV (Swedish Environmental Research Institute) e dai Lloyds register, tali database ed in particolare quelli dei Lloyds vengono utilizzati ad esempio dalla European Environment Agency [6]. Su tali database si basano anche i valori riportati in [7], mentre in [8], pubblicazione SMED (Swedish Methodology for Environmental Data), si possono trovare dati ILV aggiornati al 2002. Alle pubblicazioni [7] ed [8] faremo riferimento per la descrizione qui presentata.

I coefficienti di emissione vengono valutati in funzione di tre aspetti:

- tipo di manovra della nave
- tipologia del motore
- tipo di combustibile usato

Descriviamo brevemente questi aspetti. In seguito il traffico navale individuato nel nostro caso specifico andrà definito in funzione di queste caratteristiche.

Vengono individuate tre tipologie di manovra principali per le navi:

- at sea: fase di navigazione
- manoeuvring: fase di manovra, ovvero dalla situazione di navigazione in mare aperto a quella di stazionamento al porto
- in port: di stazionamento alla banchina

Si fa subito presente che la fase di navigazione “*at sea*” non è di interesse per il calcolo oggetto della presente relazione.

Si possono individuare le seguenti tipologie fondamentali per i motori:

- *SSD*: Slow Speed Diesel
- *MSD*: Medium Speed Diesel
- *HSD*: High Speed Diesel
- *GT*: Gas Turbine
- *ST*: Steam Turbine

Per la determinazione dei coefficienti di emissione può essere fatta anche la distinzione tra motore principale (*ME* ovvero “Main Engine”) e motore ausiliario (*AE* ovvero “Auxiliary Engine”).

Infine per il tipo di carburante vengono individuate tre categorie che differiscono tra loro per il contenuto di zolfo:

- RO: Residual Oil
- MDO: Marine Diesel Oil
- MGO: Marine Gas Oil

Tra questi RO è il combustibile più pesante e a maggior contenuto di zolfo.

A1.2 Il traffico navale, caratteristiche e calcolo delle emissioni

Facendo riferimento alla relazione di impatto ambientale [4] si evince che il terminale di rigassificazione riceverebbe una metaniera (categoria A11A “*tanker Liquefied gas*” in [7]) ogni 2.5 giorni, durante il periodo di esercizio, il che significa 110 navi in un anno. Le metaniere hanno poi bisogno di 2-4 rimorchiatori per le operazioni di accesso al porto. Il contributo dei rimorchiatori non è trascurabile e verrà considerato nelle analisi. Inoltre verranno sempre considerate le navi di maggiore capacità tra quelle ammissibili nel progetto Gas Natural, ovvero 140,000 m³, tale scelta è giustificata per eseguire il calcolo delle emissioni in chiave conservativa ed è in linea con la scelta riportata in [4].

Basandosi principalmente su [7] si possono individuare due strategie per il calcolo delle emissioni delle metaniere. In particolare tali strategie si differenziano per la scelta dei coefficienti di emissione. La strategia 1 prevede l'utilizzo di coefficienti di emissione determinati attraverso una analisi dettagliata delle caratteristiche navali, ad esempio: tipo di motore, combustibile usato etc. Il secondo approccio (strategia 2) invece risulta più generico e viene calcolato in base a valori definiti per categoria di nave. Di seguito le emissioni vengono calcolate seguendo entrambe le strategie e confrontati i risultati.

A1.2.1 Strategia 1 per il calcolo delle emissioni da metaniera.

Le caratteristiche per le metaniere al fine del calcolo delle emissioni sono riportate in tabella A1 e A2, queste si riferiscono rispettivamente al motore ausiliare ed a quello principale in uso in una generica metaniera. Vengono considerate nel dettaglio tutte le caratteristiche fondamentali individuate per la categoria navale in oggetto. Di seguito verrà descritta la procedura che ha portato alla scelta dei parametri esposti nelle tabelle.

Navigazione	Tipo motore	Carburante	Potenza [Kw]	AE [Kw]	t [ore]	navi	LF
manoeuvring	MSD	RO	39900	10344	2	110	0.5
in port	MSD	RO	39900	10344	12	110	0.6

Tabella A1: caratteristiche per le metaniere per motori AE. Da sinistra a destra: il tipo di manovra, tipologia di motore, carburante utilizzato, potenza complessiva dei motori, potenza del motore considerato, ore di attività per manovra, numero di navi considerate, fattore di carico.

Navigazione	Tipo motore	Carburante	Potenza [Kw]	ME [Kw]	t [ore]	navi	LF
manoeuvring	ST	RO	39900	29556	2	110	0.2
in port	ST	RO	39900	29556	12	110	0.2

Tabella A2: caratteristiche per le metaniere per motori ME. Da sinistra a destra: il tipo di manovra, tipologia di motore, carburante utilizzato, potenza complessiva dei motori, potenza del motore considerato, ore di attività per manovra, numero di navi considerate, fattore di carico.

Per la tipologia di motore, da [7] si ricava che il 34.76% delle navi di categoria A11A “*tanker liquefied gas*” ha ME di tipo SSD mentre il 58.24% ha ME di tipo ST, inoltre per la tipologia di motore ST la maggior parte fa uso di combustibile RO. Per quanto riguarda i motori ausiliari AE, il 58% è dotato di MSD ed il 42% di HSD. Anche in questo caso tra i motori MSD la maggior parte fa uso di combustibile RO. Pertanto nell’analisi delle emissioni si farà riferimento in generale a motori ME di tipo ST con uso di RO, mentre per i motori ausiliari AE, si considerano motori MSD con carburante RO. In [9] viene riportato che per i motori ausiliari viene fatto uso di carburante MDO. Comunque la scelta di RO è conservativa in quanto contiene solfuri in quantità maggiore. La potenza motore complessiva caratteristica per una metaniera avente una capacità di 140,000 m³ e di 39,900 kw [4]. Tale potenza può essere vista come la somma di diversi componenti:

$$P_{\text{tot}} = P_{\text{ME}} + P_{\text{AE}} + P_{\text{altro}} \quad (2)$$

dove P_{ME} e P_{AE} sono la potenza del motore principale e di quello ausiliario rispettivamente, mentre P_{altro} fa riferimento ad altre generiche sorgenti. Per il traffico di “*tanker*” nel mediterraneo viene riportato in [9] un rapporto:

$$P_{\text{AE}} / P_{\text{ME}} = 0.35 \quad (3)$$

Possiamo utilizzare questo rapporto per suddividere le emissioni a seconda che si lavori con il motore principale o con quello ausiliario. Trascurando il P_{altro} in (2), scelta eseguita in chiave conservativa, si ricava $P_{\text{ME}} = 29,556$ kw e $P_{\text{AE}} = 10,344$ kw. Tali valori sono in linea con quanto riportato in letteratura, solo a titolo esemplificativo si veda [10], dove vengono riportate le

caratteristiche di una nave metaniera simile a quelle qui considerate. Viene infatti definita una potenza di 28,000 kw per il motore principale di una metaniera con una capacità di 140,000m³ .

In [4] si riporta come 12 ore il periodo di stazionamento della metaniera per le operazioni di carico e scarico, dato che si può trovare anche in [7]. Per la fase di manovra, da comunicazione diretta con la Tripmare [11], si evince che per le petroliere in servizio alla SIOT i tempi di utilizzo dei rimorchiatori, e quindi di manovra per la petroliera, sono inferiori alle 2 ore (somma del periodo da e per il molo); è quindi ipotizzabile un tempo di manovra analogo per le metaniere. Il tempo considerato per la manovra è comunque in linea a quanto riportato in [7] per la categoria A11A “*tanker liquefied gas*”.

Infine per il fattore di carico nelle varie fasi di navigazione si è fatto riferimento ancora a [7]. Qui per le metaniere sono considerati in fase di manovra valori LF=0.2 e LF=0.5 rispettivamente per i motori principali ed ausiliari. Nella fase di stazionamento invece si considerano LF=0.2 e LF=0.6 rispettivamente per i motori principali ed ausiliari. Tali coefficienti sono puramente un’assunzione “ragionevole” a fini pratici, come viene puntualizzato in [7] e [9], infatti la categoria “*tanker*” quando non è in navigazione utilizza gli ME con un fattore di carico LF>0.2 oppure fa uso solamente dei motori AE.

Nelle tabelle A3 e A4 vengono riportati i coefficienti di emissione rispettivamente per i motori AE ed ME determinati in relazione alle caratteristiche esposte nelle tabelle A1 e A2. Tali coefficienti sono stati scelti da [7] e [8]. Si fa presente che è stato scelto sempre il coefficiente di emissione maggiore dal confronto tra quelli a disposizione. Inoltre per il CO si è fatto riferimento a [8] in quanto non presente come dato in [7]. Analogamente per il PM₁₀ si è fatto uso del valore riportato in [8] in quanto in [7] viene riportato genericamente il PM.

AE	EMISSIONS FACTORS [g/kw ora]				
	NO _x	SO ₂	CO ₂	PM ₁₀	CO
manoeuvring	14.7	12.3	752	1	2.2
port	14.7	12.3	722	0.5	0.9

Tabella A3: coefficienti di emissione relativi a metaniera determinati per i motori AE nelle diverse fasi di manovra [7] e [8].

ME	EMISSIONS FACTORS [g/kw ora]				
	NO _x	SO ₂	CO ₂	PM ₁₀	CO
manoeuvring	1.7	18.1	1067	1.6	0.4
port	1.7	18.1	1067	1.6	0.4

Tabella A4: coefficienti di emissione relativi a metaniera determinati per i motori ME nelle diverse fasi di manovra [7] e [8].

Utilizzando i coefficienti sopra esposti, i dati in tabella A1 e A2 e la formula (1) sono state quantificate le emissioni come riportate qui di seguito nelle tabelle A5 e A6. Il tempo di attività in un anno è stato ricavato dal tempo necessario ad una manovra per il numero di navi in un anno.

AE	NO _x [t/a]	SO ₂ [t/a]	CO ₂ [t/a]	PM ₁₀ [t/a]	CO [t/a]
manoeuvring	16.73	14.00	855.69	1.14	2.50
port	120.43	100.77	5915.20	4.10	7.37
Totale	137.16	114.77	6770.89	5.23	9.88

Tabella A5: Strategia 1, emissioni in tonnellate/anno per i motori AE per una metaniera nelle diverse fasi di navigazione.

ME	NO _x [t/a]	SO ₂ [t/a]	CO ₂ [t/a]	PM ₁₀ [t/a]	CO [t/a]
manoeuvring	2.21	23.54	1387.60	2.08	0.52
port	13.26	141.23	8325.57	12.48	3.12
Totale	15.48	164.77	9713.17	14.57	3.64

Tabella A6: Strategia 1, emissioni in tonnellate/anno per i motori ME per una metaniera nelle diverse fasi di navigazione.

A1.2.2 Strategia 2 per il calcolo delle emissioni da metaniera.

In questo secondo approccio le emissioni vengono calcolate genericamente in base alla categoria navale. Le caratteristiche prese in considerazione per le navi sono riportate in tabella A7. In questo approccio non viene considerato il tipo di motore e di combustibile utilizzato e non viene fatta distinzione tra motore principale ed ausiliario. Pertanto la potenza complessiva riportata sopra di 39,900 kw viene genericamente considerata come relativa ai motori principali. Riguardo alle ore di attività e ad i fattori di carico si fa riferimento a quanto già mostrato per l'approccio precedente.

Navigazione	Tipo Motore	Carburante	Potenza [Kw]	ME [Kw]	AE [Kw]	t [ore]	navi	LF
manoeuvring	-	-	39900	39900	-	2	110	0.2
in port	-	-	39900	39900	-	12	110	0.2

Tabella A7: caratteristiche per le metaniere per motori generici. Da sinistra a destra: il tipo di manovra, tipologia di motore, carburante utilizzato, potenza complessiva dei motori, potenza del motore considerato, ore di attività per manovra, numero di navi considerate, fattore di carico.

A queste caratteristiche vengono associati i fattori di emissione riportati in tabella A8 come definiti in [7] genericamente per la categoria A11A "tanker liquefied gas".

ME	EMISSIONS FACTORS [g/kw ora]				
	NO _x	SO ₂	CO ₂	PM ₁₀	CO
manoeuvring	7.4	13.5	887	2.1	0.4
port	7.5	13.4	884	2.1	0.4

Tabella A8: coefficienti di emissioni relativi a metaniere determinati nelle diverse fasi di manovra [7].

Per le due tipologie di manovra individuate vengono trovate le emissioni come mostrate in tabella A9, espresse in tonnellate/anno. Queste sono state calcolate utilizzando i parametri della tabella A7 e la formula (1).

	NO _x [t/a]	SO ₂ [t/a]	CO ₂ [t/a]	PM ₁₀ [t/a]	CO [t/a]
manoeuvring	12.99	23.70	1557.22	3.69	0.70
port	79.00	141.15	9311.70	22.12	4.21
Totale	91.99	164.85	10868.92	25.81	4.92

Tabella A9: Strategia 2, emissioni in tonnellate/anno per una metaniera nelle diverse fasi di navigazione.

Confrontando i risultati ottenuti applicando le diverse strategie risulta evidente come la strategia 1 porti ad un calcolo di emissioni maggiore. Pertanto per eseguire una simulazione che sia conservativa si è scelto di adottare le emissioni come determinate con la strategia 1.

A1.2.3 Emissioni da rimorchiatori

Nella tabella A10 vengono riportate le caratteristiche per i rimorchiatori in servizio presso il porto di Trieste, le informazioni riportate derivano da comunicazione diretta con la Tripmare [11] proprietaria della flotta. Per quanto riguarda il tipo di motore si è considerato una tipologia MSD, infatti in [7] si riscontra che il 68.68% delle navi tipologia B32 *Towing/Pushing* (analisi basata su 777 navi) è dotata di motori MSD, e solo il 27.99% di motori HSD. Il tipo di combustibile considerato è invece MDO, come comunicato direttamente da Tripmare [11].

Il fattore di carico è molto variabile durante l'esercizio per i rimorchiatori ed in via cautelativa è stato scelto un coefficiente 0.8, ad esempio in [12] viene usato 0.6. La tipologia di navigazione considerata infine è sempre di tipo "*manoeuvring*", come fatto ad esempio in [13].

Ai fini del calcolo delle emissioni verrà considerato che solo i primi 4 rimorchiatori riportati in tabella A10 verranno utilizzati per il supporto alle metaniere, ovvero quelli con potenza motore maggiore. Tale scelta segue un principio di conservatività, visto che le emissioni sono proporzionali alla

potenza del motore, si veda (1). Tale scelta deriva anche da informazioni ottenute per comunicazione diretta con la Tripmare [11].

Nave			Kw	cavalli	Anno
Rimorchiatore	1	(R1)	3744	5091	2001
Rimorchiatore	2	(R2)	3744	5091	2001
Rimorchiatore	3	(R3)	3040	4134	1998
Rimorchiatore	4	(R4)	3040	4134	1998
Rimorchiatore	5	(R5)	3040	4134	1997
Rimorchiatore	6	(R6)	2800	3808	1996
Rimorchiatore	7	(R7)	1544	2100	1987
Rimorchiatore	8	(R8)	1544	2100	1984

Tabella A10: Potenza motore ed anno costruzione dei rimorchiatori Tripmare in uso nel porto di Trieste [11].

Di seguito nelle tabelle A11 e A12 vengono riportate le caratteristiche per i rimorchiatori R1-R2 e R3-R4 rispettivamente, in quanto accomunati dalla stessa potenza motore. La potenza complessiva del rimorchiatore si considera complessivamente legata al motore principale.

Navigazione	Tipo motore	Carburante	Potenza [Kw]	ME [Kw]	t [ore]	navi	LF
manoeuvring	MSD	MDO	3744	3744	2	110	0.8
in port	MSD	MDO	3744	3744	0	110	0.8

Tabella A11: caratteristiche per i rimorchiatori R1-R2. Da sinistra a destra: il tipo di manovra, tipologia di motore, carburante utilizzato, potenza complessiva dei motori, potenza del motore considerato, ore di attività per manovra, numero di navi considerate, fattore di carico.

Navigazione	Tipo motore	Carburante	Potenza [Kw]	ME [Kw]	t [ore]	navi	LF
manoeuvring	MSD	MDO	3040	3040	2	110	0.8
in port	MSD	MDO	3040	3040	0	110	0.8

Tabella A12: caratteristiche per i rimorchiatori R3-R4. Da sinistra a destra: il tipo di manovra, tipologia di motore, carburante utilizzato, potenza complessiva dei motori, potenza del motore considerato, ore di attività per manovra, numero di navi considerate, fattore di carico.

Analogamente al caso delle metaniere si sono considerati i coefficienti di emissione più cautelativi tra quelli riportati in [7] e [8] in rapporto alle caratteristiche evidenziate nelle tabelle A11 e A12. Questi dati sono riportati nella tabella A13.

Applicando tali coefficienti sono state calcolate le emissioni come riportati in tabella A14 e A15 rispettivamente per i rimorchiatori R1-R2 e R3-R4 (in tabella si riporta le emissioni per ciascun

rimorchiatore e non la somma). Il calcolo è stato eseguito usando la formulazione (1) ed avvalendosi dei parametri esposti nelle tabelle A11 e A12.

	EMISSIONS FACTORS [g/kw ora]				
	NO _x	SO ₂	CO ₂	PM ₁₀	CO
manoeuvring	10.6	4.5	717	0.4	2.2
port	10.6	4.5	717	0.4	0.9

Tabella A13: coefficienti di emissione relativi ai rimorchiatori determinati nelle diverse fasi di manovra [7] e [8].

R1-R2	NO _x [t/a]	SO ₂ [t/a]	CO ₂ [t/a]	PM ₁₀ [t/a]	CO [t/a]
manoeuvring	6.98	2.97	472.46	0.26	1.45
port	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totale	6.98	2.97	472.46	0.26	1.45

Tabella A14: emissioni in tonnellate/anno per il rimorchiatore R1 o R2 nelle diverse fasi di navigazione.

R3-R4	NO _x [t/a]	SO ₂ [t/a]	CO ₂ [t/a]	PM ₁₀ [t/a]	CO [t/a]
manoeuvring	5.67	2.41	383.62	0.21	1.18
port	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totale	5.67	2.41	383.62	0.21	1.18

Tabella A15: emissioni in tonnellate/anno per un rimorchiatore R3 o R4 nelle diverse fasi di navigazione.

Il totale delle emissioni relative ai rimorchiatori R1-R4 è riportato di seguito:

NO _x [t/a]	SO ₂ [t/a]	CO ₂ [t/a]	PM ₁₀ [t/a]	CO [t/a]
25.31	10.75	1712.17	0.96	5.25

Tabella A16: emissioni totali per i rimorchiatori in tonnellate/anno.

A1.3 Caratteristiche del punto emissione navi

Al fine di simulare la ricaduta delle emissioni nel tessuto urbano si è dovuto considerare le caratteristiche del punto di emissione legato alle navi. Per quanto riguarda il posizionamento e le caratteristiche del getto di emissione dal fumaiolo delle navi il California Air Board nella relazione [14] riporta genericamente per la categoria “*tanker*”, a cui le metaniere appartengono, le caratteristiche riportate in tabella A17. In [12], relazione di impatto ambientale in atmosfera per un terminale LNG, vengono considerate tra l’altro le caratteristiche dei fumaioli per la categoria delle metaniere, quindi fornendo dati più dettagliati per il problema in oggetto. Pertanto nella presente simulazione verranno utilizzati questi ultimi dati per le metaniere, mentre si farà riferimento a [14] per i rimorchiatori. Le informazioni da [12], mostrate in tabella A18, vengono riportate anche

suddivise per tipologia di motore, ME o AE, permettendo pertanto un'analisi più dettagliata. I dati fanno riferimento a metaniere con capacità di 125,000m³ ed una potenza motore complessiva di 40,000 kw. Tra i dati disponibili sono scelti quelli relativi ad un uso di carburante di tipo RO, cioè lo stesso considerato nei calcoli delle emissioni nel caso specifico.

	Temperatura [°C]	Altezza [m]	Diametro [m]	Velocità [m/s]
Tanker	306	32.9	1.7	23.4
Rimorchiatore	306	9.14	1.0	15.3

Tabella A17: Caratteristiche dei camini per la categoria tanker, [14] e per i rimorchiatori. Temperatura di uscita dei gas, altezza del fumaiolo, diametro e velocità dei gas all'uscita.

	Temperatura [°C]	Altezza [m]	Diametro [m]	Velocità [m/s]
Metaniera ME	176.85	40	1.7	2.3
Metaniera AE	481.45	40	0.6	24.9

Tabella A18: caratteristiche fumaioli per metaniera di capacità 125,000m³ con combustibile RO [12]. Temperatura di uscita dei gas, altezza del fumaiolo, diametro e velocità dei gas all'uscita.

In conclusione di questa parte dell'Appendice A si può affermare che il calcolo delle emissioni da navi per il terminale Gas Natural è stato eseguito con il massimo principio conservativo in quanto:

- sono state considerate navi metaniere con capacità massima tra quelle in servizio presso il rigassificatore in progetto;
- si sono considerati i coefficienti di emissione maggiore tra quelli disponibili nella letteratura di riferimento;
- è stato sempre considerato per le metaniere un combustibile pesante (RO);
- le emissioni di NO_x con nuove tipologie di motori potrebbero essere notevolmente abbattute;
- tra le strategie possibili per il calcolo delle emissioni si è adottata quella più conservativa.

A2 Le riduzioni del traffico navale per dismissione impianto siderurgico di Servola

Nella presente sezione consideriamo le emissioni legate al traffico navale dello stabilimento siderurgico di Servola. Tale valutazione permette una stima della possibile riduzione di emissioni dovute alla dismissione dell'impianto. Queste indicativamente non dovrebbero essere considerate nel "fondo" delle simulazioni numeriche per gli scenari in cui non è prevista la presenza dell'impianto di Servola. La metodologia applicata sarà analoga a quella vista nelle sezioni precedenti della presente Appendice A.

L'impianto di Servola viene approvvigionato da navi di categoria A21 *bulk dry carrier* (si veda [7]). Queste possono essere suddivise in base alla stazza in diverse categorie come in tabella A19.

Tipologia	Stazza [tonnellate]
Cape-Size	> 80,000
Panamax	60,000 – 80,000
Handymax	35,000 – 59,000
Handysize	10,000 – 35,000

Tabella A19: stazza per i diversi tipi di *Bulk dry carrier*.

Per l'impianto di Servola nell'esercizio 2010 sono previste 15 navi di tipo *Panamax* (10 da 6,100 tonnellate per il trasporto di fossili e 5 da 72,000 tonnellate per il trasporto di minerali) e 15 di tipo *Handysize* (5 da 24,000 tonnellate per il trasporto di pellets e 10 da 18,500 tonnellate per il trasporto di prodotti fini).

Nella tabella A20 e A21 vengono riportate le caratteristiche delle navi tipo *Panamax* per i motori principali e ausiliari rispettivamente, mentre nelle tabelle A22 e A23 si riportano le caratteristiche analogamente per motori principali ed ausiliari delle navi tipo *Handysize*.

Il tipo di motore considerato per la categoria è generalmente di tipo SSD per i ME con utilizzo di carburante RO. Secondo [7] questa tipologia costituisce il 97.10% del totale. Per i motori ausiliari abbiamo considerato una tipologia MSD con uso sempre di carburante RO che in [7] costituiscono il 58% nel totale dei motori considerati.

In [5] viene riportato che la potenza media per i motori principali dei *bulk dry carrier* è circa di 8,000 kw, il rapporto tra potenza motori principali e ausiliari viene poi individuato in 0.222. Per le *Bulk Dry* tipo *Panamax* si può considerare una potenza dei motori principali di 11,000 kw mentre per le più piccole *Handysize* una potenza da 5,700 kw. Da questi valori, tenendo conto del rapporto 0.222, è stata calcolata la possibile potenza del motore ausiliario come riportato nelle tabelle.

Sempre da [7] si evince un periodo medio di stazionamento dovuto allo scarico / carico in porto pari a 30 ore; per la fase di manovra è stato considerato un tempo di 2 ore come per gli altri casi analizzati.

Navigazione	Tipo motore	Carburante	AE [Kw]	t [ore]	navi	LF
manoeuvring	MSD	RO	2442	2	15	0.5
in port	MSD	RO	2442	30	15	0.6

Tabella A20: caratteristiche per *Bulk Dry Carrier Panamax* per motori AE. Da sinistra a destra: il tipo di manovra, tipologia di motore, carburante utilizzato, potenza del motore considerato, ore di attività per manovra, numero di navi considerate, fattore di carico.

Navigazione	Tipo motore	Carburante	ME [Kw]	t [ore]	navi	LF
manoeuvring	SSD	RO	11000	2	15	0.2
in port	SSD	RO	11000	30	15	0.2

Tabella A21: caratteristiche per *Bulk Dry Carrier Panamax* per motori ME. Da sinistra a destra: il tipo di manovra, tipologia di motore, carburante utilizzato, potenza del motore considerato, ore di attività per manovra, numero di navi considerate, fattore di carico.

Navigazione	Tipo motore	Carburante	AE [Kw]	t [ore]	navi	LF
manoeuvring	MSD	RO	1265	2	15	0.5
in port	MSD	RO	1265	30	15	0.6

Tabella A22: caratteristiche per *Bulk Dry Carrier Handysize* per motori AE. Da sinistra a destra: il tipo di manovra, tipologia di motore, carburante utilizzato, potenza del motore considerato, ore di attività per manovra, numero di navi considerate, fattore di carico.

Navigazione	Tipo motore	Carburante	ME [Kw]	t [ore]	navi	LF
manoeuvring	SSD	RO	5700	2	15	0.2
in port	SSD	RO	5700	30	15	0.2

Tabella A23: caratteristiche per *Bulk Dry Carrier Handysize* per motori ME. Da sinistra a destra: il tipo di manovra, tipologia di motore, carburante utilizzato, potenza del motore considerato, ore di attività per manovra, numero di navi considerate, fattore di carico.

Il fattore di carico è considerato pari a 0.5 e 0.6 per i motori ausiliari rispettivamente nella fase di manovra e in quella di stazionamento. Per i motori principali, alla fase di stazionamento si può associare il fattore di carico pari a 0.2 e analogamente in manovra. Si veda a riguardo [7] e [9].

Nelle Tabelle A24 e A25 sono riportati i coefficienti di emissione (si veda [7] e [8]) per i motori ausiliari e principali rispettivamente, secondo le caratteristiche evidenziate nelle tabelle A20 – A23.

AE	EMISSIONS FACTORS [g/kw ora]				
	NO _x	SO ₂	CO ₂	PM ₁₀	CO
manoeuvring	14.7	12.3	752	1	2.2
port	14.7	12.3	722	0.5	0.9

Tabella A24: coefficienti di emissione relativi a *Bulk Dry* determinati per i motori AE nelle diverse fasi di manovra [7] e [8].

ME	EMISSIONS FACTORS [g/kw ora]				
	NO _x	SO ₂	CO ₂	PM ₁₀	CO
manoeuvring	14.5	11.6	682	2.6	1
port	14.5	11.6	682	2.6	1

Tabella A25: coefficienti di emissione relativi a *Bulk Dry* determinati per i motori ME nelle diverse fasi di manovra [7] e [8].

Nella tabella A26 sono riportate le emissioni totali calcolate per le *Handysize* e *Panamax* calcolate considerando la distinzione in motori principali e ausiliari, utilizzando i dati sopra esposti e la formula (1).

NO _x [t/a]	SO ₂ [t/a]	CO ₂ [t/a]	PM ₁₀ [t/a]	CO [t/a]
38.78	31.59	1857.92	4.72	2.63

Tabella A26: emissioni totali in tonnellate/anno per il traffico di "*bulk dry carrier*" legato alla Ferriera di Servola.

Considerando poi anche i rimorchiatori in numero di due, giusto a titolo esemplificativo, alle emissioni da *Bulk Dry* si dovrebbe sommare le quantità riportate in tabella A27, queste sono state calcolate nello stesso modo esposto al punto A1.2.3 considerando i rimorchiatori R1 e R2. Il totale delle emissioni, "*bulk dry carrier*" e rimorchiatori, viene riportato nella tabella A28.

NO _x [t/a]	SO ₂ [t/a]	CO ₂ [t/a]	PM ₁₀ [t/a]	CO [t/a]
3.81	1.62	257.71	0.14	0.79

Tabella A27: emissioni totali per i rimorchiatori in tonnellate/anno per il traffico di "*bulk dry carrier*" legato alla Ferriera di Servola.

NO _x [t/a]	SO ₂ [t/a]	CO ₂ [t/a]	PM ₁₀ [t/a]	CO [t/a]
42.59	33.21	2115.63	4.87	3.42

Tabella A28: emissioni totali in tonnellate/anno per il traffico navale legato alla Ferriera di Servola.

Come conclusione di questa parte dell'Appendice A, si può affermare che per quantificare le emissioni del traffico navale associato alla operatività dello stabilimento siderurgico di Servola, sono stati utilizzati gli stessi principi e le stesse ipotesi di lavoro utilizzate per la quantificazione delle emissioni del traffico navale dovuto al terminale GNL.

Appendice B

Nella presente Appendice si discute una variazione dello Scenario C, nella quale si considera la Centrale Lucchini operativa per 6,000 ore/anno (denominato caso C1). Questo darebbe luogo ad una quantità di NO_x emessi pari a 391 tonnellate/anno. E' stata quindi effettuata una nuova simulazione variando solamente tale parametro.

La figura B1 mostra la differenza delle medie orarie ottenute nei due differenti scenari di funzionamento della Centrale. Nel caso C1 si otterrebbero deboli incrementi nelle medie orarie degli NO₂ ai punti recettori con valori di picco fino a 2 µg/m³. Tali variazioni sono più significative ai recettori prossimi alla zona industriale e al recettore di Muggia.

La tabella B1 riporta i valori medi annui ai punti recettori, senza e con i valori di fondo, considerando il quadro emissivo denominato C1. Rispetto allo Scenario C (si veda la tabella SC5) gli incrementi appaiono di entità molto modesta. Lo Scenario C1 incide per un valore massimo del 15% alle emissioni totali al recettore San Sabba e per meno del 10% ai recettori dove si osservano superamenti rispetto ai valori limite di normativa.

La tabella B2 contiene i valori di picco delle medie orarie calcolate ai punti recettori, senza e con i valori delle concentrazioni di fondo. Il confronto con la corrispondente tabella SC6 mostra ancora una volta aumenti delle concentrazioni molto modesti registrati ad alcuni dei punti recettori. I valori totali appaiono inferiori ai limiti di legge a tutti i recettori tranne a San Pantaleone. Questo comportamento era stato già osservato in relazione agli altri scenari studiati.

La figura B2 riporta la distribuzione spaziale della media annuale di NO₂ calcolata con lo scenario di emissione C1. Si osserva una distribuzione molto simile a quella della figura 60 relativa allo Scenario C. Ciò è vero anche per la distribuzione spaziale dei valori di picco della media oraria, ciò si evince dal confronto tra la figura B3 e la figura 61.

In definitiva, l'analisi di questo ulteriore scenario mostra che l'aumento delle ore/anno di funzionamento della Centrale (da un valore pari a 3,800 ad un valore pari a 6,000) non modifica in maniera apprezzabile le concentrazioni di NO₂ sul territorio di Trieste. Questo risultato è da attribuire al fatto, più volte discusso nel presente documento, che le emissioni della Centrale Lucchini rappresentano solamente una percentuale delle emissioni provenienti dall'intero comparto industriale della zona industriale di Trieste, e quest'ultimo, a sua volta, rappresenta una porzione limitata delle emissioni totali di ossidi di azoto sul territorio.

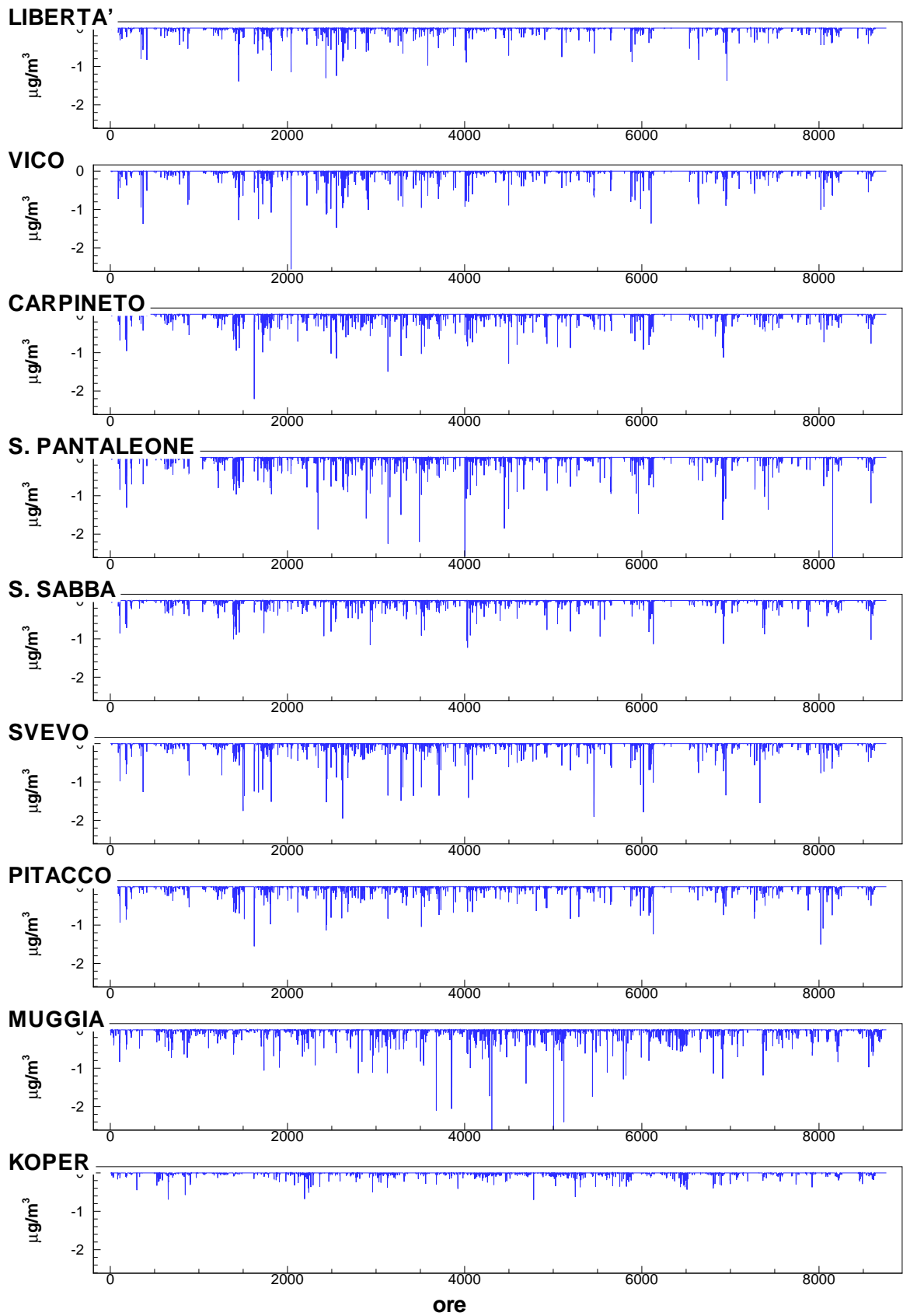


Figura B1: Differenza tra i valori di concentrazione medi orari di NO₂ ottenuti considerando rispettivamente 3,800 e 6,000 ore/anno di funzionamento della Centrale.

Stazione	Valore medio annuo da appendice B senza fondo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore medio annuo da appendice B con fondo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore di riferimento [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Libertà	1.01	58.49	40
Vico	1.64	32.58	
Carpineto	3.32	37.45	
S. Pantaleone	4.21	47.34	
S. Sabba	5.34	38.42	
Svevo	3.41	37.61	
Pitacco	3.31	29.64	
Muggia	5.01	31.93	
Koper	0.76	20.99	

Tabella B1: Valori medi annui di NO_2 ai punti recettori ottenuti nella simulazione: valori senza e con le concentrazioni di fondo. Appendice B.

Stazione	Valore massimo della media oraria da appendice B senza il fondo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore massimo della media oraria da appendice B Con il fondo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore di riferimento orario [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Libertà	71.47	176.36	200
Vico	57.10	109.02	
Carpineto	68.96	132.75	
S. Pantaleone	82.85	213.39	
S. Sabba	82.39	125.95	
Svevo	67.84	140.14	
Pitacco	56.68	107.87	
Muggia	79.90	161.76	
Koper	2.96	70.00	

Tabella B2: Valori di picco della media oraria di NO_2 ai punti recettori ottenuti nella simulazione, valori senza e con le concentrazioni di fondo. Appendice B.

CONCENTRAZIONE MEDIA ANNUALE NO₂

APPENDICE B

Valore limite annuale: 40 µg/m³

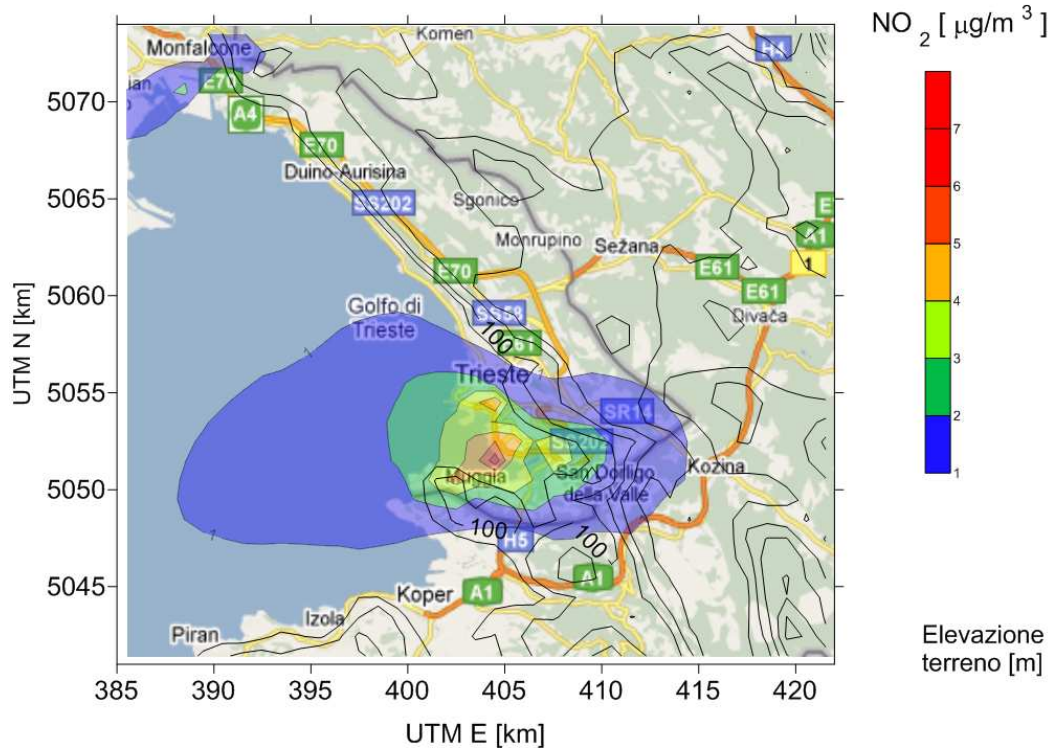


Figura B2: Distribuzione spaziale dei valori medi annui di NO₂ per l'anno 2008. Appendice B.

CONCENTRAZIONE MASSIMA ORARIA NO₂

APPENDICE B

Valore limite media oraria: 200 µg/m³

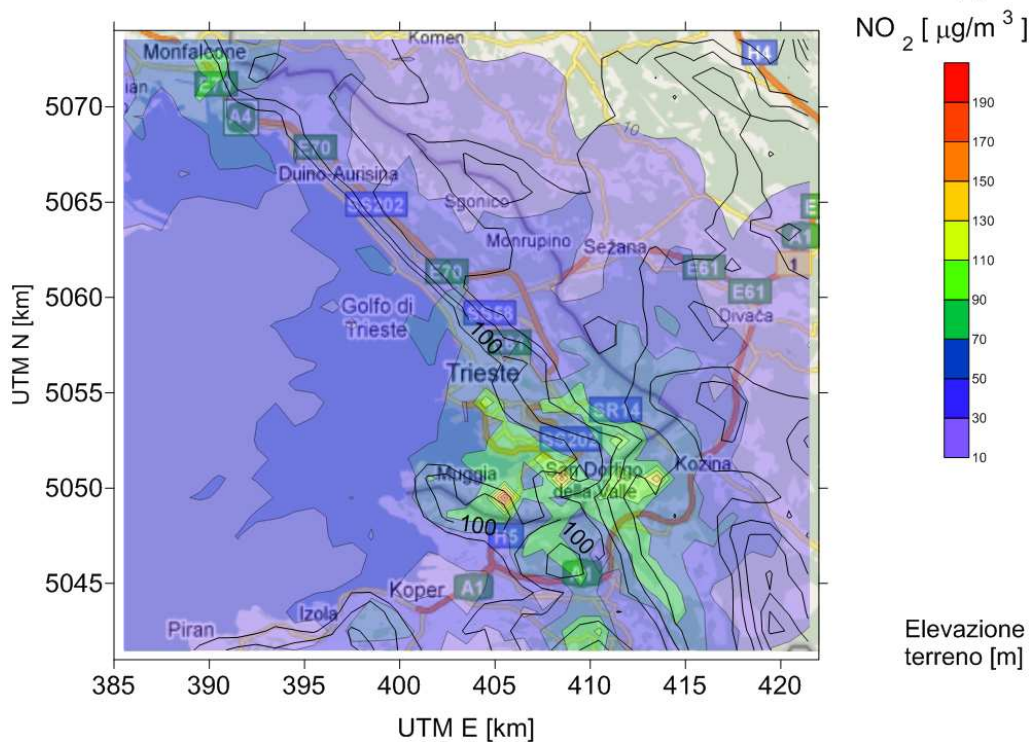


Figura B3: Distribuzione spaziale dei valori massimi della media oraria di NO₂ per l'anno 2008. Appendice B.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Derwent, R.G. and Middleton, C.R. "An Empirical Function for the Ratio $\text{NO}_2:\text{NO}_x$ ". Clean Air, Vol. 26, No. 3/4 57, 1996.
- [2] ARPA-FVG. "La qualità dell'aria della città di Trieste con particolare riferimento alla zona di Servola". 2009.
- [3] Tartaglia, M. "L'inquinamento dell'aria da traffico stradale". Edizioni BIOS, 1999.
- [4] Medea Development per Gas Natural. Progetto: terminale di ricezione e rigassificazione Gas Natural liquefatto (GNL) Zaule (Ts). Studio di impatto ambientale (SIA), integrazioni. Numero documento 03246-E&E-R-0-112, 11-12-2006.
- [5] U.S. Environmental Protection Agency. "Current methodologies in preparing mobile source port-related emission inventories". Final report, 2009.
- [6] European Environment Agency. "Air pollutant emission inventory guidebook". Tech. report 9, 2009.
- [7] Entec UK. European Commission. "Quantification of emissions from ships associated with ship movements between ports in the European community". Final report, 2002.
- [8] Cooper, D., Gustafsson, T. "Methodology for calculating emissions from ships: update of emission factors". Report series SMED, Swedish methodology for environmental data, 4, 2004.
- [9] Entec UK. Concawe. "Ships emissions inventory, Mediterranean sea". Final report, 2007.
- [10] http://www.ship-technology.com/projects/inigo_tapias/
- [11] Comunicazioni telefoniche e via posta elettronica con personale tecnico Tripmare (www.tripmare.it)
- [12] "Air and Noise Quality AES Sparrows Point LNG Terminal & Mid-Atlantic Express Pipeline". Resource Report 9 – 2007.
- [13] ARPAV. "Le emissioni da attività portuale". 2007.

- [14] California Environmental Protection Agency, California Air Resource Board, South Coast Air Quality Management District. "Air quality impacts from NO_x Emissions of two potential marine vessel control strategies in the south coast air basin". 2000.
- [15] Sillman, S. "The relation between ozone, NO_x and hydrocarbons in urban and polluted rural environments". Atmospheric Environment, 1999, 33, 1821-1845.
- [16] European Environment Agency. "Assessment of ground-level ozone in EEA member countries, with a focus on long-term trends". EEZ technical report, 2009, 7.



Prof. Ing. Vincenzo Armenio