

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:

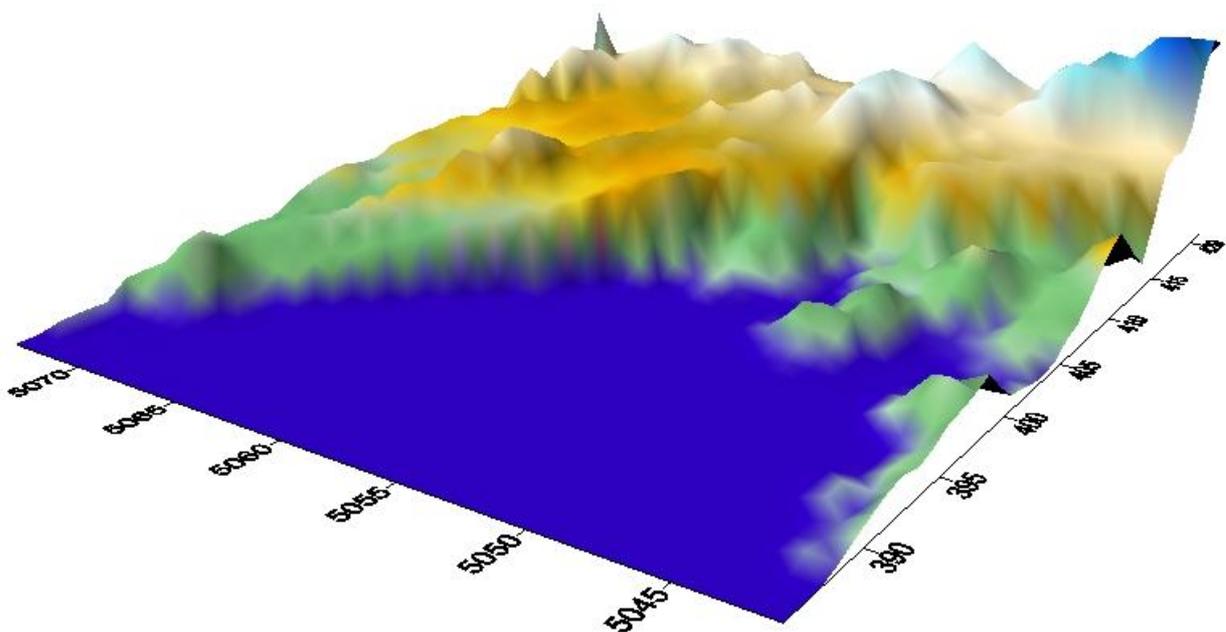
STUDIO DELLA RICADUTA AL SUOLO DELLE EMISSIONI IN ATMOSFERA

Relazione Conclusiva

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.....	3
2. DESCRIZIONE DEL MODELLO NUMERICO	3
3. AREA DI UBICAZIONE DELLA CENTRALE LUCCHINI	5
4. DATI METEOROLOGICI	5
5. ANALISI DELLO SCENARIO LONG-TERM	7
5.1 Definizione del dominio di calcolo	7
5.2 Analisi del campo meteorologico	8
5.3 Analisi della dispersione degli inquinanti	9
5.4 Biossido di zolfo SO ₂	11
5.5 Biossido di azoto NO ₂	13
5.6 Ossidi di azoto NO _x	16
5.7 Particolato PM ₁₀	16
5.8 Particolato PM _{2.5}	17
5.9 Monossido di carbonio CO	20
5.10 Anidride carbonica CO ₂	20
5.11 Ammoniaca NH ₃	21
5.12 Stima della produzione di ozono	21
6. ANALISI DELLO SCENARIO SHORT-TERM	22
6.1 Biossido di zolfo SO ₂	25
6.2 Biossido di azoto NO ₂	26
6.3 Particolato PM ₁₀	28
6.4 Ammoniaca NH ₃	29
7. SUGGERIMENTI PER L'UBICAZIONE DI UNA CENTRALINA DI MISURA.....	30
8. CONCLUSIONI.....	30
BIBLIOGRAFIA	32

1. PREMESSA

Nell'ambito della riconversione produttiva dello stabilimento siderurgico di Servola, è allo studio l'insediamento nella zona del porto industriale di Trieste, in località Zaule, di una Centrale Termoelettrica a ciclo combinato alimentata a gas naturale (nel seguito Centrale o Centrale Lucchini), della società Lucchini Energia. La Centrale sviluppa una potenza pari a 400MW.

Ai fini della valutazione dell'impatto che tale insediamento può avere sulla qualità dell'aria nella provincia di Trieste e nel territorio transfrontaliero, è stato effettuato uno studio finalizzato alla valutazione della dispersione e della ricaduta al suolo degli inquinanti emessi dalla Centrale.

Lo studio si sviluppa in tre fasi distinte.

- Nella prima fase si identificano i dati del territorio nel quale sarà ubicato l'impianto e le condizioni meteorologiche relative ad un anno di riferimento, a partire dai dati disponibili nelle centraline di misura ubicate nella regione Friuli Venezia Giulia e in territorio transfrontaliero.
- Nella seconda fase sono considerati gli scenari di emissione long-term e calcolate le mappe spaziali e gli andamenti temporali in particolari punti recettori, delle concentrazioni degli inquinanti.
- Nella terza fase si analizzano gli scenari short-term di ricaduta degli inquinanti nell'area della provincia di Trieste influenzata dalla presenza della Centrale Lucchini, sulla base dei risultati della precedente analisi long-term.

2. DESCRIZIONE DEL MODELLO NUMERICO

La dispersione e la ricaduta al suolo degli inquinanti sono valutate utilizzando la catena modellistica CALMET-CALPUFF-CALPOST [1-4]. Tale sistema modellistico è stato sviluppato e continuamente aggiornato negli USA da Sigma Research Corporation (confluita successivamente in Earth Tech, Inc.). Il sistema è inserito nell'elenco dei modelli consigliati da ISPRA (ex APAT) per la valutazione e la gestione della qualità dell'aria. E' inoltre consigliato da EPA (Environment Protection Agency, USA) come modello adatto alla valutazione della dispersione in atmosfera e ricaduta al suolo degli inquinanti emessi e/o prodotti nell'atmosfera stessa, in seguito a rilasci da sorgenti prefissate. Il suo uso, a supporto di documentazione di valutazione d'impatto ambientale, è consigliato dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATT) Italiano.

Il sistema si compone di tre moduli principali, rispettivamente CALMET, CALPUFF e CALPOST insieme ad un set di programmi di pre-processing sviluppati per interfacciare il sistema a dataset meteorologici e geofisici.

Il modello CALMET è un preprocessore meteorologico capace di fornire campi di vento a frequenza oraria. A partire da dataset di simulazioni numeriche a mesoscala, da misure di quantità meteorologiche effettuate da centraline posizionate nel territorio, o da entrambi, ricostruisce un campo tridimensionale di velocità e stratificazione termica. Esso utilizza due moduli micrometeorologici, uno adatto a strati limite atmosferici che si sviluppano al suolo e l'altro adatto a strati limite che si generano al di sopra di bacini idrici. CALMET inoltre è dotato di parametrizzazioni per gli effetti sul campo termo-fluidodinamico dovuti alle disomogeneità del terreno, quali ad esempio effetti orografici e di bloccaggio. Esso fornisce inoltre distribuzioni spaziali dell'altezza di mescolamento, delle caratteristiche della superficie e delle proprietà di dispersione. Il modello CALMET può essere inizializzato sia da dati provenienti da centraline di misura al livello del suolo e da radiosondaggi, sia tramite dati provenienti da modelli meteorologici ad area limitata.

CALPUFF è un modello Lagrangiano-Gaussiano, tridimensionale e non stazionario, di trasporto e dispersione di "puff" di inquinanti emessi in atmosfera da particolari tipi di sorgenti. Esso considera la presenza contemporanea di sorgenti puntuali, lineari, areali e volumetriche presenti sul territorio. Per riprodurre la dispersione CALPUFF tipicamente utilizza i dati di vento e temperatura generati da CALMET ma può anche basarsi su altri dati meteorologici. Esso è in grado di simulare più specie disperse e può modellare eventuali reazioni chimiche e produzione di inquinanti secondari in atmosfera. CALPUFF fornisce misure orarie di concentrazioni e flussi di deposizione valutati in particolari punti recettori scelti dall'utente. Esso contiene moduli specifici per la gestione delle complessità orografiche, degli effetti costieri e degli effetti dovuti alla presenza di edifici. E' in grado di modellare sia la deposizione secca sia quella umida.

CALPOST è un post processore dei dati forniti da CALPUFF. Produce come output valori medi delle concentrazioni e dei flussi di deposizione umidi e secchi nei punti recettori. I punti recettori sono scelti dall'utente in base alle esigenze specifiche.

Il modello di dispersione è tridimensionale e non-stazionario, considera le condizioni meteorologiche più varie caratterizzate anche da stabilità atmosferica, copertura nuvolosa, presenza di precipitazioni. Il modello inoltre è in grado di trattare efficacemente situazioni caratterizzate dalla presenza di bacini idrici (specchi lacustri o marini) e quindi la variazione delle caratteristiche di mescolamento verticale che si ha in seguito all'interazione tra suolo e bacini stessi. E' in grado di riprodurre scenari long-term fino ad un anno, partendo da dati orari di

condizioni meteorologiche, e fino a distanze dell'ordine delle decine-centinaia di chilometri. Rispetto ai classici modelli Gaussiani è particolarmente adatto a trattare i casi di assenza di ventilazione e di orografia complessa. Queste due caratteristiche rendono il modello particolarmente adatto allo studio della dispersione degli inquinanti emessi nella zona industriale di Trieste, zona per l'appunto caratterizzata da complessità orografiche, da una percentuale non trascurabile di giorni dell'anno caratterizzati da assenza di ventilazione e da periodi caratterizzati da venti settentrionali molto intensi [5]. Tali fattori rendono fortemente asimmetriche le caratteristiche di trasporto degli inquinanti a seconda della direzione di provenienza dei venti.

3. AREA DI UBICAZIONE DELLA CENTRALE LUCCHINI

L'ubicazione della Centrale è prevista nell'area di Zaule, approssimativamente nella zona di coordinate geografiche 45.61 Lat. Nord, 13.79 Long. Est ($x=405.651\text{km}$, $y=5051.429\text{ km}$ nel sistema UTM, WGS-84) (figura 1). L'insediamento della Centrale è previsto in corrispondenza della linea di costa, nel cuore della zona industriale di Trieste. Dettagli sul sito di insediamento sono riportati nell'Allegato 1.

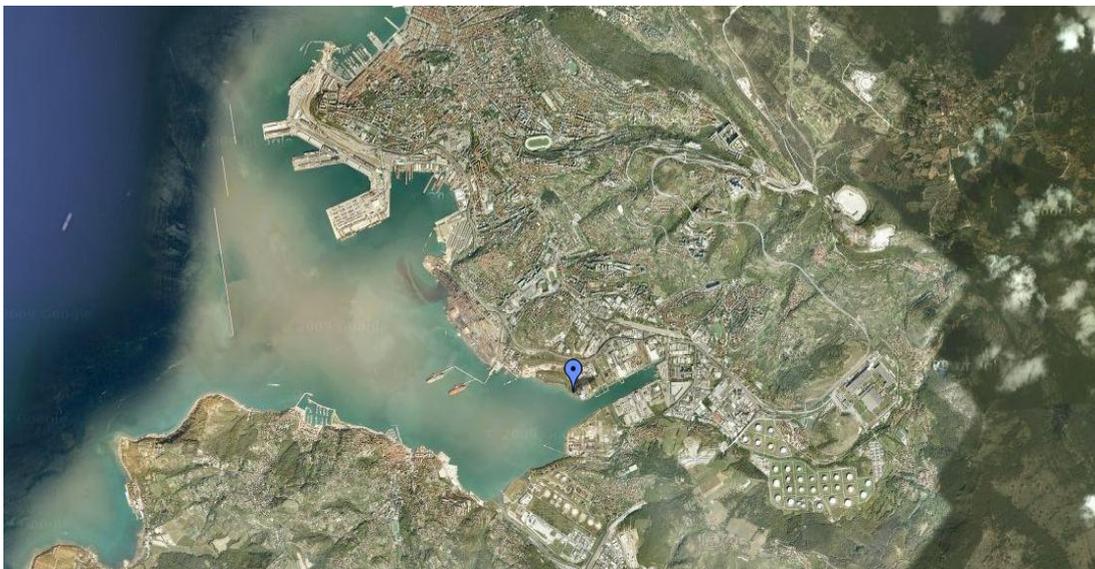


Figura 1: Immagine contenente il punto del previsto insediamento della Centrale (puntatore blu) e la zona circostante comprendente parte della città di Trieste, e gli abitati di Aquilinia e Muggia nella parte meridionale (immagine da Google Maps).

4. DATI METEOROLOGICI

La valutazione della dispersione degli inquinanti viene effettuata considerando sia scenari long-term che scenari short-term. Allo scopo di considerare un periodo di tempo sufficientemente lungo e significativo per la valutazione della dispersione e della ricaduta degli inquinanti, per le simulazioni long-term si considerano i dati meteorologici relativi alla durata di un anno. A tal fine, a

fronte di una richiesta formale da parte degli esecutori del presente studio, sono stati resi disponibili:

- dall'ARPA-FVG i dati meteorologici registrati con frequenza oraria presso le centraline ARPA site nella regione Friuli Venezia Giulia per un intero anno solare (anno 2008);
- dall' Environmental Agency of the Republic of Slovenia i dati meteorologici registrati con frequenza oraria presso le centraline site nell'area transfrontaliera per un intero anno solare (anno 2008);
- dall'Università di Trieste i dati di copertura nuvolosa relativi all'anno 2008 sulla città di Trieste.

Per la ricostruzione del campo meteorologico nella zona d'interesse, circostante il sito di insediamento della Centrale comprendente sia gli abitati della provincia di Trieste che il territorio transfrontaliero situato nel raggio di 10 km dal sito di ubicazione della Centrale¹, sono stati utilizzati i dati provenienti da 19 centraline di misura di dati meteorologici, delle quali, 15 al suolo, 2 a mare e 2 in quota.

La figura 2 mostra una distribuzione delle centraline sul territorio. Dettagli sulle quantità misurate e sulla disposizione delle centraline sono riportati nell'Allegato 1.

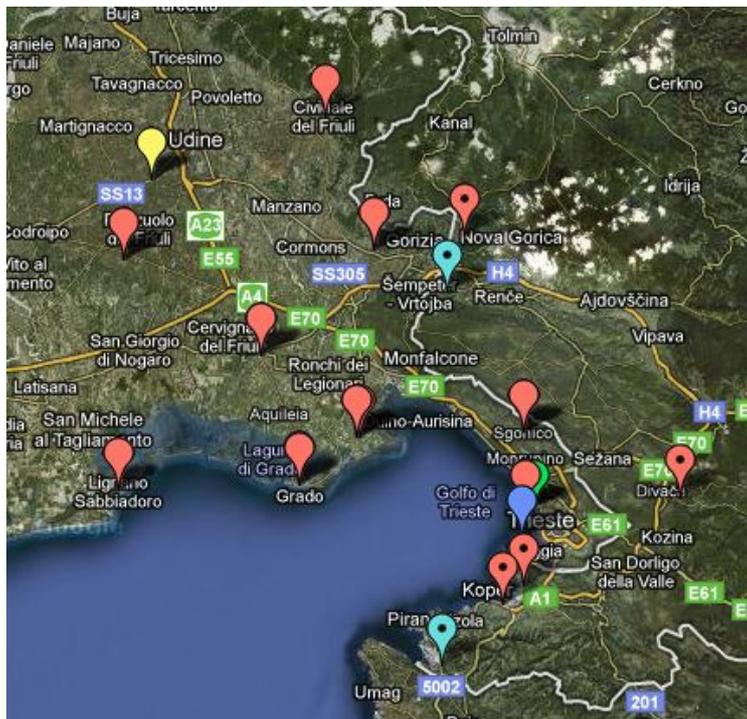


Figura 2: Ubicazione delle centraline meteorologiche utilizzate per la ricostruzione del campo tridimensionale. In rosso le centraline al suolo; in rosso con punto nero le centraline al suolo ubicate nella Repubblica Slovena; in giallo l'ubicazione della centralina per i dati in quota; in verde la stazione di misura per la copertura nuvolosa; in blu le centraline poste in mare; in azzurro col punto nero le due centraline slovene aventi dati meteorologici, copertura nuvolosa e *ceiling height* (immagine da Google Maps).

¹ L'estensione dell'analisi al territorio transfrontaliero in un raggio di 10 km dal sito di ubicazione della Centrale Elettrica è stata suggerita nella nota MATT prot. CTVA=2009-0004879 del 24/12/2009.

5. ANALISI DELLO SCENARIO LONG-TERM

5.1 Definizione del dominio di calcolo

I dati necessari alla ricostruzione delle caratteristiche orografiche del suolo, della caratterizzazione della linea di costa e alla destinazione d'uso della superficie del grigliato di calcolo sono descritti con dettaglio nell'Allegato 1.

Il grigliato per la ricostruzione del campo meteorologico è stato disposto con l'origine in mare nel punto di coordinate $x=385.0$ km (13.5276909 Long. est), $y=5041.0$ km (45.5130463 Lat. nord) nel sistema UTM WGS-84.

Il dominio ha un'estensione di 37 km x 33 km rispettivamente nelle direzioni est-ovest e sud-nord. E' stata utilizzata una spaziatura di griglia pari a 1 km in entrambe le direzioni orizzontali.

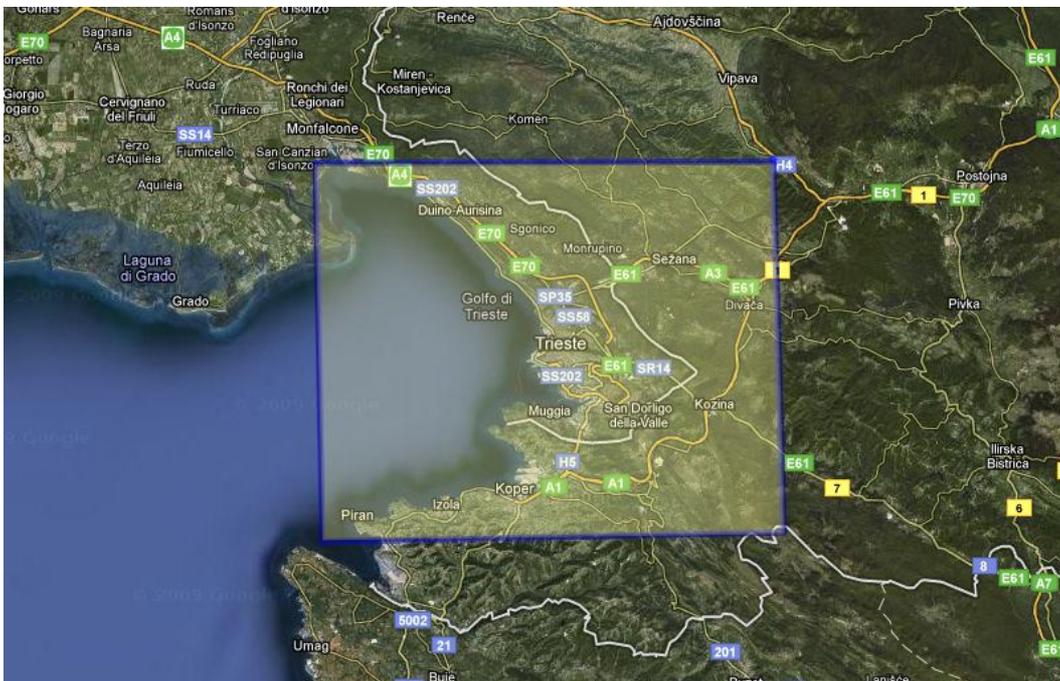


Figura 3: Dominio di calcolo utilizzato per la ricostruzione del campo meteorologico tridimensionale (immagine da Google Maps).

La figura 3 contiene una vista da satellite del dominio considerato. Si osserva che il dominio comprende le città di Piran e Koper a sud, le città di Kozina e Sezana ad est per la parte Slovena del dominio, e l'intera provincia di Trieste. Infine a nord il dominio confina con la città di Monfalcone.

La figura 4 contiene una mappa orizzontale del dominio di calcolo come ricostruito dal modello CALMET.

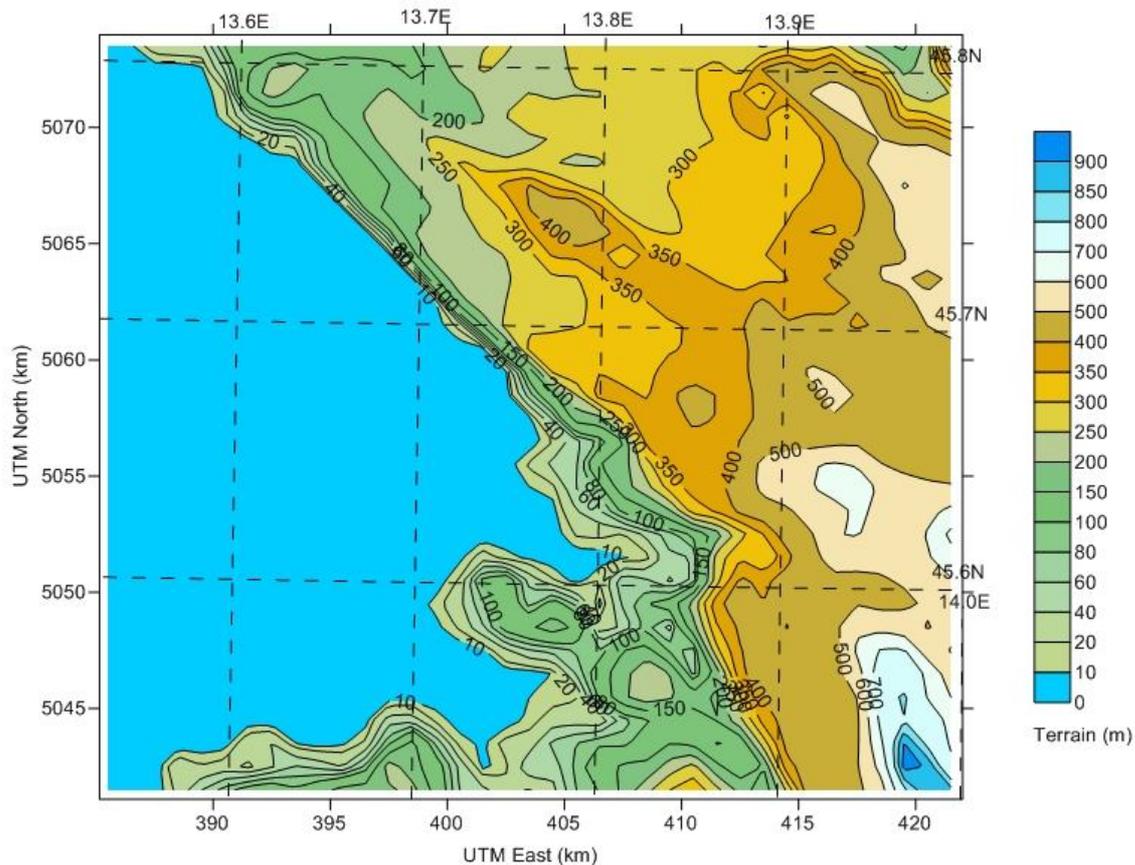


Figura 4: Vista del dominio di calcolo utilizzato per la ricostruzione del campo meteorologico long-term.

5.2 Analisi del campo meteorologico

Per la ricostruzione del campo meteorologico in quota sono stati considerati 12 livelli, rispettivamente $z= 20, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 800, 1000$. Le altezze sono espresse in metri.

La ricostruzione del campo meteorologico ha mostrato che nell'anno di riferimento:

- Sono presenti eventi caratterizzati da forte ventilazione con una direzione proveniente dai quadranti orientali e valori elevati dell'altezza di mescolamento. Questi eventi tenderanno a produrre un'elevata dispersione delle concentrazioni di inquinanti.
- Sono presenti eventi caratterizzati da velocità molto bassa del vento associati a direzioni di provenienza dai quadranti occidentali o meridionali. Tali eventi, in alcuni periodi dell'anno e nelle ore notturne sono generalmente associati a valori bassi di altezza di mescolamento e

quindi potrebbero produrre un accumulo e una ricaduta delle concentrazioni in prossimità ai punti di emissione.

- E' presente un evento eccezionale di bassa ventilazione e bassissima altezza di mescolamento di una durata di circa una settimana nella seconda metà del mese di Febbraio 2008.

5.3 Analisi della dispersione degli inquinanti

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, sono state studiate la dispersione e la ricaduta al suolo dei seguenti inquinanti:

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

in relazione agli 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 delle concentrazioni 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 e dalle migliorie tecnologiche effettuate durante il periodo a cavallo tra il 2008 e il 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 rigassificazione di prevista realizzazione.

- Scenario D: consiste nello Scenario C ma nelle ipotesi di installazione di un impianto di tipo SCR per l'abbattimento degli NO_x.

Per la taratura del modello numerico e la ricostruzione dei valori di fondo, si considera un totale di 9 centraline di monitoraggio della qualità dell'aria, 7 poste nel comune di Trieste, una posta a Muggia ed una posta in territorio transfrontaliero, a Koper.

I dati orari di qualità dell'aria per l'anno 2008 registrati alle 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 ed al tipo di inquinante misurato. In figura 5 è illustrata la disposizione sul territorio delle centraline di misura della qualità dell'aria.

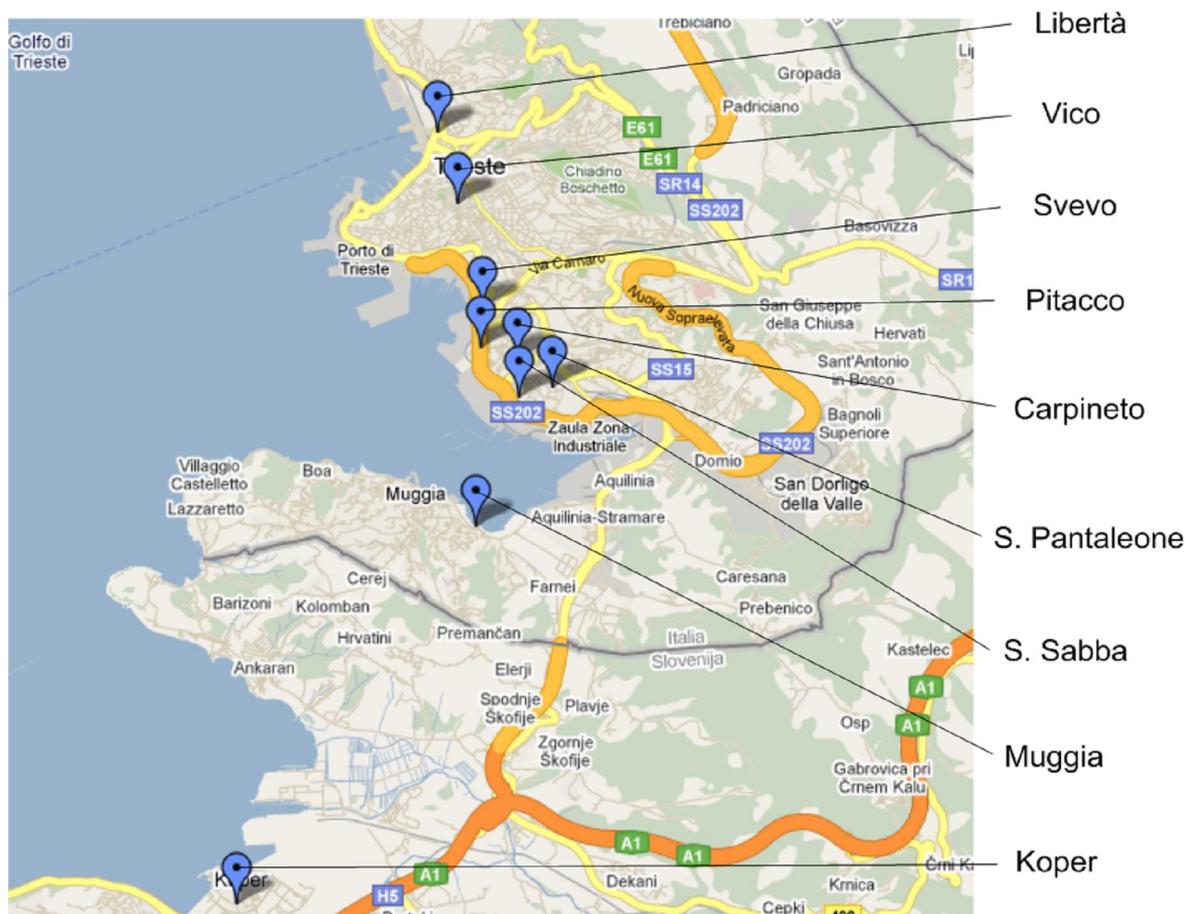


Figura 5: Disposizione delle centraline per la qualità dell'aria considerate nel presente studio. Si osservi che la disposizione delle centraline, in territorio Italiano e Sloveno, è tale da coprire in maniera omogenea l'area di interesse del presente studio (immagine presa da Google Maps).

Una descrizione dettagliata del quadro di emissioni e dei risultati per ogni scenario è riportata nell'Allegato 2. Qui si riassumono i risultati principali, per ogni inquinante.

5.4 Biossido di zolfo SO₂

La tabella 1 riporta un quadro riassuntivo dei valori medi annui ottenuti nella simulazione per l'anno 2008. I risultati sono consistenti a quelli ottenuti nello studio [6]. L'analisi mostra che il comparto industriale influisce poco nei riguardi dell'SO₂. Valori medi annui maggiori sono ottenuti ai recettori posti nell'area adiacente alla zona industriale di Trieste, mentre valori molto bassi sono ottenuti alle centraline più lontane. L'effetto del comparto industriale è trascurabile al recettore di Koper.

Muovendosi dallo Scenario Base verso lo Scenario B si osserva una generale diminuzione dei valori medi annui a tutti i recettori, la variazione è più sensibile ai recettori posti in un'area prossima alla zona industriale. Tali deboli diminuzioni sono da attribuire alle migliorie tecnologiche effettuate allo stabilimento di Servola (Scenario A) e alla ipotizzata dismissione dello stesso (Scenario B). Le concentrazioni ottenute nello Scenario C sono leggermente superiori a quelle ottenute in tutti gli altri scenari. Ciò è da attribuire all'aumentato traffico navale che deriverebbe dall'operatività del terminale GNL. Come descritto in dettaglio nell'Allegato 2 (Appendice A) le quantità di SO₂ derivanti dal traffico navale sono state stimate in maniera fortemente conservativa, ipotizzando per esempio un tipo di carburante particolarmente impattante (residual oil) per le navi metaniere. Inoltre, negli scenari B e C non sono state considerate le riduzioni di emissioni derivanti dalla cessazione del traffico navale associato al funzionamento dello stabilimento siderurgico di Servola. Tale riduzione, come discusso nell'Appendice A dell'Allegato 2 va da circa il 10% a circa il 20% a seconda degli inquinanti.

Nel quadro di emissioni estremamente conservativo utilizzato, i valori della tabella 1 comunque mostrano che in qualunque scenario le medie annuali delle concentrazioni di SO₂ sono circa un ordine di grandezza inferiori ai limiti di normativa.

Stazione	Media annuale da Scenario Base [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore medio annuo da Scenario A [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore medio annuo da Scenario B [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore medio annuo da Scenario C [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore di riferimento [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Libertà	0.56	0.51	0.49	0.71	20
Vico	0.81	0.73	0.71	1.01	
Carpineto	2.28	2.03	1.99	2.72	
S. Pantaleone	3.30	3.06	2.98	3.70	
S. Sabba	4.45	4.03	3.98	4.86	
Svevo	1.57	1.40	1.36	1.86	
Pitacco	2.21	1.95	1.90	2.47	
Muggia	1.01	0.92	0.89	1.70	
Koper	0.20	0.19	0.18	0.28	

Tabella 1: Valori medi annui di SO₂ ai punti recettori ottenuti nella simulazione per l'anno 2008. Sommario di tutti gli scenari analizzati.

L'analisi mostra risultati analoghi per le medie effettuate sul periodo invernale.

I valori massimi delle medie giornaliere calcolate a tutti i punti recettori durante l'anno di riferimento sono riportati nella tabella 2 per tutti gli scenari studiati. Andando dallo Scenario Base allo Scenario B, si osserva una debole diminuzione sui valori massimi ai recettori più lontani dalla zona industriale, mentre i recettori più vicini alla zona industriale praticamente non risentono delle variazioni degli scenari emissivi. Lo Scenario C mostra massimi della media giornaliera leggermente maggiori rispetto agli scenari precedenti ai recettori lontani dalla zona industriale e praticamente invariati ai recettori posti vicino alla zona industriale. In tutti i casi i valori di picco calcolati sono notevolmente inferiori al valore di soglia da normativa vigente.

Stazione	Valore massimo della media giornaliera da Scenario Base [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore massimo della media giornaliera da Scenario A [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore massimo della media giornaliera da Scenario B [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	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	4.18	3.86	3.83	5.77	125
Vico	5.74	5.58	5.52	7.67	
Carpineto	31.11	31.11	31.11	31.11	
S. Pantaleone	49.00	49.00	49.00	49.01	
S. Sabba	29.39	29.39	29.39	29.39	
Svevo	14.87	14.87	14.86	16.05	
Pitacco	16.42	16.42	16.42	16.44	
Muggia	9.03	9.03	9.02	11.51	
Koper	1.89	1.57	1.56	4.37	

Tabella 2: Valori di picco della media giornaliera di SO_2 ai punti recettori ottenuti nella simulazione per l'anno 2008. Sommario di tutti gli scenari analizzati.

I valori massimi delle medie orarie calcolate a tutti i punti recettori durante l'anno di riferimento, sono riportati nella tabella 3 per tutti gli scenari studiati. Come per le quantità precedenti si osserva una debole variazione o condizioni invariate andando dallo Scenario Base allo Scenario B.

Al contrario nello Scenario C si osservano incrementi significativi a tutti i recettori tranne a San Pantaleone e San Sabba, dove i picchi restano invariati. In tutti i casi i valori sono inferiori al 50% del limite massimo della normativa vigente. Anche per questa quantità vale quanto detto precedentemente a proposito delle ipotesi fortemente conservative utilizzate, in particolare in relazione al traffico navale.

L'invarianza di alcuni valori osservata da Scenario a Scenario (si vedano le tabelle 2 e 3) indica che tali valori di picco derivano da emissioni industriali presenti nell'area di Trieste non influenzate

da variazioni dei quadri emissivi degli scenari considerati nel presente studio. Per chiarire meglio questo aspetto, potrebbe accadere che il picco di massimo della media oraria (o giornaliera) durante l'anno ad un punto recettore sia dovuto ad uno degli impianti riportati nella tabella SBA1, impianti considerati in tutti gli scenari analizzati.

Stazione	Valore massimo della media oraria da Scenario Base [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore massimo della media oraria da Scenario A [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore massimo della media oraria da Scenario B [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore massimo della media oraria da Scenario C [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore di riferimento orario [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Libertà	79.98	79.96	77.9	107.68	350
Vico	56.61	56.56	51.2	61.25	
Carpineto	107.34	92.68	92.7	131.57	
S. Pantaleone	172.54	172.54	172.5	172.54	
S. Sabba	169.34	169.34	169.34	169.34	
Svevo	93.21	83.63	83.31	116.65	
Pitacco	64.69	63.64	63.75	83.72	
Muggia	86.58	85.49	85.44	118.95	
Koper	24.81	20.54	20.54	31.00	

Tabella 3: Valori di picco della media oraria di SO_2 ai punti recettori ottenuti nella simulazione per l'anno 2008. Sommario di tutti gli scenari analizzati.

Le distribuzioni temporali e spaziali delle quantità riportate nelle tabelle 1-3 sono mostrate e discusse con dettaglio nell'Allegato 2. Le figure mostrano valori sempre inferiori ai limiti di normativa.

In conclusione si può affermare che, concordemente a quanto riportato in [6], circa il fatto che la situazione è tranquillizzante in relazione all' SO_2 nell'area di Trieste, le variazioni delle caratteristiche di emissione che seguono dai differenti scenari non comportano sostanziali variazioni rispetto allo stato attuale e non sono attesi quindi superamenti dei limiti di normativa.

Quanto detto vale, a maggior ragione, in considerazione del fatto che le effettive quantità di SO_2 emesso in relazione allo Scenario C saranno prevedibilmente inferiori a quelle quantificate nel presente studio, in virtù delle forti ipotesi conservative adottate.

5.5 Biossido di azoto NO_2

La tabella 4 riporta un quadro riassuntivo dei valori medi annui ottenuti nella simulazione per l'anno 2008, e dei valori calcolati a partire dai dati di misura alle centraline. Si nota che:

- il comparto industriale ha una bassa influenza sulle concentrazioni ai punti recettori. I risultati dello studio, infatti, mostrano che le medie annuali provenienti dalle emissioni di tutto il comparto industriale sono sempre inferiori al 15% dei valori totali.
- Le variazioni delle medie annuali dell'NO₂ per i differenti scenari analizzati sono molto basse; tendono a decrescere debolmente dallo Scenario Base allo Scenario B, per poi risalire debolmente nello Scenario C.

Stazione	Valore medio annuo misurato [µg/m ³]	Valore medio annuo da Scenario Base [µg/m ³]	Valore medio annuo da Scenario A [µg/m ³]	Valore medio annuo da Scenario B senza fondo [µg/m ³]	Valore medio annuo da Scenario C senza fondo [µg/m ³]	Valore di riferimento [µg/m ³]
Libertà	58.61	1.09	1.08	0.91	0.96	40
Vico	32.68	1.76	1.74	1.49	1.62	
Carpineto	38.01	3.50	3.47	3.03	3.29	
S. Pantaleone	48.18	4.79	4.74	3.92	4.18	
S. Sabba	38.73	5.73	5.69	5.03	5.32	
Svevo	37.40	3.59	3.56	3.18	3.38	
Pitacco	29.92	3.55	3.52	3.07	3.29	
Muggia	31.69	4.94	4.92	4.70	4.96	
Koper	20.96	0.37	0.37	0.32	0.36	

Tabella 4: Valori medi annui di NO₂ ai punti recettori ottenuti nella simulazione per l'anno 2008. Sommario di tutti gli scenari analizzati. (concentrazioni derivanti dal comparto industriale).

La tabella 5 riporta i valori ottenuti negli Scenari B, C, D sommati ai valori di fondo e confrontati con i valori misurati. Si osserva che l'insediamento della Centrale Lucchini (Scenario B), unito alla dismissione dello stabilimento siderurgico, comporta una leggera riduzione dei valori medi annuali a tutti i recettori. L'insediamento contemporaneo della Centrale Lucchini e del terminale GNL, sempre in presenza della dismissione dello stabilimento siderurgico, comporta un incremento debole delle medie annuali.

La presenza di un impianto SCR non appare giustificato dai valori medi annuali ottenuti (Scenario D), anche in considerazione dello slip di ammoniaca che indurrebbe concentrazioni di ammoniaca in una ampia zona sull'area di Trieste (si veda la sezione 9.2 dell'Allegato 2).

I risultati ottenuti nello studio derivano dal fatto che, come già osservato, il comparto industriale ha una bassa incidenza sulle concentrazioni di NO₂ nell'area di Trieste. Inoltre, all'interno del comparto industriale, gli impianti interessati (Stabilimento siderurgico Servola, Centrale Lucchini,

terminale GNL) non hanno un peso predominante rispetto a tutti gli ossidi di azoto di origine industriale emessi nella zona (si vedano le Tabelle SBA1, SBA2, SA1, SC1, SC2, SD1 dell'Allegato 2). Anche per questo inquinante vale quando detto in relazione alle emissioni da traffico navale e quindi bisogna considerare che le concentrazioni ottenute negli scenari B, C e D sono calcolate in presenza di un quadro di emissione fortemente conservativo.

Stazione	Valore medio annuo misurato [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore medio annuo da Scenario B con fondo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore medio annuo da Scenario C con 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	58.61	58.38	58.47	58.44	40
Vico	32.68	32.43	32.55	32.52	
Carpineto	38.01	37.16	37.43	37.39	
S. Pantaleone	48.18	47.05	47.31	47.27	
S. Sabba	38.73	38.10	38.40	38.36	
Svevo	37.40	37.39	37.58	37.54	
Pitacco	29.92	29.41	29.62	29.59	
Muggia	31.69	31.63	31.90	31.85	
Koper	20.96	20.93	20.97	20.96	

Tabella 5: Valori medi annui di NO_2 ai punti recettori ottenuti nella simulazione per l'anno 2008. Sommario degli Scenari B,C D e confronto con i valori ottenuti dai dati misurati. (Concentrazioni totali).

Stazione	Valore massimo della media oraria misurato [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore massimo della media oraria da Scenario B con 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 massimo della media oraria da Scenario D con il fondo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore di riferimento [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Libertà	310.84	173.69	176.36	177.18	200
Vico	140.65	106.58	108.83	109.25	
Carpineto	136.54	129.36	131.62	130.51	
S. Pantaleone	257.411	213.14	213.30	213.21	
S. Sabba	155.033	122.21	124.82	124.31	
Svevo	152.627	140.13	140.14	140.14	
Pitacco	119.706	104.65	107.28	107.17	
Muggia	315.796	161.71	161.71	161.63	
Koper	96.30	69.12	70.00	70.28	

Tabella 6: Valori massimi della meda oraria di NO_2 ai punti recettori ottenuti nella simulazione per l'anno 2008. Sommario degli Scenari B C D e confronto con i valori ottenuti dai dati misurati. (Concentrazioni totali).

La tabella 6 riporta i valori totali dei massimi della media oraria in relazione agli Scenari B, C e D e i valori misurati ai punti recettori. Si osserva una generale riduzione tra i valori misurati ed i valori calcolati nei 3 scenari. A tutte le centraline gli Scenari B, C e D mostrano un generale miglioramento della qualità dell'aria rispetto al quadro di concentrazioni ante-operam misurato alle centraline. Gli Scenari B, C e D producono un unico superamento dei valori di soglia solamente al recettore San Pantaleone in relazione all'evento eccezionale del Febbraio 2008. Le variazioni tra i tre scenari sono molto basse e non giustificano la presenza di un impianto SCR.

Nell'Allegato 2, in relazione ai singoli scenari di emissione sono mostrate le distribuzioni spaziali dell'NO₂ nell'area di Trieste. Per tutti gli scenari analizzati, si osserva che le concentrazioni maggiori sono presenti in una area ristretta intorno alla zona industriale di Trieste. L'effetto nelle aree più lontane è molto basso, e, in particolare l'effetto è trascurabile nell'area transfrontaliera.

5.6 Ossidi di azoto NO_x

Per gli ossidi di azoto non sono disponibili valori misurati ai punti recettori. Sono state quindi analizzate le mappe spaziali delle medie annuali ottenute nelle simulazioni. Le mappe spaziali, riportate nell'Allegato 2 per ognuno degli scenari analizzati, mostrano che le concentrazioni derivanti dal comparto industriale sono molto basse rispetto ai valori limite di normativa e raggiungono i valori massimi nell'intorno della zona industriale di Trieste.

Sono osservate variazioni basse tra i vari scenari e, ancora una volta, non si osservano riduzioni significative in presenza di un impianto SCR.

5.7 Particolato PM₁₀

La tabella 7 riporta un quadro riassuntivo dei valori medi annui ottenuti nella simulazione per l'anno 2008. Si osserva un comportamento molto diverso tra i due scenari, Base e A, e i susseguenti Scenari B e C. Gli Scenari Base e A sono simili tra loro e mostrano: una scarsa influenza del comparto industriale ai recettori posti lontano dalla zona industriale; una influenza apprezzabile ai recettori posti nelle aree limitrofe alla zona industriale. In particolare a San Sabba e Pitacco, le concentrazioni di PM₁₀ provenienti dal comparto industriale sono pari a circa il 25% del valore di soglia di normativa. Negli Scenari B e C si ottiene una forte riduzione dei valori calcolati, in particolare ai recettori posti nella zona industriale. Il risultato principale che deriva da questa analisi è il seguente:

- Una parte significativa di concentrazioni di PM₁₀ misurate ai recettori posti nella zona industriale di Trieste deriva dallo stabilimento siderurgico di Servola, infatti la differenza

principale tra i quadri di emissione A e B consiste nell'eliminazione delle emissioni di tale stabilimento.

- L'incremento di emissioni di PM_{10} proveniente dal traffico navale associato all'operatività del terminale GNL non contribuisce ad innalzare in maniera significativa i valori di concentrazione ai punti recettori.

La tabella 8 riporta i valori delle medie annuali calcolate e sommate ai valori di fondo e il confronto con i dati ottenuti dai dati misurati. Si osserva in entrambi i casi, un generale sostanziale miglioramento nei confronti della situazione preesistente. Ciò è da imputare al fatto che la dispersione e la ricaduta delle concentrazioni derivanti dalle emissioni dello stabilimento siderurgico di Servola non vengono compensate da quelle derivanti dall'insediamento contemporaneo della Centrale Lucchini e del terminale GNL.

La tabella 9 mostra i valori di picco della media giornaliera ottenuti per i vari scenari. Si osserva che negli Scenari A e B il comparto industriale contribuisce ai superamenti dei valori di soglia. Negli Scenari B e C ciò non accade. Ne segue che, nei riguardi della media giornaliera, la sola riconversione dello stabilimento siderurgico di Servola comporterebbe un azzeramento dei superamenti dei valori di normativa. La presenza contemporanea della Centrale Lucchini e del terminale GNL offre un quadro tranquillizzante. In questo caso i valori di picco delle medie giornaliere delle concentrazioni derivanti da tutto il comparto industriale (Scenario C) sarebbero sempre inferiori al 10% dei valori limite di normativa.

La tabella 10 riporta i valori di picco della media giornaliera calcolata a partire dai valori misurati ai recettori e i valori calcolati negli Scenari B e C sommati ai valori di fondo. Si osserva che a tutte le centraline i valori di picco superano ampiamente i valori di soglia di normativa. L'analisi della tabella 9 mostra chiaramente che tali superamenti non sono attribuibili al comparto industriale e, in particolare, alla Centrale Lucchini e si osserva anche che la riconversione industriale ipotizzata nel presente studio contribuisce a ridurre i valori di picco, e il numero di superamenti, per quanto detto sopra.

5.8 Particolato $PM_{2.5}$

Il particolato $PM_{2.5}$ non viene misurato alle centraline. Inoltre i dati utilizzati per il catasto delle emissioni riportano le quantità emesse di PM_{10} e non di $PM_{2.5}$. Conseguentemente nel presente studio è stata fatta una stima delle concentrazioni di $PM_{2.5}$ a partire dalle concentrazioni di PM_{10} , misurate e calcolate. Tale stima è stata eseguita in maniera conservativa a partire da dati

disponibili nella letteratura tecnica scientifica. Una discussione dettagliata è contenuta nell'Allegato 2. Anche in presenza di una stima molto conservativa, le concentrazioni di PM_{2,5} derivanti dagli Scenari B e C appaiono notevolmente al di sotto dei valori limite di normativa confermando il miglioramento delle caratteristiche della qualità dall'aria che seguirebbe dalla riconversione industriale dello stabilimento siderurgico di Servola e dall'insediamento della Centrale Lucchini e del terminale GNL.

Stazione	Valore medio annuo da Scenario Base [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore medio annuo da Scenario A [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore medio annuo Scenario B senza fondo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore medio annuo Scenario C senza fondo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore di riferimento [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Libertà	0.27	0.25	0.03	0.05	40
Vico	0.42	0.39	0.05	0.08	
Carpineto	3.45	3.39	0.14	0.20	
S. Pantaleone	2.75	2.67	0.22	0.27	
S. Sabba	8.24	8.15	0.28	0.35	
Svevo	1.83	1.77	0.12	0.16	
Pitacco	7.45	7.37	0.14	0.18	
Muggia	0.45	0.42	0.06	0.13	
Koper	0.05	0.05	0.01	0.02	

Tabella 7: Valori medi annuali della concentrazione di PM₁₀ ai punti recettori ottenuti nella simulazione per l'anno 2008 per tutti gli scenari analizzati. Si noti che lo Scenario D è equivalente allo Scenario C nei riguardi del PM₁₀.

Stazione	Valore medio annuo misurato [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore medio annuo da Scenario B con 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	25	24.74	24.76	40
Vico	(n.d.)	(n.d.)	(n.d.)	
Carpineto	28	24.26	24.32	
S. Pantaleone	(n.d.)	(n.d.)	(n.d.)	
S. Sabba	(n.d.)	(n.d.)	(n.d.)	
Svevo	29	27.33	27.37	
Pitacco	26	19.33	19.37	
Muggia	22	21.14	21.20	
Koper	29	29.67*	29.68	

Tabella 8: Valore medio annuale totale della concentrazione di PM₁₀ ai punti recettori ottenuti nelle simulazioni per l'anno 2008 per gli Scenari B e C e confronto con i valori calcolati dai dati misurati alle centraline. Il simbolo n.d. indica la mancanza di misure alla specifica centralina.

Stazione	Valore massimo della media giornaliera da Scenario Base [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore massimo della media giornaliera da Scenario A [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore massimo della media giornaliera da Scenario B senza fondo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore massimo della media giornaliera da Scenario C senza fondo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore di riferimento giornaliero [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Libertà	2.30	2.25	0.27	0.48	50
Vico	3.19	3.02	0.34	0.56	
Carpineto	39.43	39.34	1.95	1.95	
S. Pantaleone	26.18	29.91	3.25	3.25	
S. Sabba	80.70	80.59	1.46	1.52	
Svevo	17.83	17.74	0.89	0.97	
Pitacco	98.91	98.80	1.06	1.06	
Muggia	3.50	3.47	0.54	0.80	
Koper	0.38	0.35	0.12	0.32	

Tabella 9: Valore di picco della media giornaliera della concentrazione di PM_{10} ai punti recettori ottenuti nelle simulazioni per l'anno 2008 per tutti gli Scenari analizzati.

Stazione	Valore massimo della media giornaliera misurato [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore massimo della media giornaliera da Scenario B con 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	177.2	176.38	176.41	50
Vico	(n.d.)	(n.d.)	(n.d.)	
Carpineto	195.20	190.09	190.27	
S. Pantaleone	(n.d.)	(n.d.)	(n. d.)	
S. Sabba	(n.d.)	(n.d.)	(n.d.)	
Svevo	145.86	140.53	140.59	
Pitacco	134.213	121.18	121.29	
Muggia	150.438	148.29	148.41	
Koper	79.35	79.19	79.21	

Tabella 10: Valore di picco della media giornaliera della concentrazione di PM_{10} ai punti recettori ottenuti nelle simulazioni per l'anno 2008 per tutti gli Scenari B e C sommati ai valori di fondo e confronto con i valori misurati. Il simbolo n.d. indica la mancanza di misure alla specifica centralina.

5.9 Monossido di carbonio CO

Il documento [6] mostra che il comparto industriale di Trieste contribuisce in maniera molto marginale all'inquinamento da CO. Il presente studio conferma l'analisi riportata in [6].

La tabella 11 riporta i valori massimi della media mobile su 8 ore delle concentrazioni di CO derivanti dal comparto industriale e calcolate ai punti recettori. Si osserva una riduzione di circa 1 ordine di grandezza andando dagli Scenari Base e A agli Scenari B e C. Gli Scenari B e C sono sostanzialmente equivalenti. In ogni caso i valori di picco sono considerevolmente inferiori al valore di soglia, e non superano il 5% di quest'ultimo.

La tabella 12 mostra, per gli Scenari B e C i valori totali, sommati cioè ai valori di fondo. Si osserva una sostanziale equivalenza tra gli Scenari B e C, in quanto le concentrazioni derivanti da tali scenari sono talmente basse da non alterare i valori totali. Inoltre, a tutti i punti recettori, i valori massimi sono significativamente al di sotto dei valori limite di normativa.

Stazione	Valore massimo della media mobile su 8 ore da Scenario Base [mg/m ³]	Valore massimo della media mobile su 8 ore da Scenario A [mg/m ³]	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 C senza il fondo [mg/m ³]	Valore di riferimento orario [mg/m ³]
Libertà	0.11	0.07	0.007	0.008	10
Vico	0.16	0.09	0.005	0.005	
Carpineto	0.28	0.17	0.014	0.014	
S. Pantaleone	0.25	0.15	0.019	0.019	
S. Sabba	0.33	0.20	0.017	0.017	
Svevo	0.17	0.10	0.008	0.008	
Pitacco	0.25	0.15	0.011	0.011	
Muggia	0.18	0.11	0.012	0.012	
Koper	0.03	0.02	0.002	0.002	

Tabella 11: Valori massimi della media mobile su 8 ore della concentrazione di CO ai punti recettori ottenuti nelle simulazioni per l'anno 2008 per tutti gli scenari.

5.10 Anidride carbonica CO₂

Nonostante la CO₂ non sia considerata un inquinante, essa può contribuire all'effetto serra, e quindi sono state stimate le concentrazioni derivanti da tutti gli scenari analizzati. Una descrizione dettagliata è riportata nell'Allegato 2. I risultati mostrano che gli Scenari B e C conducono ad una

sostanziale riduzione (pari a circa 1 ordine di grandezza) delle concentrazioni di CO₂ nell'area di Trieste.

Stazione	Valore massimo della media mobile su 8 ore misurato [mg/m ³]	Valore massimo della media mobile su 8 ore da Scenario B con 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	2.42	2.419	2.419	10
Vico	5.91	5.911	5.911	
Carpineto	1.77	6.227	6.227	
S. Pantaleone	5.82	5.814	5.814	
S. Sabba	1.61	1.605	1.605	
Svevo	3.26	3.255	3.255	
Pitacco	3.95	3.955	3.955	
Muggia	2.22	2.214	2.214	
Koper	(n.d.)	(n.d.)	(n.d.)	

Tabella 12: Valore di picco della media mobile su 8 ore della concentrazione di CO ai punti recettori ottenuti nelle simulazioni per l'anno 2008 per gli Scenari B e C e confronto con dati misurati. Il simbolo n.d. indica la mancanza di misure alla specifica centralina.

5.11 Ammoniaca NH₃

La presenza di ammoniaca è da associare all'ipotizzata messa in opera di un impianto SCR, Scenario D. Lo studio ha mostrato concentrazioni massime della media annuale di ammoniaca dell'ordine 0.030 µg/m³, mentre valori di picco della media oraria di NH₃ fino a 4 µg/m³ sono calcolate nell'area di Trieste. Tali risultati, anche in relazione alla scarsa riduzione delle concentrazioni di NO_x nell'area di Trieste che seguirebbe dalla installazione di un impianto SCR, ne sconsigliano l'uso. Questo risultato è in linea con recente letteratura tecnica che riguarda l'analisi di impianti SCR per la riduzione degli NO_x in Centrali Termoelettriche [7].

5.12 Stima della produzione di ozono

Nel presente studio, 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 conservative di emissione descritte nell'Allegato 2 (sezione 8 e 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, in quanto di due ordini di grandezza inferiori agli altri contributi e quindi trascurabili). Da notare che nel computo delle emissioni totali di NO_x non è stata considerata l'ulteriore riduzione che seguirebbe dalla cessazione del traffico navale associato alla dismissione dello stabilimento siderurgico di Servola.

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 stesso. Dettagli sulla stima dell'ozono prodotto sono riportati nella sezione 10 dell'Allegato 2.

6. ANALISI DELLO SCENARIO SHORT-TERM

L'analisi short-term è finalizzata a quantificare i picchi di ricaduta di inquinanti in condizioni meteorologiche critiche, su un ciclo giornaliero (24 ore) rappresentativo di particolari periodi dell'anno, nelle aree prossime al sito di insediamento degli impianti industriali.

Come descritto in dettaglio nell' Allegato 1 alla Relazione Conclusiva, il dominio si estende per 4.4 km nella direzione est-ovest e per 5 km nella direzione sud-nord. Il dominio comprende i quartieri di Servola e Valmaura, la zona delimitata tra via Brigata Casale, via Carnaro, via Flavia (la zona interna alle arterie stradali in giallo in figura 3), la zona di Aquilinia e parte dell'abitato di Muggia. Tali sono, infatti, le zone maggiormente interessate dalle emissioni del comparto industriale. E' stata utilizzata una risoluzione di 100 metri in entrambe le direzioni orizzontali ai fini di ottenere una migliore rappresentazione dell'orografia e delle caratteristiche di destinazione d'uso del dominio.

L'analisi long-term ha mostrato che l'interazione tra le emissioni della Cartiera Burgo, sita nel Comune di Duino-Aurisina e quelle degli impianti situati nella zona industriale di Trieste è trascurabile. Nell'analisi short-term sono state considerate quindi le emissioni dei seguenti impianti industriali:

- a) Sertubi;
- b) Stabilimento siderurgico Lucchini di Servola;
- c) Centrale termoelettrica Elettra;
- d) Italcementi;
- e) Emissioni Navali per il terminale GNL;
- f) Vaporizzatori SCV dell'impianto GNL;
- g) Centrale termoelettrica Lucchini;
- h) Termovalorizzatore Acegas-Aps;
- i) Pasta Zara.

Le centraline di misura (punti recettori) della qualità dell'aria, situate all'interno del dominio short-term sono le seguenti:

- 1) Carpineto;
- 2) S. Pantaleone;
- 3) S. Sabba;
- 4) Svevo;
- 5) Pitacco;
- 6) Muggia.

Le caratteristiche di tali centraline sono riportate nella sezione 3 dell'Allegato 2. L'ubicazione delle sorgenti di emissione industriale e delle centraline sono riportate nella figura 6.

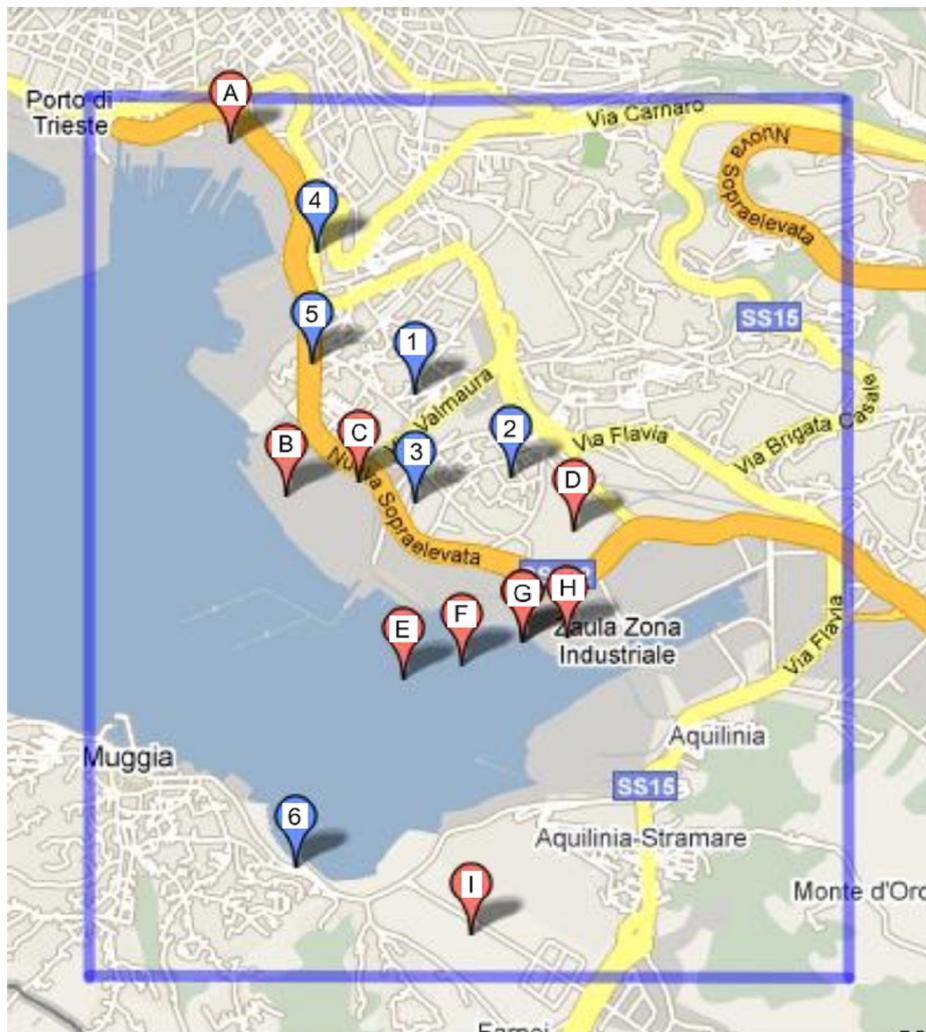


Figura 6: Disposizione delle sorgenti di emissione industriali (punti rossi) e delle centraline di misura (punti blu) all'interno del dominio della simulazione short-term (figura presa da Google Maps).

L'analisi long-term ha mostrato che le concentrazioni di CO sono sempre abbondantemente al di sotto dei valori limite di normativa. Sulla base di questo risultato e ai fini della valutazione dell'effetto

short-term degli inquinanti più critici, nella presente analisi è stata considerata la dispersione dei seguenti inquinanti: SO₂; NO₂; PM₁₀.

Sono stati considerati gli Scenari Base, A, B, C, D studiati nell'analisi long-term, con un quadro di emissioni variato leggermente. Nell'analisi long-term, infatti, non erano state considerate le emissioni di entità molto modeste rilasciate con una frequenza molto bassa. In particolare non era stato considerato il contributo della caldaia ausiliaria di potenza inferiore a 10 MW presente nel progetto della Centrale Lucchini e non era stato considerato il contributo del sistema SCV-*Submerged Combustion Vaporizers* riguardo al terminale GNL. Nella presente analisi short-term, il contributo della caldaia ausiliaria è stato considerato negli Scenari B, C e D, mentre il contributo del sistema SCV è stato considerato negli Scenari C e D.

In tutta la presente sezione quando si parlerà degli scenari Base, A, B, C e D ci si riferirà agli scenari short-term.

Come ampiamente descritto nell'Allegato 1 alla presente Relazione, seguendo le indicazioni della nota ARPA-FVG n. 10058 del 30 Settembre 2009, si è scelto di riprodurre la dispersione short-term in una giornata caratterizzata da venti leggeri di brezza provenienti dai quadranti SO/O/NO tipica del periodo Aprile-Settembre. Sotto queste condizioni di vento molto debole, infatti, si hanno le situazioni più critiche dal punto di vista dell'inquinamento in quanto il vento tende a portare gli inquinanti verso l'entroterra. Nello specifico si è scelto di riprodurre la giornata del 23/07/2008.

I dati della dispersione risultanti sono stati analizzati e confrontati senza tenere conto delle concentrazioni di fondo essendo lo scopo dell'analisi short-term quello di stimare nel dettaglio la variazione dell'impatto dello scenario delle emissioni industriali in previsione della chiusura dello stabilimento siderurgico di Servola e della messa in opera della Centrale Lucchini e del terminale GNL.

In questa rappresentazione più dettagliata, rispetto allo scenario long-term si è anche tenuto conto dell'effetto di building downwash. In accordo alla nota Ministeriale CVTA=2009-0004879 del 24/12/2009, per gli scenari short-term si è tenuto conto dell'effetto del building downwash sulle emissioni *post-operam* (scenari B, C, D) considerando le dimensioni e la distanza dalle sorgenti delle seguenti strutture (dettagli sono nell'Allegato 3):

- 1) Edifici principali del Termovalorizzatore Acegas-APS;
- 2) Edifici principali della Centrale Lucchini;
- 3) Serbatoi del gas del terminale GNL.

Una descrizione dettagliata della dispersione e della ricaduta degli inquinanti è riportata nell'Allegato 3, per ognuno degli scenari considerati. Qui si riporta un quadro complessivo per ogni inquinante.

6.1 Biossido di zolfo SO₂

Nello Scenario Base sono presenti due aree principali di ricaduta degli inquinanti, disposte rispettivamente a nord-est e nord-ovest rispetto alla sorgente emissiva di Italcementi. L'accumulo a nord-ovest è dovuto al fatto che il trasporto orizzontale è ostacolato dalla presenza dell'altipiano Carsico. L'accumulo a nord-est, è dovuto, oltre alla presenza dell'altipiano Carsico, anche all'effetto di accumulo associato a vento da SO, delle tre sorgenti emissive, rispettivamente lo stabilimento siderurgico di Servola, Elettra ed Italcementi. I valori di picco delle medie orarie sono di molto inferiori ai valori limite di normativa in tutto il territorio analizzato ed ai 6 punti recettori. Nello scenario A la situazione cambia poco rispetto allo Scenario Base. Leggere differenze sono osservate nella zona immediatamente adiacente allo stabilimento siderurgico di Servola, dove le concentrazioni risultano diminuite in virtù delle migliorie tecnologiche effettuate.

Nello Scenario B le variazioni delle concentrazioni di biossido di zolfo rispetto allo Scenario A sono trascurabili. Tale risultato è dovuto al fatto che lo stabilimento siderurgico di Servola contribuisce solo molto marginalmente alle emissioni di SO₂.

Nello Scenario C si hanno emissioni maggiori rispetto allo scenario B dovute al traffico navale collegato al terminale GNL. L'analisi discussa in dettaglio nell'Allegato 3 mostra che le concentrazioni aumentano significativamente sulla zona soprastante la baia, a causa dell'aumentato traffico navale, ma rimangono sostanzialmente inalterate sull'area urbana, fatta eccezione la zona di Muggia, dove le concentrazioni di SO₂ aumentano lievemente. La presente analisi appare comunque fortemente conservativa per due motivi: le emissioni da traffico navale sono state stimate utilizzando coefficienti di carico e ipotizzando tipi di combustibili tali da ottenere una quadro di emissione conservativo (si veda l'Appendice A dell'Allegato 2); non è stato considerata la riduzione di traffico navale associata alla dismissione dello stabilimento siderurgico di Servola.

In generale si osserva che nello Scenario C si ha un leggero incremento delle concentrazioni di SO₂ rispetto allo Scenario ante-operam A sulle aree antropizzate. Tale aumento è di entità molto limitata e non contribuisce ad innalzare i valori di concentrazione a valori confrontabili ai valori limite di normativa. Anche in considerazione delle forti ipotesi conservative adottate nella stima delle emissioni da traffico navale, si può concludere che l'eventuale insediamento della Centrale Lucchini e del terminale GNL e la contemporanea dismissione dello stabilimento siderurgico di Servola non

costituiscono un problema nei riguardi dei picchi di concentrazioni di SO₂ quando comparati ai valori limite di normativa.

Nella tabella 13 si riportano i picchi di concentrazione massima calcolati nei differenti scenari con il punto di massima ricaduta. Per questo inquinante, in relazione agli Scenari Base, A e B si è osservato che si ottiene la massima concentrazione nella zona compresa tra via Flavia e la grande viabilità in corrispondenza del pendio che risale verso l'altipiano Carsico. Il punto di massima ricaduta si sposta sulla baia di Muggia nello Scenario C.

		Base	A	B	C
SO ₂	Coordinate massima ricaduta [UTM WGS 84]	407.902 5053.775	407.902 5053.775	407.902 5053.775	404.902 5051.275
	Picchi delle medie orarie [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	113.98	113.98	113.98	192.79

Tabella 13: Valori di picco della media oraria delle concentrazioni di SO₂ e coordinate dei punti di ricaduta massima per i differenti scenari short-term analizzati. Da notare che il punto relativo allo Scenario C si trova sul bacino marino. Valore limite di normativa pari a 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

6.2 Biossido di azoto NO₂

Per quanto riguarda il biossido di azoto la situazione è leggermente diversa in quanto, nonostante una grossa percentuale di emissioni proviene dallo stabilimento siderurgico di Servola, da Elettra e da Italcementi, quantità non trascurabili vengono emesse, in ordine decrescente, anche dal termovalorizzatore Acegas, da Sertubi e da Pasta Zara.

Nello Scenario Base, la distribuzione dei picchi di concentrazione è simile a quella constatata per il biossido di zolfo con l'aggiunta di due aree a concentrazione abbastanza elevata rispettivamente nell'area delle sorgenti di emissione Sertubi e Pasta Zara.

I valori di picco sono dell'ordine di 80-90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, nelle zone a nord della via Valmaura e a NE rispetto a Italcementi. Inoltre in zona sud, per un effetto di accumulo dell'inquinante in una zona ai piedi di un rilievo collinare, si osservano picchi di concentrazioni orari dell'ordine dei 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Tali valori sono considerevolmente inferiori ai valori massimi di normativa.

In linea con quanto riscontrato nella relativa simulazione A long-term, anche nella presente simulazione, le riduzioni di biossido di azoto a seguito delle migliorie tecnologiche effettuate nello stabilimento siderurgico di Servola sono risultate trascurabili.

Nello Scenario B la distribuzione spaziale dei picchi massimi delle concentrazioni orarie di NO₂ risulta molto simile a quella relativa ai precedenti Scenari Base ed A. Le uniche sostanziali differenze consistono in una diminuzione delle concentrazioni nell'area adiacente all'incrocio tra via Valmaura e la Sopraelevata e nell'area dello stabilimento siderurgico, e in un aumento dei picchi di concentrazione sopra la parte centrale della baia di Muggia. La distribuzione mostra che la dismissione dello stabilimento siderurgico e la presenza della Centrale Lucchini forniscono un quadro di concentrazioni migliorativo rispetto allo stato preesistente. In particolare appaiono ridotte le concentrazioni nella zona dello stabilimento e nell'abitato immediatamente adiacente, mentre si osserva un debole incremento delle concentrazioni sullo specchio di mare antistante la zona industriale dovuto alla presenza della Centrale Lucchini.

Nello Scenario C la situazione appare modificata rispetto allo scenario B. Ciò è da attribuire principalmente al traffico navale associato al terminale GNL e, in misura minore, alle emissioni dei vaporizzatori SCVs. Rispetto allo scenario B le concentrazioni sono maggiori solo nella zona di ubicazione della Centrale e del terminale GNL, mentre non variano in maniera significativa nella restante parte del dominio. Ai 6 punti recettori considerati nell'analisi short-term la situazione appare migliorativa rispetto allo scenario ante-operam, in quanto si riscontrano in generale sensibili diminuzioni della concentrazione, a parte un aumento molto lieve a tutti recettori osservato nelle ore serali della giornata.

Nello Scenario D, la distribuzione dei valori massimi della concentrazione oraria di NO₂ appare simile a quella incontrata nel precedente scenario C. Anche guardando alle differenze tra le concentrazioni orarie ai punti recettori tra lo scenario C e lo Scenario D si vede che i miglioramenti ottenuti dall'uso del metodo SCR sono minimi.

La tabella 14, a titolo riassuntivo riporta i picchi della media oraria della concentrazione di NO₂ ed il punto di ricaduta di tali picchi in tutti gli scenari analizzati. Si osserva un unico valore per tutti gli scenari ad indicazione che la massima ricaduta di NO₂ non è da associare alla presenza dello stabilimento siderurgico di Servola e all'eventuale insediamento della Centrale Lucchini e del terminale GNL. Il picco di concentrazione di NO₂ si ha vicino allo stabilimento Pasta Zara.

		Base	A	B	C	D
NO ₂	Coordinate massima ricaduta [UTM WGS 84]	406.002 5049.975	406.002 5049.975	406.002 5049.975	406.002 5049.975	406.002 5049.975
	Picchi delle medie orarie [µg/m ³]	116.82	116.82	116.82	116.82	116.82

Tabella 14: Valori di picco della media oraria delle concentrazioni di NO₂ e coordinate dei punti di ricaduta massima per i differenti scenari short-term analizzati. Valore limite di normativa pari a 200 µg/m³.

6.3 Particolato PM₁₀

Nello Scenario Base e nello Scenario A, la sorgente di emissione più significativa risulta essere lo stabilimento siderurgico di Servola, anche in virtù delle emissioni diffuse. L'analisi di questi scenari mostra che intorno all'area dello stabilimento siderurgico si registrano i valori più elevati di concentrazione, con picchi massimi superiori ai valori limite di normativa. Tuttavia, tale zona è particolarmente limitata e già ai recettori di Pitacco, Carpineto e S. Sabba, che sono quelli più vicini a tale area, la situazione risulta molto tranquilla come mostrato in dettaglio nell'Allegato 3.

Coerentemente con quanto riscontrato nello scenario B long-term, la cessazione dell'attività dello stabilimento siderurgico di Servola, comporta un sostanziale miglioramento della situazione, nei riguardi del particolato PM₁₀. In questo caso le concentrazioni massime sono inferiori a 20 µg/m³ e i flussi di deposizione secca sono inferiori a 0.001 µg/m²/s.

L'analisi ai punti recettori mostra il miglioramento della situazione, se si considera che a questi punti i valori sono sempre inferiori a 2 µg/m³, mentre nei precedenti scenari erano osservati valori fino a 30 µg/m³.

		Base	A	B	C
PM ₁₀	Coordinate massima ricaduta [UTM WGS 84]	404.702 5052.775	404.702 5052.775	407.902 5053.775	404.902 5051.275
	Picchi delle medie orarie [µg/m ³]	267.15	267.14	6.11	17.08

Tabella 15: Valori di picco della media oraria delle concentrazioni di PM₁₀ e coordinate dei punti di ricaduta massima per i differenti scenari short-term analizzati.

		Base	A	B	C
PM ₁₀	Coordinate massima ricaduta [UTM WGS 84]	404.702 5052.775	404.702 5052.775	406.702 5052.175	406.702 5052.175
	Picchi delle medie orarie [µg/m ³]	0.0109	0.0109	0.0011	0.0011

Tabella 16: Valori di picco dei flussi di deposizione secca di PM₁₀ e coordinate dei punti di ricaduta massima per i differenti scenari short-term analizzati.

La situazione del particolato PM₁₀ nello scenario C short-term, analogamente a quanto trovato nel corrispondente scenario long-term, risulta molto tranquillizzante in quanto l'impatto del traffico navale sulle aree antropizzate del territorio per questo inquinante risulta ridotto.

Ciò era stato già osservato nell'analisi long-term ed era stato attribuito a due motivi principali: all'azzeramento delle emissioni diffuse nell'area dello stabilimento siderurgico di Servola; alle

condizioni termo-fluidodinamiche di emissione da traffico navale. La differenza tra i valori registrati ai punti recettori nello Scenario A e nello Scenario C assume valori massimi molto elevati dell'ordine di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ al recettore Pitacco. Differenze inferiori, ma sempre significative sono osservate agli altri recettori. Ciò indica l'effetto migliorativo nei confronti del presente inquinante dello Scenario di emissione C rispetto alla situazione ante-operam (Scenario A).

La tabella 15 riporta un quadro riassuntivo, per tutti gli scenari analizzati, dei valori di picco delle medie orarie delle concentrazioni di PM_{10} e le coordinate dei punti di massima ricaduta. Tale inquinante ha la massima ricaduta nella zona dello stabilimento siderurgico di Servola con valori molto elevati negli Scenari Base ed A. La massima ricaduta si sposta vicino allo stabilimento Italcementi negli scenari B e C. Si noti che lo Scenario C fornisce valori superiori a quelli dello Scenario B, tali valori sono comunque di circa 20 volte inferiori a quelli ante-operam.

La tabella 16 riporta i valori massimi dei flussi di deposizione secca di PM_{10} per tutti gli scenari. Anche per questa quantità se ne osserva una drastica riduzione, che seguirebbe dalla dismissione dello stabilimento siderurgico.

6.4 Ammoniaca NH_3

Guardando alla distribuzione delle massime concentrazioni orarie della giornata si può vedere che esse presentano concentrazioni più elevate nelle due aree urbane poste rispettivamente a nord-est e nord-ovest rispetto alla sorgente Italcementi. Un comportamento simile era stato già riscontrato nell'analisi della distribuzione degli NO_2 e degli SO_2 , anche se i massimi di questi ultimi erano un po' spostati rispetto alle zone di massima concentrazione di NH_3 , probabilmente in virtù delle differenti caratteristiche dei tre inquinanti.

Inoltre tutta la zona posta ad est rispetto alla Centrale Lucchini (zona industriale e zona del canale navigabile), risulta interessata dalle emissioni di ammoniaca. Sulla base dei risultati ottenuti per l'ammoniaca e in virtù del fatto che le riduzioni di NO_2 ottenute mediante l'impiego della tecnologia SCR sono minime, non appare giustificato l'impiego di tale tecnologia.

La tabella 17 riporta il picco di concentrazione media oraria ed il punto dove questa occorre. Il punto si trova nella zona tra via Carnaro e la Nuova Sopraelevata, sul pendio che risale verso l'altipiano Carsico, in direzione di Cattinara.

		D
NH_3	Coordinate massima ricaduta [UTM WGS 84]	407.402 5054.375
	Picchi delle medie orarie [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	4.11

Tabella 17: Valori di picco della media oraria delle concentrazioni di NH_3 e coordinate del punto di ricaduta massima per lo Scenario D short-term.

7. SUGGERIMENTI PER L'UBICAZIONE DI UNA CENTRALINA DI MISURA

Questa sezione è relativa al caso in cui si ritenesse opportuna l'installazione di una nuova centralina di monitoraggio della qualità dell'aria. Sulla base dei risultati dell'analisi-short term, ed in particolare dei picchi massimi delle concentrazioni dei vari inquinanti, per quanto riguarda le emissioni del comparto industriale ed in relazione agli inquinanti qui considerati (SO₂, NO₂, PM₁₀) appare ragionevole il posizionamento di una ulteriore centralina in una zona compresa tra via Flavia e la Nuova Sopraelevata, all'interno di un rettangolo limitato dalle seguenti coordinate UTM (esprese in chilometri) 406.5-408.0; 5052.5-5054 (riguardo blu nella figura 7). Questa centralina sarebbe in grado di misurare le concentrazioni derivanti dagli impianti industriali, compresi la Centrale Lucchini e il terminale GNL, associate a venti provenienti dal terzo quadrante.

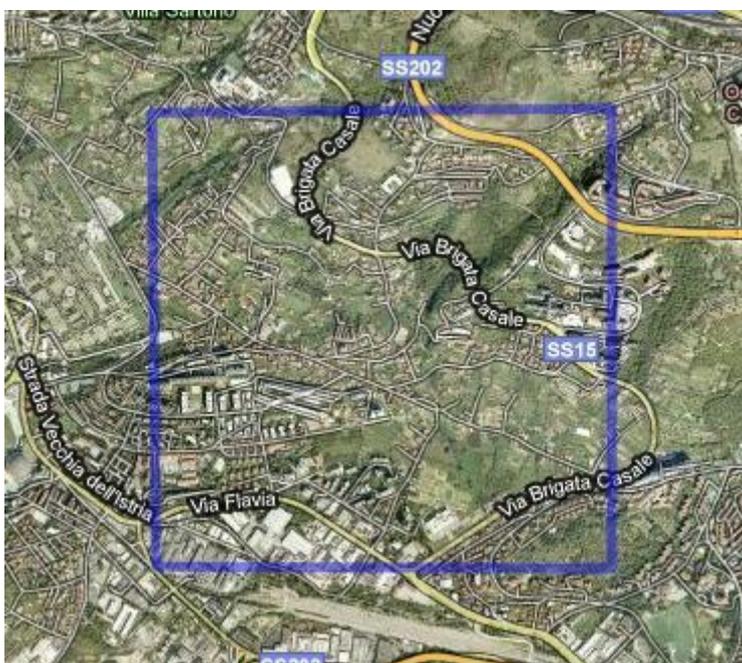


Figura 7: Immagine da Google Maps rappresentante la zona di possibile ubicazione di una nuova centralina di monitoraggio della qualità dell'aria.

8. CONCLUSIONI

Nel presente studio sono state analizzate le caratteristiche della qualità dell'aria derivanti dagli scenari emissivi definiti nella 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, in relazione alla procedura autorizzativa della Centrale Lucchini Energia.

Sono stati considerati differenti scenari, ex-ante e ex-post. Gli scenari ex-ante hanno considerato la situazione attuale, anche considerando gli interventi migliorativi effettuati presso lo stabilimento siderurgico di Servola durante il periodo 2008-2009.

Gli scenari ex-post hanno considerato la presenza della Centrale e, successivamente, la presenza contemporanea della Centrale e del terminale GNL. In entrambi i casi è stata considerata la dismissione dello stabilimento siderurgico di Servola, come pure condizioni di emissione particolarmente conservative che si possono ivi riassumere:

- Non è stata considerata la conversione dell'alimentazione della Centrale Elettra da gas siderurgici a gas naturale;
- Sono state stimate in maniera fortemente conservativa le emissioni da traffico navale associate al funzionamento del terminale GNL;
- Non è stata considerata la cessazione del traffico navale associato al funzionamento dello stabilimento siderurgico.

Lo studio ha mostrato che in tali ipotesi di lavoro, nello scenario ex-post più gravoso, che prevede la presenza contemporanea della Centrale Lucchini e del terminale GNL si osserva, rispetto alla situazione ex-ante:

- Un leggero aumento delle concentrazioni di SO_2 , con valori di picco notevolmente inferiori ai valori limite di normativa;
- Una diminuzione delle concentrazioni di NO_2 e una riduzione del numero di superamenti annuali;
- Una forte riduzione delle concentrazioni di PM_{10} , e una riduzione sia dei valori di picco che dei numeri di superamenti annuali;
- Una forte riduzione di CO, che comunque assumeva valori molto bassi anche negli scenari ex-ante;
- Una forte riduzione della CO_2 .

Dall'analisi dei risultati, è stato stimata una presenza inferiore di $PM_{2,5}$ e una minore formazione di ozono.

Infine lo studio fornisce indicazioni su un eventuale luogo di ubicazione di una nuova centralina di misura atta a monitorare i valori di picco degli inquinanti sospinti dai venti provenienti dal terzo quadrante.

BIBLIOGRAFIA

- [1] The Calpuff Modeling System, <http://www.src.com/calpuff/calpuff1.htm>
- [2] Scire, J.S., Robe, F.R., Fernau, M.E., Yamartino, R.J. "A User's guide for the CALMET meteorological model". 2000.
- [3] Scire, J.S., Strimaitis, D.G., Yamartino, R.J. "A User's guide for the CALPUFF dispersion model". 2000.
- [4] Strimaitis, D.G., Scire, J.S., Chang J.C. "Evaluation of the CALPUFF dispersion model with two power plant data sets". 10th Conference on Air Pollution Meteorology, Phoenix, AZ, January 1998.
- [5] Sozzi, R. "La micrometeorologia e la dispersione di inquinanti in aria". APAT CTN-ACE 2003.
- [6] ARPA-FVG. "La qualità dell'aria della città di Trieste con particolare riferimento alla zona di Servola". 2009.
- [7] Allegrini, I. "Inquinamento atmosferico da centrali elettriche turbogas a ciclo combinato. (Relazione preliminare)". Istituto Inquinamento Atmosferico, C.N.R., 23 Febbraio 2004.

Prof. Ing. Vincenzo Armenio

