

La qualità dell'aria della città di Trieste con particolare riferimento alla zona di Servola





*Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente
del Friuli-Venezia Giulia*

LA QUALITA' DELL'ARIA DELLA CITTA' DI TRIESTE CON PARTICOLARE RIFERIMENTO ALLA ZONA DI SERVOLA

Progetto coordinato da

Dott. Giorgio Mattassi Direttore Tecnico-Scientifico
Dott. Fulvio Daris

Contributi di

Dott. Stefano Micheletti
Dott. Italo Pellegrini
Dott. Marzio Viola
Dott. Pietro Rossin
Dott. Francesco Montanari
Dott. Stefania Del Frate
Dott. Fulvio Stel
Dott. Dario Giaiotti
Dott. Irene Gallai
Dott. Tommaso Pinat
Ing. Fabiano Turollo
Dott. Alessandra Petrini
Dott. Alessandra Pillon

INDICE

	Pag.
1 INTRODUZIONE.....	4
2 INQUADRAMENTO GENERALE	4
2.1 Caratteristiche generali del territorio della Provincia di Trieste.....	4
2.2 Aspetti meteorologici.....	5
2.3 Inquadramento del territorio dal punto di vista socio-economico.....	5
2.3.1 Comuni.....	6
3 ELEMENTI DI SINTESI SULL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO.....	7
3.1 Fonti di emissione di inquinanti dell'aria. [6, 9].....	7
3.2 I principali inquinanti [7, 8, 15]	8
3.3 Le principali fonti e la classificazione delle emissioni [1, 17].....	9
3.4 Il catasto delle emissioni in atmosfera in Regione.....	10
3.5 Emissioni in atmosfera: quantitativi annui relativi all'anno 2005.....	13
3.6 Emissioni Regionali, Provinciali e Comunali ripartite per macrosettore.....	14
3.7 Emissioni specifiche per inquinante	17
3.8 Emissioni per tipologia di sorgente.....	28
3.8.1 Emissioni da sorgenti puntuali.....	28
3.8.2 Emissioni da traffico.....	35
3.8.3 Emissioni da sorgenti diffuse.....	38
3.8.4 Emissioni da altre sorgenti mobili: porti.....	39
3.8.5 Emissioni da attività agricole.....	40
3.8.6 Emissioni da attività biogeniche.....	42
3.9 Analisi dei dati meteorologici [13].....	44
3.10 Elementi di sintesi relativi alla valutazione della qualità dell'aria.. ..	52
3.10.1 Struttura della Rete di rilevamento.....	52
3.10.2 Campagne di monitoraggio per mezzo di stazioni mobili e campionatori diffusivi..	55
3.10.3 Efficienza degli analizzatori.....	56
3.10.4 I principali inquinanti.....	56
3.10.4.1 Biossido di zolfo (SO ₂).....	56
3.10.4.2 Biossido di azoto (NO ₂).....	62
3.10.4.3 Monossido di carbonio (CO).....	71
3.10.4.4 Materiale particolato (PM ₁₀ e PM _{2.5}).....	73
3.10.4.5 Ozono (O ₃).....	86
3.10.4.6 Benzene (C ₆ H ₆).....	92
3.10.4.7 Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA).....	98
3.10.4.8 Emissioni odorose e percezione da parte della popolazione di sostanze osmogene. 102	
4 RUOLO DELLE CONDIZIONI METEOROLOGICHE NELLA DIFFUSIONE DI ALCUNI INQUINANTI.....	103
4.1 Il modello diffusionale utilizzato.(23)	103
4.2 Le distribuzioni degli Ossidi di Azoto ed Ossidi di Zolfo in condizioni meteorologiche diverse.....	104

5	DISTRIBUZIONE DELLE CONCENTRAZIONI DI PM 10 E BENZO (a) PYRENE NELLA ZONA DI SERVOLA.....	115
5.1	Concentrazioni di PM10 rilevate presso la postazione R.F.I. e relativa elaborazione statistica e diffusione.....	115
5.1.1	Analisi condotte e software utilizzato.....	117
5.1.2	Elaborazione dei dati.....	117
5.2	Concentrazioni di Benzo(a)pyrene rilevate presso la postazione R.F.I. e relativa elaborazione statistica e diffusione	131
5.2.1	Analisi dei dati di Benzo(a)pyrene misurati.	131
5.2.2	Analisi anemologica dei dati meteorologici registrati dalla stazione OSMER del Molo Fratelli Bandiera.....	141
5.2.3	Analisi comparata dei dati di concentrazione di Benzo(a)pyrene e dei dati di direzione del vento.....	145
6	CONCLUSIONI.....	147
7	BIBLIOGRAFIA	151

1 INTRODUZIONE

La presente relazione descrive le caratteristiche generali dell'area triestina, fornisce una serie di elementi relativi all'inquinamento atmosferico attraverso la identificazione delle fonti di emissioni di inquinanti dell'aria, l'analisi dei dati meteorologici e la quantificazione delle concentrazioni dei principali inquinanti e presenta alcuni scenari diffusionali con particolare riferimento alla zona di Servola.

2 INQUADRAMENTO GENERALE

2.1 Caratteristiche generali del territorio della Provincia di Trieste.

La Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia ha una superficie territoriale pari a 7858 kmq, che dal punto di vista amministrativo è suddivisa in quattro province: Trieste, Udine, Gorizia e Pordenone.

La Provincia di Trieste risulta essere quella con la minor estensione territoriale, coprendo un'area di 211,8 kmq. La Provincia dal punto di vista amministrativo conta sei comuni: Duino Aurisina (ca. 45 kmq), Monrupino (12,7 kmq), Muggia (13,8 kmq), San Dorligo della Valle (ca. 24 kmq), Sgonico (ca. 31 kmq) e Trieste (84,7 kmq).

Dal punto di vista fisico-naturale l'area triestina può essere inserita nella zona carsica, a cui corrisponde il paesaggio del Carso e della Costiera Triestina e Muggia. Dal punto di vista morfologico l'area è caratterizzata da un lato dall'associazione fra un'estesa zona di altopiano semipianeggiante (compresa fra Aurisina e Basovizza) ed un contesto carsico collinare prossimo al confine sloveno (M. Ermada, M. dei Pini, M. Concusso) dall'altro ad occidente dalla forte acclività delle pareti rocciose calcaree che scendono rapidamente al mare formando talora falesie e ad oriente da rilievi morfologicamente più dolci, spesso terrazzati, tipici dei substrati flyschoidi presenti.

All'interno di questo contesto naturale si inseriscono il grande conturbamento della città di Trieste e di una limitatissima area di pianura alluvionale nella zona del Rio Ospo e della Valle delle Noghere, frutto peraltro di opere di bonifica idraulica di epoca recente.

Per quanto riguarda il sistema della tutela dei beni ambientali all'interno della Provincia di Trieste si individua il seguente Sito di Importanza Comunitaria (SIC) (Dir. 92/43/CEE), e la seguente Zona di Protezione Speciale (ZPS) (Dir. 79/409/CEE):

- SIC IT3340006 "Carso Triestino e Goriziano"
- ZPS IT3341002 "Aree Carsiche della Venezia Giulia"

Le riserve naturali nazionali (L. 394/91 – Parco Marino di Miramare) e regionali (L.R. 42/96, art. 3 – Monte Lanaro, Monte Orsario, Val Rosandra, Falesie di Duino) occupano un'estensione di circa 13 kmq.

L'unico biotopo naturale regionale (L.R. 42/96, art. 4) presente nel territorio provinciale, i Laghetti delle Noghere, copre un'area pari a 12,5 ha.

Va, infine, segnalato che ampi spazi della Provincia risultano sottoposti a vincolo idrogeologico e paesaggistico.

2.2 Aspetti meteorologici.

Grazie alla protezione delle Alpi Carniche e la vicinanza al mare, il clima nella parte pianeggiante della Regione Friuli-Venezia Giulia è in genere di tipo marittimo. Attualmente la temperatura media annua a Trieste si attesta intorno ai 15° C (RSA, 2005), rispetto alla norma climatica del trentennio 1991-1990 di 14,4° C e rispetto al 1900 di 13,7° C. I mesi più freddi risultano essere gennaio e febbraio, con medie intorno ai 6/7 °C. Di converso i mesi più caldi sono luglio e agosto, con medie superiori ai 24° C.

L'escursione termica giornaliera è tra le più ridotte d'Italia e d'Europa, variando dai 3/4° C in inverno, ai 5/6° C in estate.

Attualmente nella regione Friuli-Venezia Giulia le precipitazioni risultano in diminuzione su costa, pianura e montagna soprattutto se confrontate con il trentennio di riferimento standard (1961-1990); a Trieste nel corso del 2006 (PTR, 2008) la pioggia cumulata caduta risulta pari a 777,6 mm.

Il regime anemologico della Regione Friuli-Venezia Giulia è condizionato principalmente dalle brezze. Tipicamente le brezze di terra soffiano dagli ottanti Nord Orientali, mentre quelle di mare da quelli Sud Occidentali. A Trieste, tuttavia, risulta di estremo interesse la Bora, che soffia dai quadranti nord orientali (ENE) con una frequenza del 21% (77 giorni all'anno) ed un percorso di quasi 40000 km/anno. Nel 2006 il vento medio annuo nella provincia di Trieste è stato di 3,8 m/s e si sono registrate ben 17 giornate con Bora superiore ai 100 km/h (PTR, 2008).

Un dettaglio ed un approfondimento delle caratteristiche meteorologiche della Provincia di Trieste viene sviluppato nel successivo punto 3.4

2.3 Inquadramento del territorio dal punto di vista socio-economico.

La situazione demografica in Provincia di Trieste evidenzia il calo di popolazione ed il suo progressivo invecchiamento, ormai costante da 35 anni. I dati provvisori delle anagrafi comunali al 31/12/2007 (cfr. "Regione in cifre" 2008) evidenziano una popolazione residente pari a 239.655 unità, di cui maschi 113.512 e femmine 126.143, con una densità abitativa fra le più alte della Regione pari a 1.131, 4 ed un'età media di 47,5 anni. Di questi abitanti la maggior parte risiede entro il comune di Trieste (208.552 persone), ove si registra la più alta densità abitativa di tutta la Regione Friuli-Venezia Giulia pari a 2.468,4.

In termini economici, l'analisi del valore aggiunto prodotto dai diversi settori economici e produttivi provinciali evidenzia come a fronte di un primario residuale (1 %) e di un settore secondario (15 %) marginale, se paragonato ai valori medi nazionali, è il terziario, con l'84 %, l'elemento che caratterizza in maniera preponderante l'economia triestina. L'economia provinciale appare quindi sbilanciata a favore del terzo e del quarto settore, ove una parte preponderante svolgono la Pubblica Amministrazione ed il settore delle intermediazioni (banche e assicurazioni). Il livello economico provinciale può essere schematicamente riassunto nella seguente tabella, ove si riportano i Conti Economici Provinciali elaborati nel 2005 dall'ISTAT.

PROVINCIA DI TRIESTE – UNITÀ DI LAVORO TOTALI – ANNI 2001 - 2003 (media annua in migliaia)									
Anno	Agricoltura, silvicoltura e pesca	Industria			Servizi				TOTALE
		Industria in senso stretto	Costruzioni	Totale industria	Commercio, riparazioni, alberghi e ristoranti, trasporti e comunicazioni	Intermediazione monetaria e finanziaria; attività immobiliari e imprenditoriali	Altre attività di servizi	Totale servizi	
2003	1.1	15.0	3.4	18.4	31.8	20.5	35.5	87.8	107.3
2002	1.1	14.6	3.6	18.2	32.4	19.9	38.9	91.2	110.5
2001	1.1	14.8	3.3	18.1	34.8	19.8	40.7	95.3	114.5

Fonte dei dati: Elaborazione dati ISTAT - Conti Economici Provinciali - dicembre 2005.

UNITÀ DI LAVORO TOTALI – ANNO 2003 (media annua in migliaia)									
Province e Regioni	Agricoltura, silvicoltura e pesca	Industria			Servizi				TOTALE
		Industria in senso stretto	Costruzioni	Totale industria	Commercio, riparazioni, alberghi e ristoranti, trasporti e comunicazioni	Intermediazione monetaria e finanziaria; attività immobiliari e imprenditoriali	Altre attività di servizi	Totale servizi	
Trieste	1.1	15.0	3.4	18.4	31.8	20.5	35.5	87.8	107.3
	1 %			17 %				82 %	100 %
Friuli Venezia Giulia	23,0	132,3	31,3	163,6	156,2	76,4	134,4	367,0	553,6

Fonte dei dati: Elaborazione dati ISTAT - Conti Economici Provinciali - dicembre 2005.

Tratto da : *Linee Guida per lo Sviluppo del Piano Territoriale Provinciale di Coordinamento*
(Provincia di Trieste, 2006)

Analogamente nelle seguente tabella si riportano le superfici occupate dalle varie attività economiche all'interno della Provincia.

2.3.1 Comuni	Superficie aree commerciali (ha)	Superficie aree turistiche (ha)	Superficie aree industriali-artigianali (ha)	Superficie aree portuali (ha)	Superficie aree autoportuali (ha)
Duino Aurisina	3,4	60,7	53,5	0	0
Monrupino	9,9	0	0	0	35,9
Muggia	62,5	53,7	221,6	35,5	0
San Dorligo della V.	3	2,2	285,7	0	0
Sgonico	2,6	3,1	35,4	0	20,4
Trieste	26	52,6	313,4	272,1	7,7
TOTALE	107,4	172,3	909,7	307,6	64

Modificato da : *Linee Guida per lo Sviluppo del Piano Territoriale Provinciale di Coordinamento*
(Provincia di Trieste, 2006)

3 ELEMENTI DI SINTESI SULL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO

3.1 Fonti di emissione di inquinanti dell'aria. [6, 9]

Con il termine inquinamento atmosferico l'EPA (Environmental Protection Agency, Agenzia statunitense per la protezione dell'ambiente) indica la presenza nell'aria di contaminanti o sostanze inquinanti che interferiscono con la salute o il benessere umano, o determinano altri effetti dannosi per l'ambiente. Il D. Lgs. 4 agosto 1999, recepimento della Direttiva Europea 96/62/CE, definisce aria ambiente *l'aria presente nella troposfera, ad esclusione di quella presente nei luoghi di lavoro*, ed inquinante *qualsiasi sostanza immessa direttamente o indirettamente dall'uomo nell'aria ambiente che può avere effetti dannosi sulla salute umana o sull'ambiente nel suo complesso* (art. 2, comma 1).

In un recente documento dell'E.E.A. (European Environment Agency, - Agenzia Europea per la Protezione dell'Ambiente), vengono inquadrati i principali problemi legati all'inquinamento atmosferico in Europa:

- l'impatto sulla salute umana dell'esposizione al materiale particolato (PM, particulate matter) ed all'ozono (ed in minor misura a biossido di azoto, biossido di zolfo, monossido di carbonio, piombo e benzene);
- l'acidificazione e l'eutrofizzazione degli ecosistemi;
- i danni agli ecosistemi ed alle coltivazioni dovuti all'ozono;
- il danneggiamento di materiali e beni culturali da parte dell'ozono e delle piogge acide;
- l'impatto di metalli pesanti e composti organici persistenti sulla salute umana e sugli ecosistemi.

Inoltre, l'Unione Europea ha stabilito, come obiettivo a lungo termine per il clima, di limitare l'aumento della temperatura globale media a 2 °C oltre i valori pre-industriali. Le conseguenti politiche di lotta ai cambiamenti climatici sono volte a ridurre sostanzialmente l'inquinamento atmosferico. I benefici secondari risultanti comprendono l'abbattimento del potenziale danno alla salute pubblica ed agli ecosistemi dovuto agli inquinanti atmosferici e la riduzione dei costi complessivi per il controllo delle emissioni degli stessi inquinanti.

Relativamente a tali problemi, il Centro Tematico della succitata European Environment Agency su Aria e Cambiamenti Climatici, ha sviluppato una serie di indicatori di inquinamento atmosferico, cui ci si riferisce nell'elaborazione dei Rapporti sulla qualità dell'aria, incluso il presente.

Molte fra le sostanze emesse in aria (inquinanti *primari*) entrano in complesse catene di reazioni, che si svolgono in atmosfera e che portano alla formazione di nuove specie chimiche (dette inquinanti *secondari*), reazioni in alcuni casi catalizzate dalla radiazione solare e condizionate da altri parametri meteorologici (temperatura, umidità), nonché dall'interazione di vari inquinanti fra loro. Intervengono anche meccanismi fisico-chimici che, da specie presenti in forma di gas, portano alla formazione di materiale particolato sospeso in atmosfera.

Le emissioni di inquinanti sono disperse nell'aria e rimosse dall'atmosfera attraverso processi quali reazioni chimiche – cui si è accennato – e deposizione, che ne determinano, in funzione delle condizioni meteorologiche, la persistenza più o meno lunga in atmosfera, l'ubiquitarietà o la permanenza in prossimità alle sorgenti, ecc.

Le concentrazioni risultanti degli inquinanti variano sensibilmente in dipendenza dal tipo di sostanza, dal luogo e dal tempo. Oltre che della distribuzione ed intensità delle sorgenti, esse sono il risultato dei complessi fattori sopra elencati. Gli inquinanti che presentano concentrazioni elevate in prossimità delle fonti di emissione sono il biossido di zolfo (SO_2), il monossido di carbonio (CO), gli ossidi di azoto (NO_x) ed il benzene, provenienti soprattutto da traffico ed impianti industriali. Altri inquinanti generalmente sono presenti su una più vasta scala in quanto si formano e trasformano durante il trasporto in atmosfera: l'ozono, le piogge acide ed il particolato secondario rientrano in questa categoria. Le rispettive concentrazioni sono considerate tipicamente come livelli di inquinamento di "fondo regionale", soggette unicamente a modificazioni locali limitate: in realtà possono subire l'influenza del fenomeno di trasporto su scala mondiale, come nel caso dell'ozono e del materiale particolato. Va osservato che specie quali il materiale particolato (PM, monitorato come $\text{PM}_{2.5}$ e PM_{10}) presentano elevati livelli di fondo regionali. Sulle concentrazioni di tali sostanze tuttavia, possono contribuire significativamente anche emissioni locali (urbane od industriali).

3.2 I principali inquinanti [7, 8, 15]

Gli inquinanti possono avere origine naturale o derivare da attività antropiche e sono classificati come primari o secondari. Gli inquinanti primari sono sostanze prodotte direttamente da un processo, ad esempio da un'eruzione vulcanica o dallo scarico di un veicolo a motore. Gli inquinanti secondari non vengono emessi direttamente ma si formano in atmosfera a seguito di reazioni o interazioni degli inquinanti primari. Si ritiene utile precisare che alcuni inquinanti possono essere sia primari che secondari.

Tra gli inquinanti primari prodotti dalle attività umane sono compresi gli ossidi di zolfo, azoto e carbonio, composti organici come gli idrocarburi, materiale particolato, ossidi metallici. Inquinanti secondari sono alcuni composti originati da inquinanti primari allo stato gassoso nel fenomeno dello smog fotochimico, quali ad esempio il biossido di azoto, l'ozono ed il perossiacetil nitrato.

In particolare, l'**ozono (O_3)** è un forte ossidante fotochimico, nocivo per la salute umana, le coltivazioni, la vegetazione ed i materiali. Tale gas, come già accennato, non viene emesso direttamente, ma si forma ai livelli più bassi dell'atmosfera per reazione dell'ossigeno (O_2) con composti organici volatili (VOC), tra cui il benzene, ed ossidi di azoto (NO_x), in presenza di radiazione solare.

Il **materiale particolato (PM)**, particulate matter, misurato come concentrazioni di PM_{10} o $\text{PM}_{2.5}$, ossia aventi diametro aerodinamico inferiore a 10 e 2.5 μm rispettivamente) può essere emesso in atmosfera direttamente o formarsi indirettamente da precursori gassosi quali ossidi di zolfo (SO_2) ed azoto (NO_x) ed ammoniaca (NH_3).

3.3 Le principali fonti e la classificazione delle emissioni [1, 17]

Le fonti responsabili della produzione di sostanze inquinanti sono numerose e di varia natura.

Alcune fonti emissive sono di origine naturale (ad esempio l'attività vulcanica, l'erosione del suolo, la decomposizione della materia organica, i processi metabolici di piante ed animali), altre invece sono strettamente legate alle attività umane (i processi industriali e le combustioni in genere, come riscaldamento e traffico).

I principali settori di emissione di inquinanti dell'aria ambiente sono costituiti dal trasporto su strada, dall'industria e dall'agricoltura, con una conseguente vasta esposizione della popolazione umana, degli ecosistemi e dei beni culturali a condizioni sfavorevoli di qualità dell'aria e deposizioni. I fenomeni più intensi di inquinamento atmosferico interessano oggi soprattutto le aree urbane ed hanno come causa principale il traffico veicolare. Anche il settore domestico (in particolare il riscaldamento domestico mediante legna e carbone in alcune aree europee) può rappresentare un'importante fonte di inquinamento atmosferico, soprattutto per il materiale particolato. Mentre le emissioni di inquinanti da gran parte degli altri settori è diminuito, il trasporto marino, fluviale ed aereo si stanno rivelando sempre più significative fonti di emissioni di SO₂, NO_x, e PM in Europa.

A seconda degli inquinanti considerati cambia il contributo percentuale delle fonti: il traffico rimane la sorgente principale per le emissioni di materiale particolato, NO_x, CO, CO₂; ammoniaca e metano sono emesse principalmente dall'agricoltura e dagli allevamenti; i composti organici volatili (COV) provengono invece soprattutto dall'uso dei solventi (verniciature, sintesi di produzioni chimiche, industria della stampa); le emissioni maggiori di SO₂ sono imputabili alle centrali termoelettriche.

Nell'ambito dello studio dei fenomeni di inquinamento atmosferico, un ruolo fondamentale rivestono dunque la classificazione ed il censimento delle fonti: tale attività si concretizza nella realizzazione dei cosiddetti *inventari* delle emissioni in atmosfera, che può ormai contare su solide basi scientifiche e tecniche, condivise a livello internazionale.

La Direttiva Europea 96/62 (recepita in Italia con il D.Lgs.351/99 "Attuazione della direttiva 96/62 in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria" del 4.8.1999) prevede infatti l'utilizzo di tre strumenti fondamentali: sistemi di rilevamento (reti di monitoraggio, mezzi mobili, campionatori attivi/passivi), inventario delle sorgenti emissive (disaggregato per aree e tipologie di sorgenti) e modelli di dispersione degli inquinanti per la gestione della qualità dell'aria.

Per ciascuna porzione di territorio (es: Regione, Provincia, ecc.), per ciascun inquinante, per ciascuna *attività* (es: produzione di acciaio con forno ad arco elettrico, traffico autostradale di veicoli merci pesanti, riscaldamento domestico con caldaie a metano, allevamento di suini, ecc.), è possibile stimare le emissioni in atmosfera in un periodo di riferimento (tipicamente un anno). Ad esempio, è possibile stimare le tonnellate di benzene emesso a causa della circolazione su strade urbane di motocicli con cilindrata superiore a 50 cm³ durante l'anno 2000 nelle quattro Province della nostra Regione. A ciascuna sorgente, inoltre, si associano dei *profili di disaggregazione temporale*, che indicano l'intensità dell'emissione nelle varie ore del giorno, giorni della settimana, stagioni dell'anno ed eventuali tendenze di lungo periodo.

Le tecniche con cui si arriva a definire tali quantità si basano sui cosiddetti *fattori di emissione* (es: quantitativo di NH₃ emesso per tonnellata di concimi azotati sparsi al suolo) e sui corrispondenti *indicatori di attività* associati ad una porzione di territorio (es: quantitativi di combustibile consumati, numero di addetti ad una certa produzione industriale, superfici coltivate, ecc.).

Le prime esperienze di compilazione di inventari delle emissioni in atmosfera risalgono agli anni '70, quando negli USA l' E.P.A. realizzò le prime guide ai fattori di emissione e i primi inventari. In ambito europeo, alla metà degli anni '80, è stato lanciato il progetto Corinair (CooRdination-Information-AIR) finalizzato all'armonizzazione, la raccolta e l'organizzazione di informazioni coerenti sulle emissioni in atmosfera nella comunità europea.

Le attività, antropiche e naturali, sono organizzate in *settori* e *macrosettori*. Con la pubblicazione di "Atmospheric Emission Inventory Guidebook" 2nd edition, è stata adottata a livello europeo la nomenclatura SNAP97 (riportata in Appendice B) e sono stati individuati i seguenti macrosettori:

- Combustione – Energia e industria di trasformazione;
- Combustione – Non industriale;
- Combustione – Industria;
- Processi Produttivi;
- Estrazione, distribuzione combustibili fossili / geotermico;
- Uso di solventi;
- Trasporti Stradali;
- Altre Sorgenti Mobili;
- Trattamento e Smaltimento Rifiuti;
- Agricoltura;
- Altre sorgenti di Emissione ed Assorbimenti.

Come si può comprendere da queste indicazioni, lo sforzo di classificazione, censimento e quantificazione di tutte le sorgenti va nella direzione di descrivere realtà di una complessità elevata. E' tuttavia fondamentale per poter produrre una base di conoscenze *condivise* e *confrontabili*, sia nello *spazio* (con altre realtà territoriali) che nel *tempo* (portando con sé la possibilità di confrontare scenari presenti, passati e futuri).

3.4 Il catasto delle emissioni in atmosfera in Regione.

La L.R. 16 del 18 giugno 2007 individua tra le competenze specifiche di ARPA FVG le funzioni relative al supporto tecnico nella realizzazione e gestione degli inventari regionale e provinciali delle emissioni in atmosfera. Tali competenze sono definite specificatamente ai sensi degli articoli 3 e 12 della legge citata.

Tuttavia, ARPA FVG si era già attivata in tal senso dal luglio 2005, in conformità del fatto che la direttiva europea 96/62, relativa alla valutazione e alla gestione della qualità dell'aria, recepita in Italia con il D.Lgs. 351/99 (*"Attuazione della direttiva 96/62 in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria"* del 04.08.1999) prevede l'utilizzo di 3 strumenti fondamentali:

- i sistemi di rilevamento (e.g. le reti di monitoraggio);
- gli inventari delle sorgenti emissive;
- i modelli di dispersione degli inquinanti.

Il catasto delle emissioni rappresenta, quindi, una delle colonne portanti della valutazione e gestione della qualità dell'aria, costituendo il collegamento diretto fra l'acquisizione dei dati tramite la misurazione e la modellistica ambientale.

ARPA FVG ha, pertanto, adottato, su specifico nullaosta della Regione FVG, il software Inemar (Inventario Emissioni Atmosfera), realizzato da Regione Lombardia e ARPA Lombardia, conformemente alle linee guida nazionali ed europee in materia e reso disponibile a seguito di una proficua collaborazione avviata con la stipula di una convenzione fra Regione Lombardia, Regione Piemonte, Regione Emilia Romagna, Regione Veneto, Regione Puglia, ARPA FVG e ARPA Lombardia, cui si sono aggiunte, poi, le Province di Trento e Bolzano.

I dati raccolti e implementati nel catasto Inemar comprendono:

- l'insieme di tutte le caratteristiche degli inquinanti considerati ai fini dell'inventario (e.g.: NO_x , PM_{10} , SO_2 , etc.);
- il censimento delle sorgenti di emissione puntuali, lineari e diffuse (e.g.: rispettivamente: impianti industriali; flussi di mezzi pesanti; impianti di riscaldamento domestico, etc.);
- gli indicatori di attività di ciascuna sorgente censita (e.g.: consumo di vernici o solventi, consumo di combustibile, quantità di materiale incenerita, etc.);
- i fattori di emissione (e.g.: quantità di NO_x prodotti per unità di combustibile utilizzato etc.);
- i dati statistici necessari per la disaggregazione spaziale e temporale delle emissioni (e.g.: numero di abitanti per comune, etc.);
- le indicazioni anagrafiche e geografiche (e.g.: relative alla localizzazione delle sorgenti, alla loro estensione, ai confini comunali, etc.).

In Inemar, la raccolta organizzata di tutti questi dati, consente di ottenere informazioni sulle emissioni annue complessive dei diversi inquinanti, sul contributo delle diverse tipologie di sorgente all'inquinamento totale e sull'apporto emissivo di particolari tipologie di attività, significative dal punto di vista socio-economico (anche in funzione dei settori o dei macrosettori specifici della classificazione adottata). Tutte queste informazioni e i risultati ottenuti sono presentati nella seguente relazione.

L'utilizzo del catasto delle emissioni consente anche di rappresentare uno scenario dello stato esistente, ovvero un'istantanea delle sorgenti di pressione sulla qualità dell'aria per ciascun comune della regione FVG, per ciascun inquinante, per ciascuna attività e per numerosi livelli di disaggregazione spaziale e temporale.

Infine, Inemar può essere utilizzato come fonte di informazioni per la modellistica diffusionale che, utilizzando anche gli input meteorologici, permette di valutare le ricadute di inquinanti per la scala temporale e la scala spaziale desiderata e per la tipologia di sorgente considerata.

L'inventario Inemar segue la metodologia CORINAIR che è stata sviluppata in seno ad un progetto nato dalla Comunità Europea al fine di raccogliere ed organizzare informazioni sulle emissioni in atmosfera. All'interno di tale metodologia si definisce una classificazione delle varie fonti emmissive, definita come SNAP97 (Selected Nomenclature for sources of Air Pollution), su tre livelli chiamati Macrosettore, Settore ed Attività. I macrosettori sono 11 e precisamente sono così definiti:

Codice Macrosettore	denominazione Macrosettore SNAP97
1	Produzione energia e trasformazione combustibili
2	Combustione non industriale
3	Combustione nell'industria
4	Processi produttivi
5	Estrazione e distribuzione combustibili
6	Uso di solventi
7	Trasporto su strada
8	Altre sorgenti mobili e macchinari
9	Trattamento e smaltimenti rifiuti
10	Agricoltura
11	Altre sorgenti e assorbimenti (Biogeniche ecc.)

Pertanto, a titolo esemplificativo, la numerazione 10.1.2 corrisponde al Macrosettore 10 “Agricoltura”, al Settore 1 “Coltivazioni con fertilizzanti” ed all’Attività 2 “Terreni arabili”. Questo permette di valutare il contributo emissivo nei vari livelli: dall’emissione totale di un inquinante è possibile fare un’analisi delle fonti o per Macrosettori, oppure andare nel dettaglio delle singole attività.

3.5 Emissioni in atmosfera: quantitativi annui relativi all'anno 2005.

Nei paragrafi che seguono: “Emissioni regionali, provinciali e comunali a confronto”, “Emissioni specifiche per inquinante” ed “Emissioni per tipologia di sorgente” si riportano i quantitativi annui, riferiti al 2005, delle emissioni di inquinanti in atmosfera, ottenuti dal catasto delle emissioni Inemar, e la loro origine seguendo la nomenclatura SNAP97, già descritta nel capitolo introduttivo.

Per quanto riguarda l'origine delle emissioni si rilevano, per il comune e la provincia di Trieste delle caratteristiche particolari rispetto al totale regionale.

Si evidenzia infatti, per l'area triestina, una minore emissione percentuale dovuta ad attività di agricoltura, allevamento e da sorgenti biogeniche. Per alcuni inquinanti si riscontra inoltre una percentuale significativa di emissioni attribuibili ai porti, ovvero alla combustione dei motori delle navi. Si sottolinea tuttavia che per questa particolare tipologia di emissioni sarà necessaria un'attività di verifica approfondita delle metodologie di calcolo e della qualità dei dati utilizzati.

Rispetto al contesto regionale si osservano inoltre emissioni percentuali minori legate al macrosettore 2 (combustione non industriale) ed emissioni percentuali maggiori dovute ad attività industriali ovvero macrosettori 3 e 4 (combustione nell'industria e processi produttivi).

Il macrosettore 7 (trasporto su strada) porta sempre uno dei maggiori contributi emissivi con qualche significativa variazione percentuale nei singoli inquinanti tra il totale regionale e la provincia di Trieste.

In termini assoluti il maggior quantitativo di emissioni risulta essere quello dell'anidride carbonica (CO₂), tanto da essere riportata, unica fra gli inquinanti considerati, in kilotonnellate, attestandosi su 3.300 kt annue. Notevole è il quantitativo anche di monossido di carbonio (CO), pari a 15.288 t.

I composti dell'azoto, ovvero ammoniaca (NH₃), protossido di azoto (N₂O) e gli ossidi di azoto (NO_x), si attestano, rispettivamente, su valori di 131 t, 123 t e 7.420 t.

I composti organici volatili (COV) che risultano emessi annualmente in provincia di Trieste raggiungono le 5.809 t.

L'ossido di zolfo (SO₂) si attesta su 3.666 t.

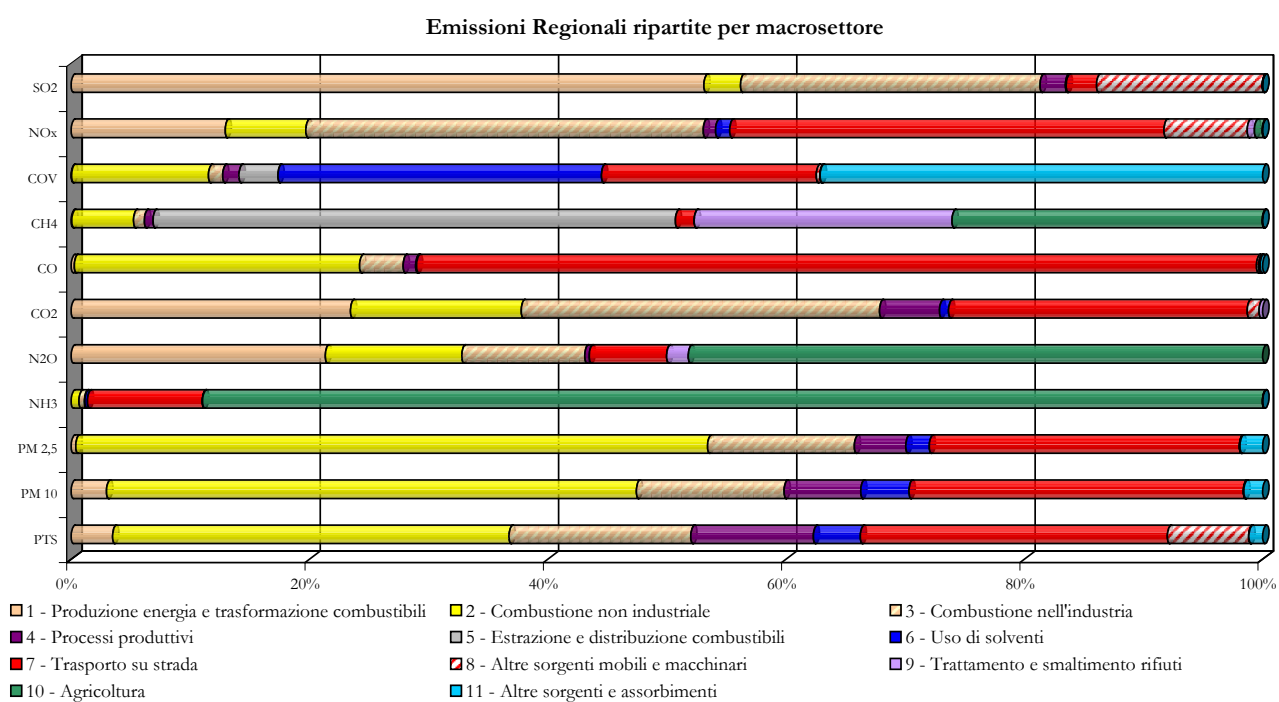
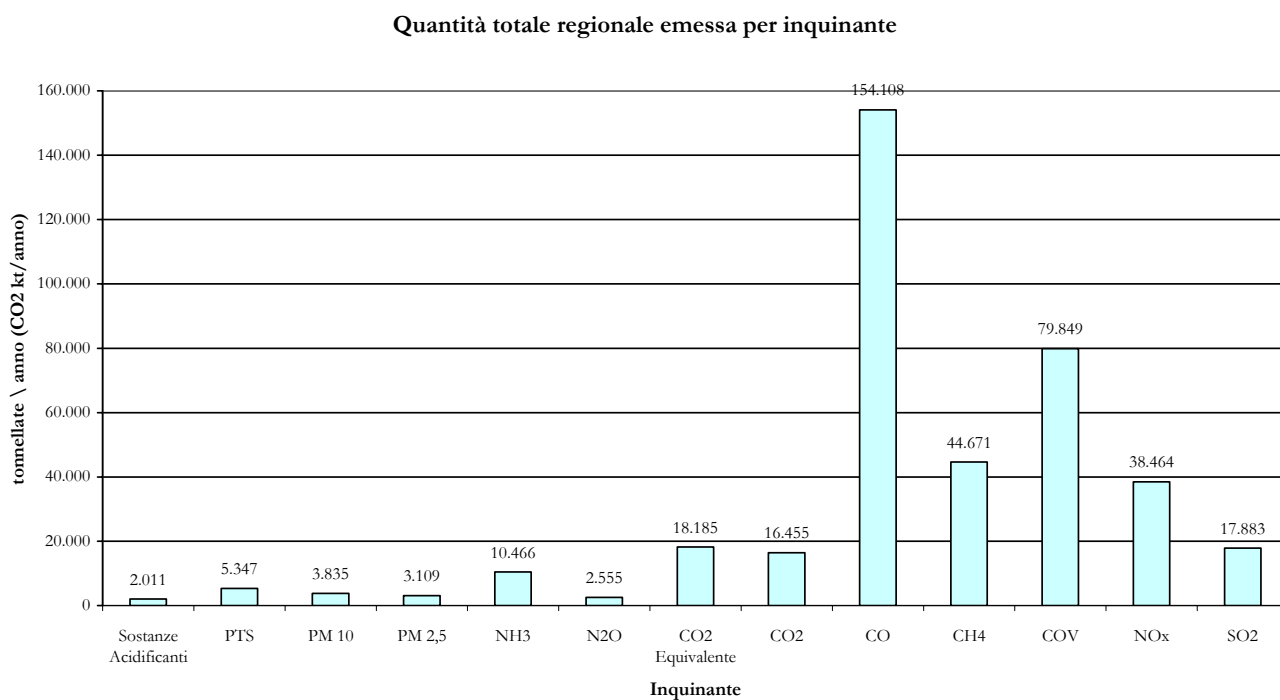
Il particolato totale (PTS) emesso annualmente in provincia di Trieste in totale è di 849 t, mentre 285 t sono le emissioni stimate di PM₁₀. Circa il 90 %, ovvero 212 t, del particolato definito come PM₁₀ è identificato come PM_{2.5}. La differenza fra PTS e PM₁₀, cioè 564 t, non è necessariamente di diametro superiore ai 10 µm ma è, in generale, non definibile dimensionalmente.

Si sottolinea che, come previsto dalla normativa (D.M. 261/02, allegato 2), “alle stime delle emissioni dell'inventario deve essere associata la valutazione qualitativa e quantitativa dell'incertezza.

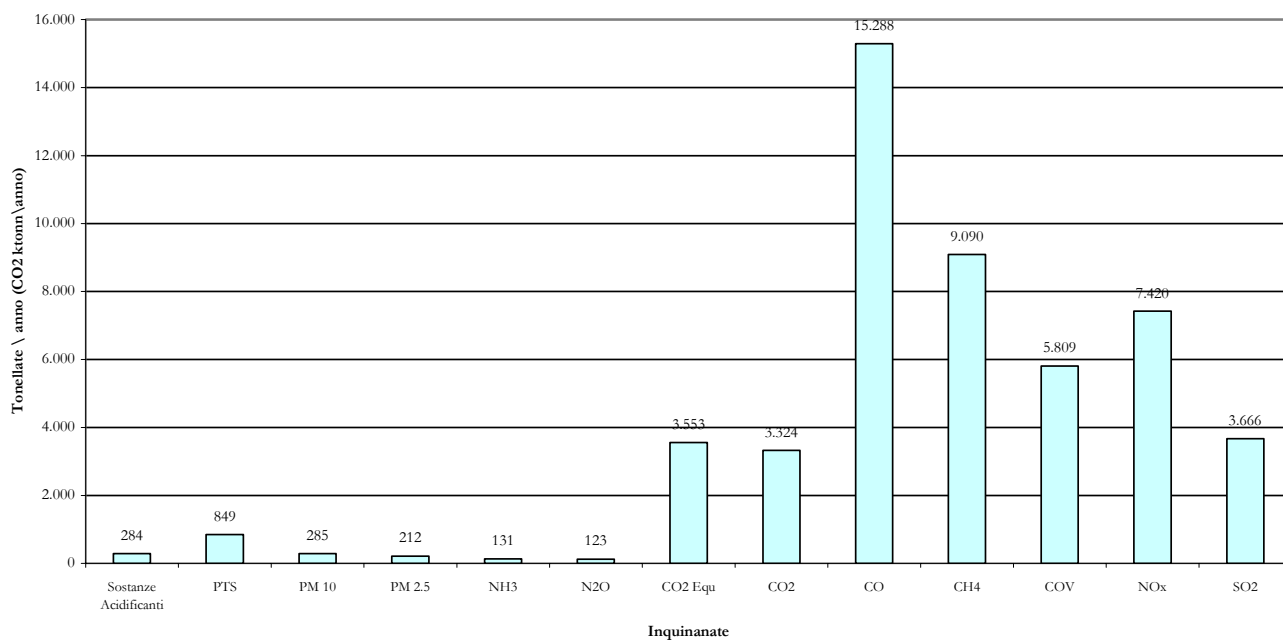
La valutazione qualitativa e quantitativa dell'incertezza evidenzia il livello di affidabilità delle emissioni stimate e quali sono, fra gli elementi utilizzati per la stima delle emissioni, quelli che determinano il livello di affidabilità.”

Le stime riportate nella presente relazione sono il risultato dell'implementazione dell'inventario fino ad oggi elaborata e sono pertanto passibili di modifiche dovute sia al completamento dell'inventario stesso che alla successiva e necessaria attività di valutazione.

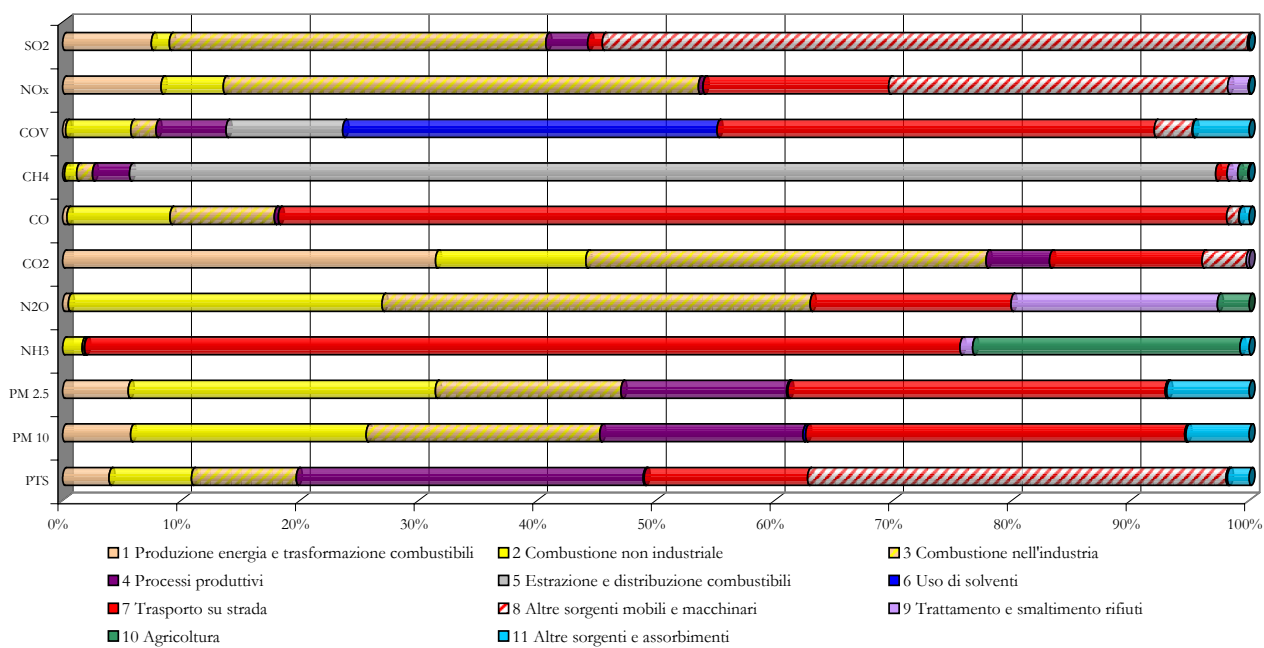
3.6 Emissioni Regionali, Provinciali e Comunali ripartite per macrosettore.



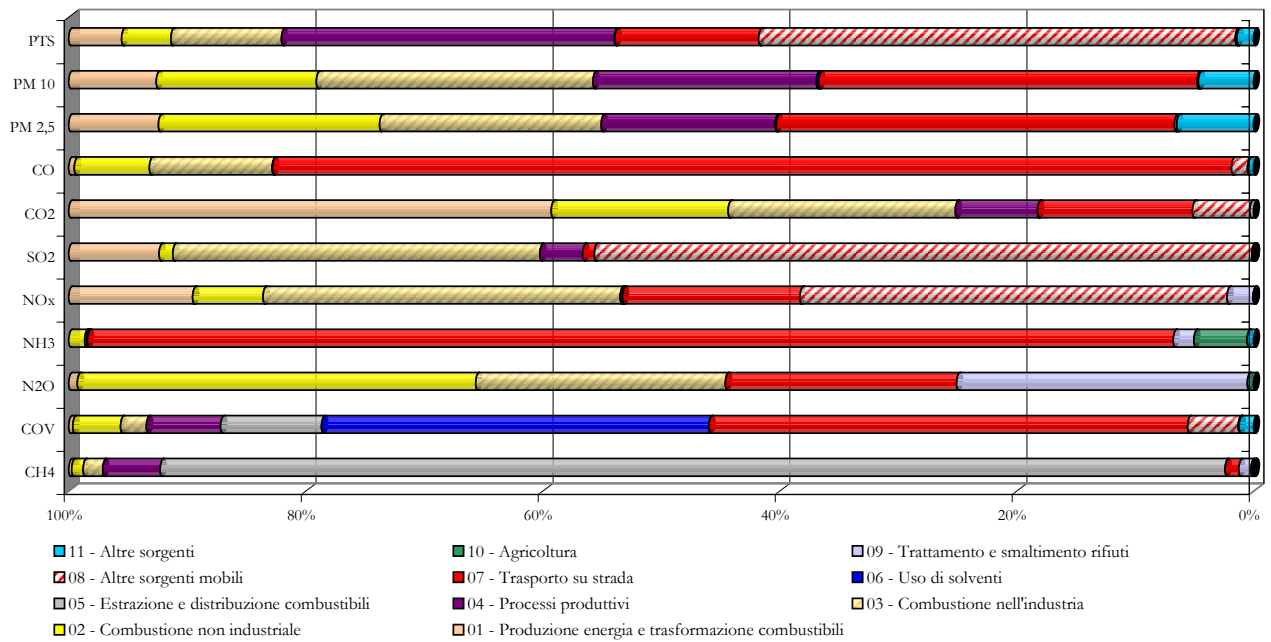
Quantità totale emessa per inquinante in Provincia di Trieste



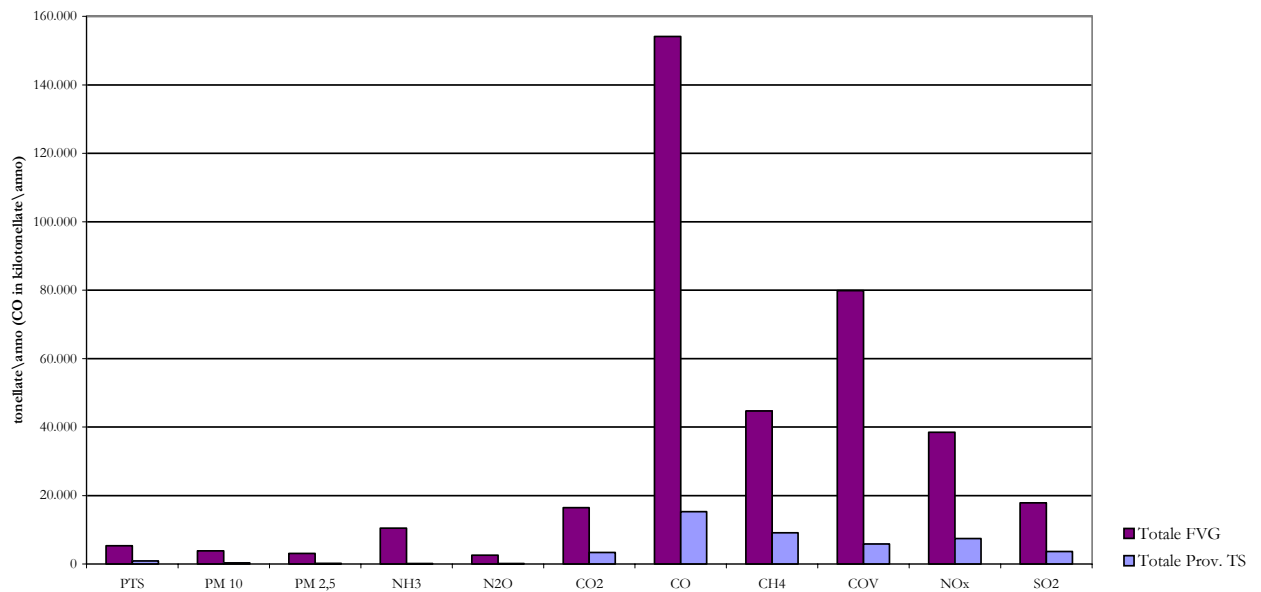
Emissioni della Provincia di Trieste ripartite per macrosettore



Emissioni del Comune di Trieste ripartite per macrosettore

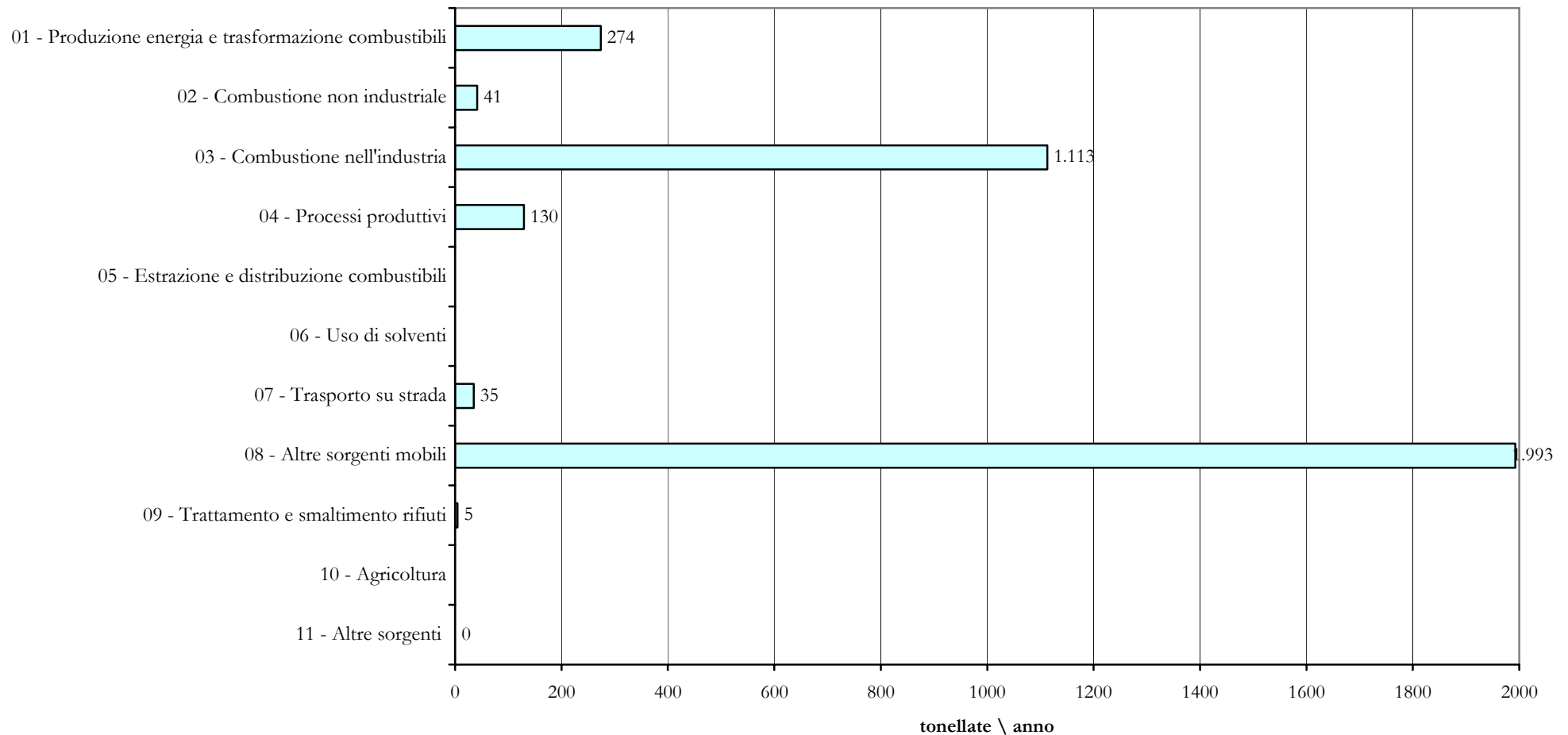


Confronto tra le emissioni totali per inquinante



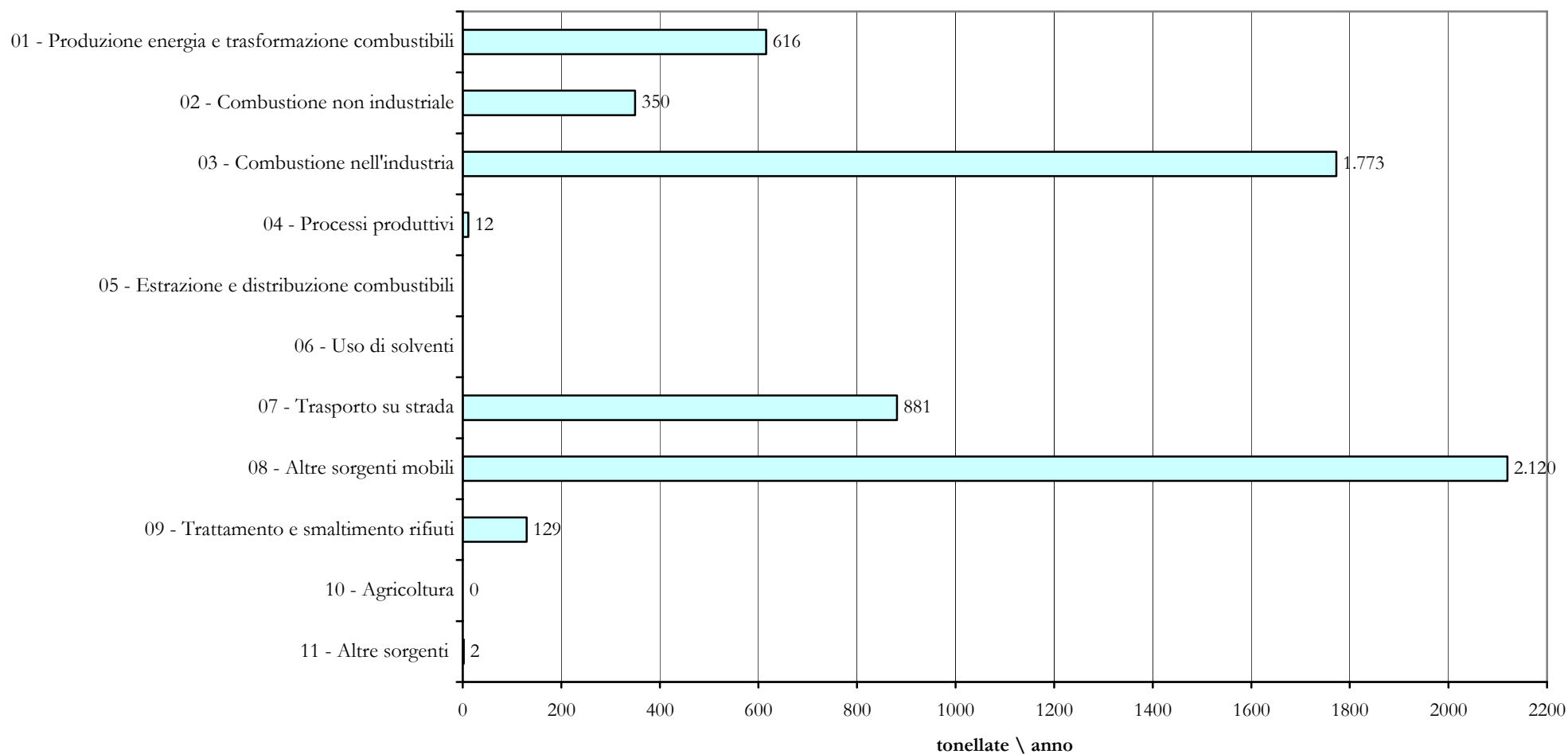
3.7 Emissioni specifiche per inquinante

Emissione di SO₂ nel Comune di Trieste ripartite per macrosettore



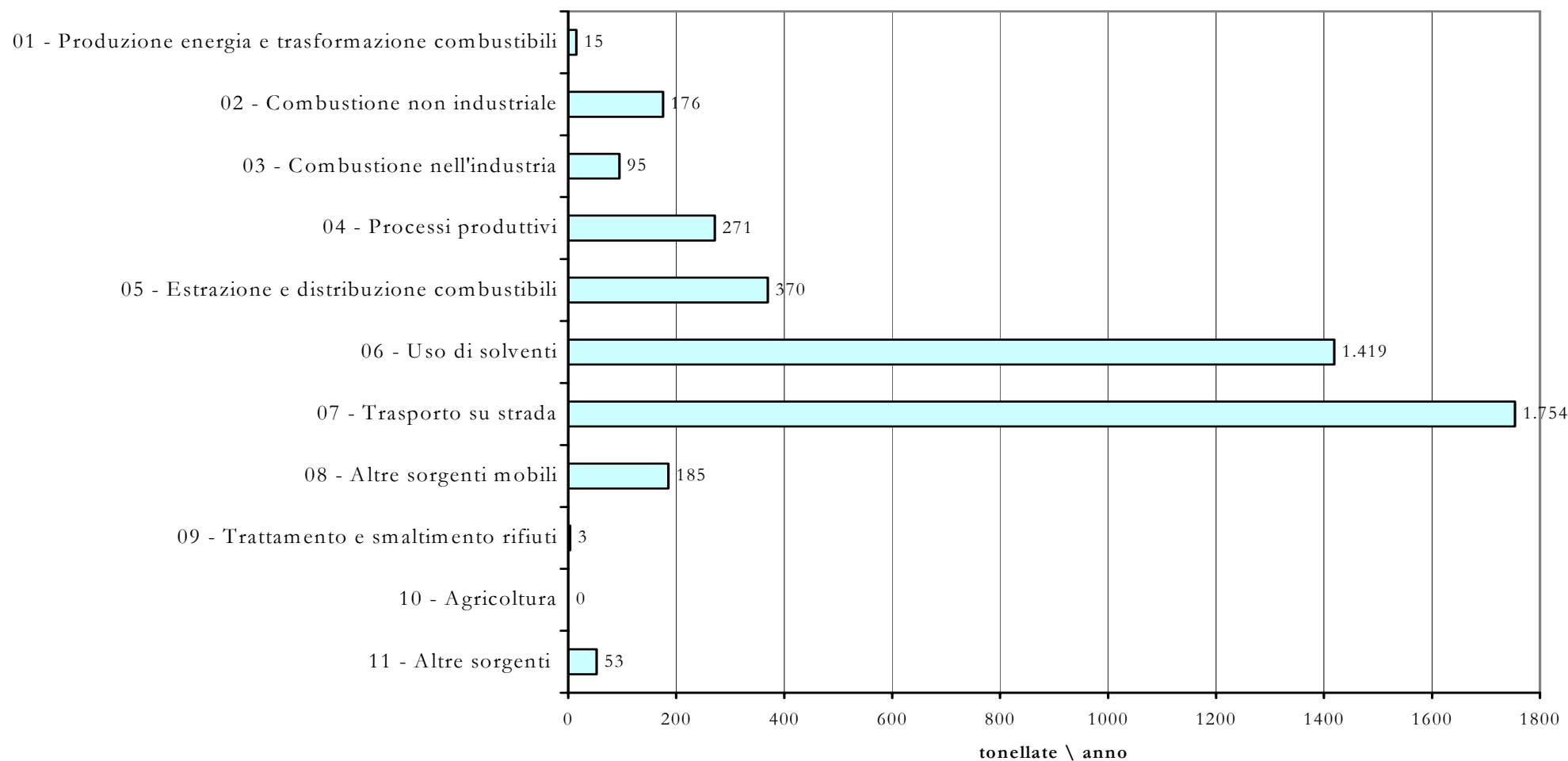
Il biossido di zolfo, SO₂, in provincia di Trieste risulta emesso prevalentemente dal macrosettore 8 associato al traffico portuale con 1.993 t/anno, che da solo rappresenta il 55% delle emissioni. Segue il macrosettori 3, combustione nell'industria, che copre l'altra fetta emissiva più consistente raggiungendo quasi il 30% del totale (pari a 1.113 t/anno).

Emissione di NO_x nel Comune di Trieste ripartite per macrosettore



Per quanto concerne gli NO_x, dall'analisi dell'istogramma ad esso associato, una delle prime fonti di emissione è il macrosettore 8 (Altre sorgenti mobili), ovvero il traffico portuale. Secondariamente gli NO_x sono prodotti per il 30% dalla combustione industriale e per il 15% dal macrosettore 7 (Trasporto su strada). Il restante quantitativo di NO_x proviene invece dalla combustione non industriale, ovvero il riscaldamento domestico e la combustione nel terziario (macrosettore 2, 5 %).

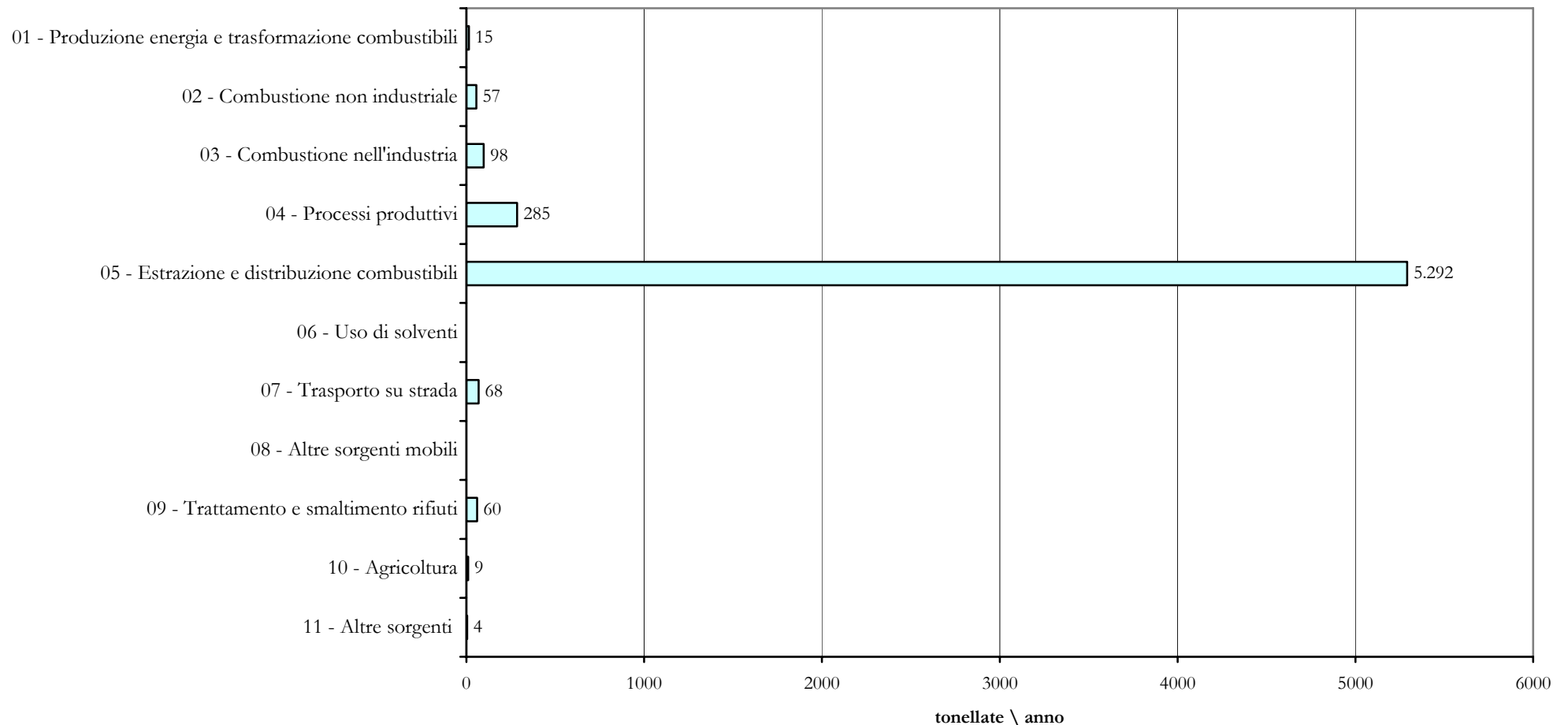
Emissione di COV nel Comune di Trieste ripartite per macrosettore



Un ruolo fondamentale nell'emissione dei Composti Organici Volatili (COV), per il comune di Trieste, ha il trasporto su strada con quasi il 40% del contributo emissivo e l'utilizzo di solventi con il 30%.

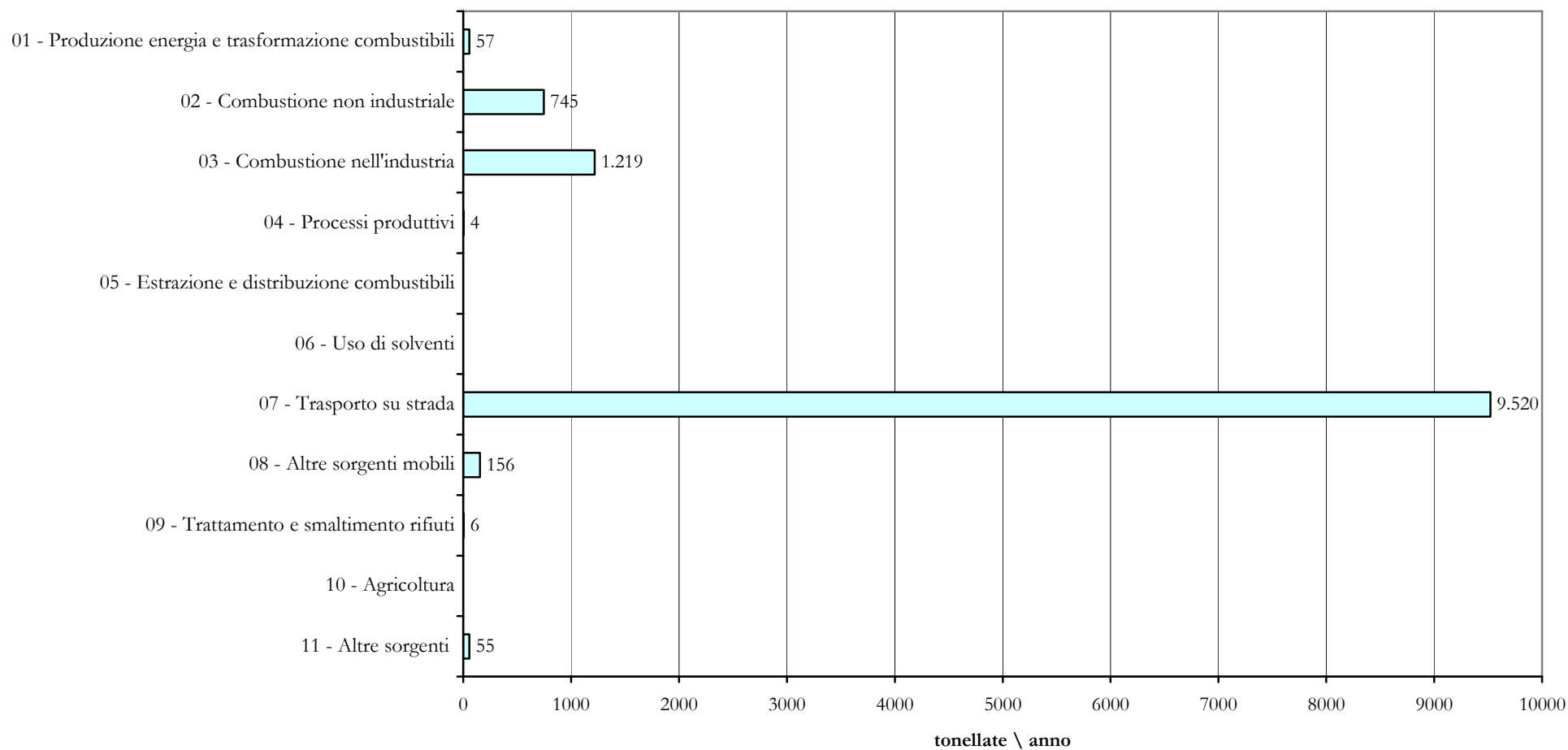
Gli altri macrosettori contribuiscono con percentuali inferiori al 10% ciascuno.

Emissione di CH₄ nel Comune di Trieste ripartite per macrosettore



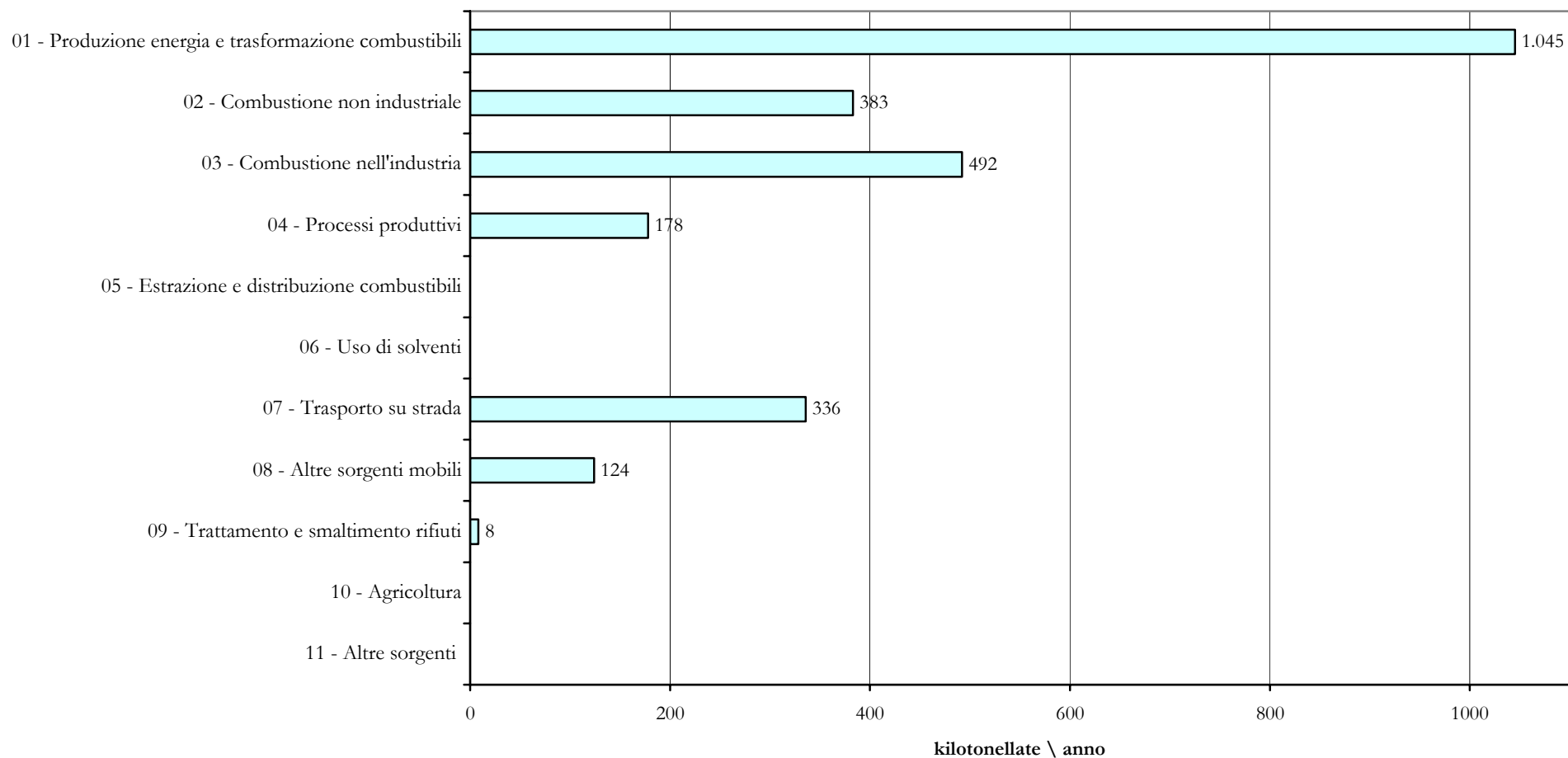
Il metano, CH₄, è prodotto in provincia di Trieste quasi esclusivamente dal macrosettore 5, estrazione e distribuzione di combustibili che da solo produce il 90% delle emissioni. Si tratta principalmente di emissioni da perdite accidentali e non dalle condutture di distribuzione del gas naturale (metano).

Emissione di CO nel Comune di Trieste ripartite per macrosettore



Le emissioni di monossido di carbonio, CO, nel comune di Trieste provengono quasi esclusivamente dal macrosettore 7 (trasporto su strada) che ne è responsabile per l' 80%. Il macrosettore 3 (Combustione industriale) emette il 10% del CO totale nel comune, la combustione non industriale (macrosettore 2) ne produce l' 8% del totale ed, infine, solo frazioni inferiori all'1% sono imputabili ai macrosettori 1, 8 e 11.

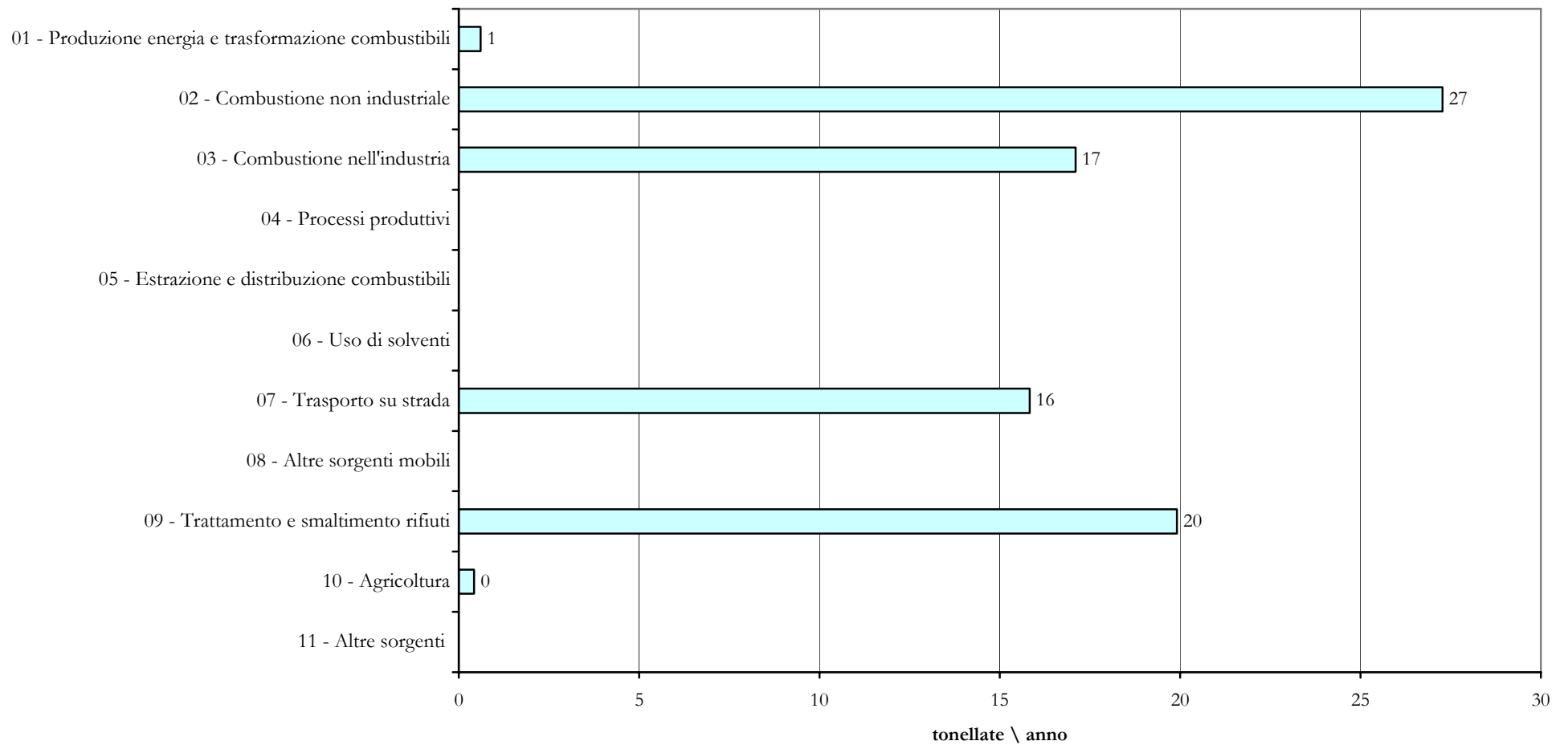
Emissione di CO₂ nel Comune di Trieste ripartite per macrosettore



La CO₂ che, a causa dell'enorme quantità prodotta rispetto agli altri inquinanti, viene quantificata in kilotonnellate, è attribuibile per circa il 40% del totale al macrosettore 1 (Produzione energia e trasformazione combustibili). I macrosettori 2 combustione non industriale, 3 combustione nell'industria e 7 trasporto su strada contribuiscono tutti e tre per circa il 15%.

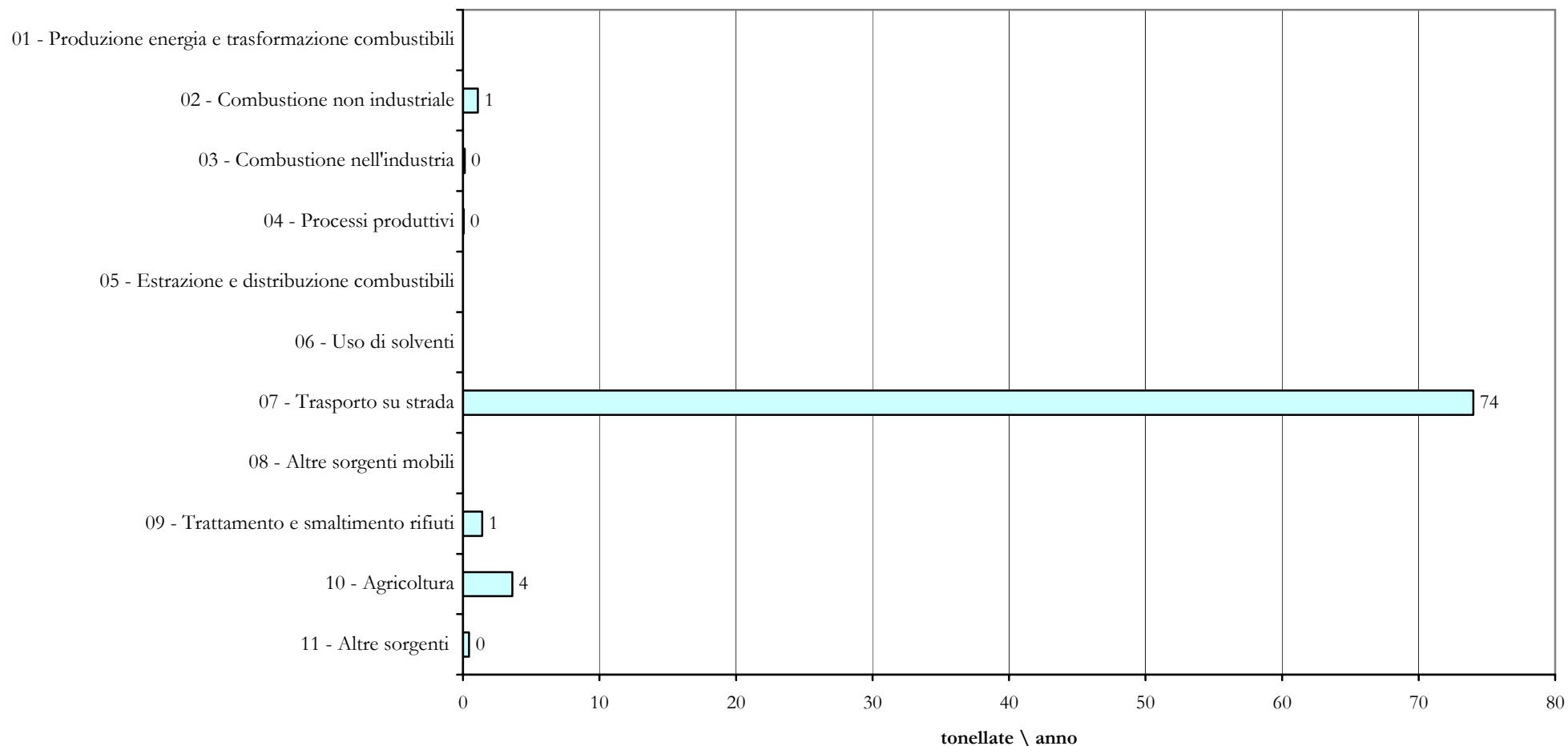
A contribuire all'emissione di CO₂, sia pur con percentuali inferiori, sono anche i processi produttivi con il 10% e altri sorgenti mobili 5%.

Emissione di N₂O nel Comune di Trieste ripartite per macrosettore



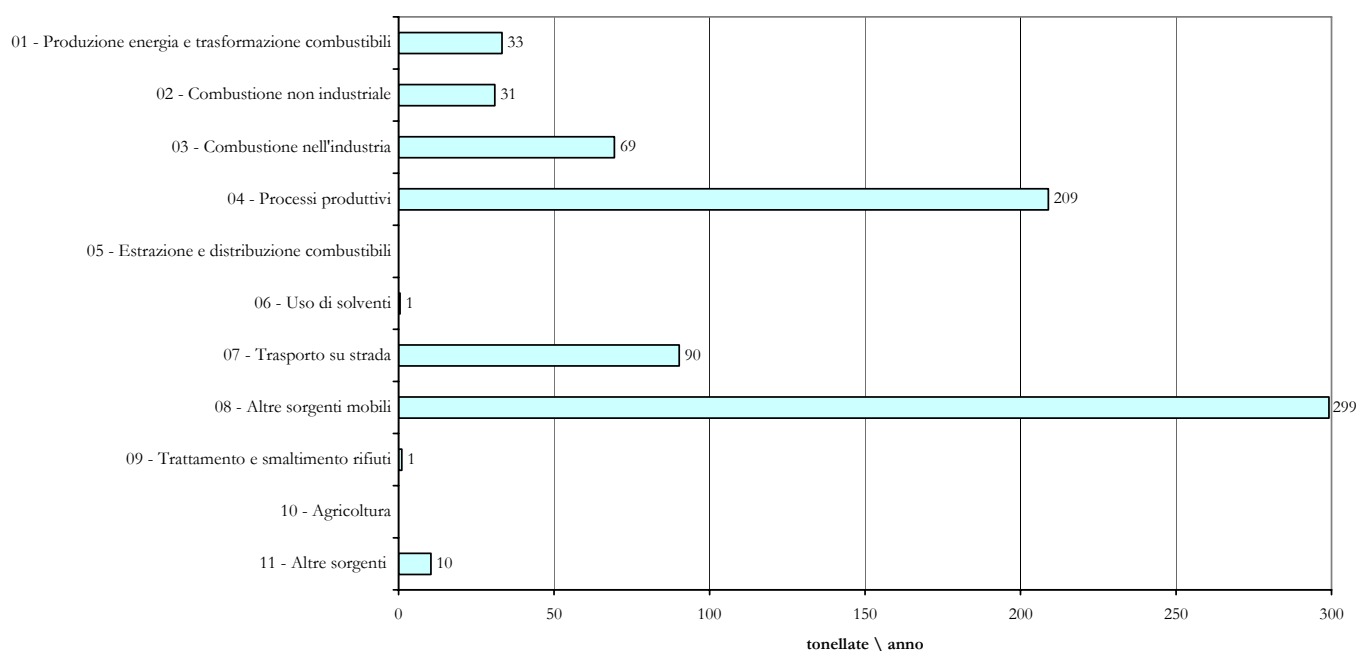
Il macrosettore 2 (Riscaldamento domestico) occupa il primo posto con 27 t\anno pari al 30% del totale. Seguono rispettivamente il macrosettore 9 (Smaltimento e trattamento rifiuti i.e. trattamento acque reflue) con il 25 % delle emissioni pari a 20t\anno, il macrosettore 3 (Combustione nell'industria) con il 20% pari 17 t\anno e il macrosettore 7 (Trasporto su strada) che emette il 20% 17 t\anno.

Emissione di NH₃ nel Comune di Trieste ripartite per macrosettore



L'ammoniaca, NH₃, viene prodotta quasi esclusivamente dal macrosettore 7 (Trasporto su strada) venendo a mancare le emissioni di origine agricola e zootecnica. Si tratta di circa 80 t/anno totali.

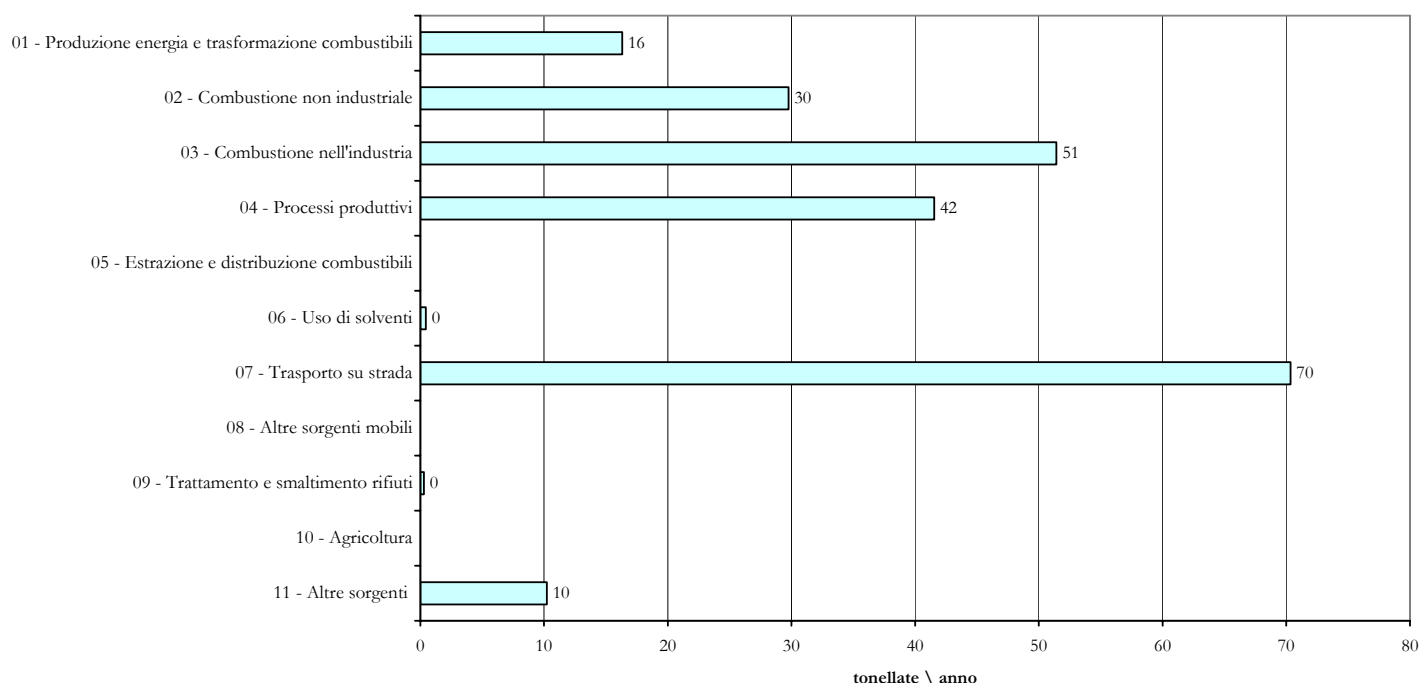
Emissione di PTS nel Comune di Trieste ripartite per macrosettore



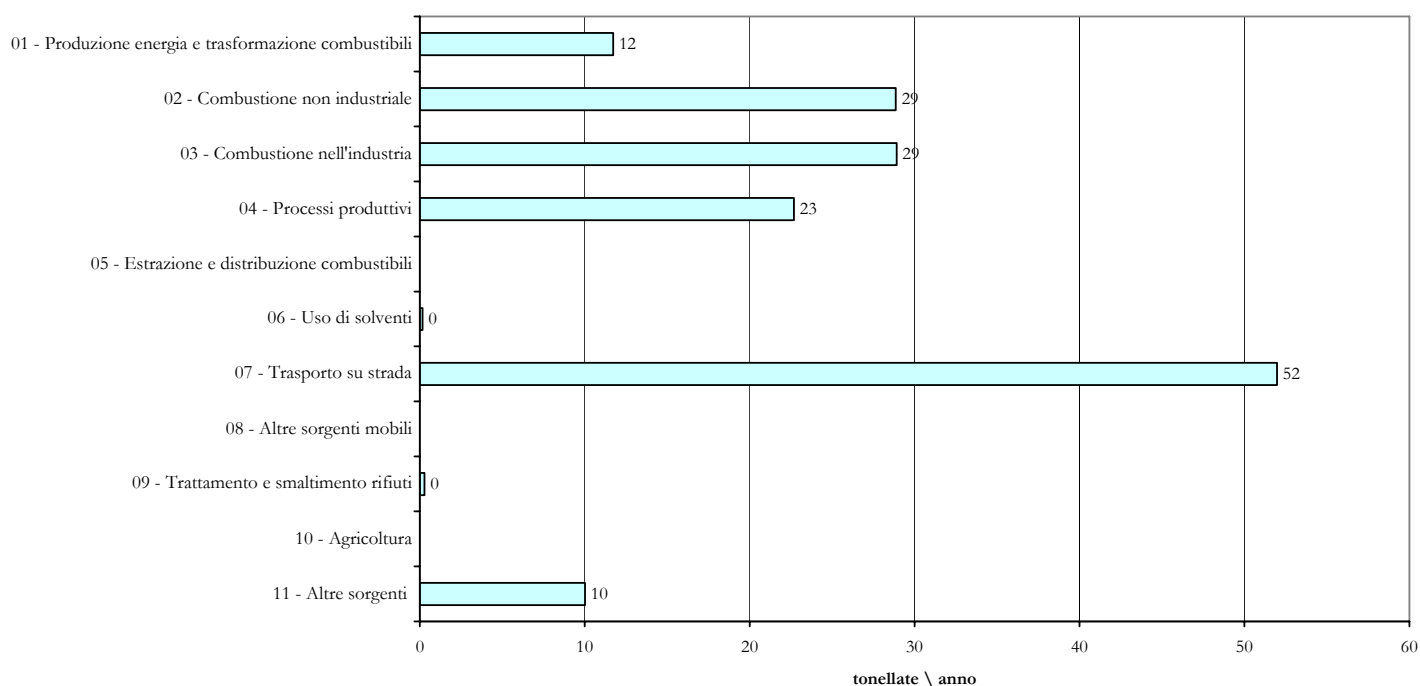
Il materiale particolato (PTS) è l'inquinante più generico dal punto di vista delle fonti che lo producono. Annualmente l'inventario attesta l'emissione di PTS in Comune di Trieste a 743 t di inquinante.

Dall'analisi delle emissioni per macrosettore emerge che nel caso del PTS è il macrosettore 8 (Altre sorgenti mobili) ad essere il principale contribuente al totale dell'emissione, con 299 t/anno, ovvero circa il 40%. Consistente è anche l'apporto alle emissioni del macrosettore 4 (Processi produttivi) responsabile di 209 t/anno di emissioni di PTS, pari a poco meno del 30% del totale emesso.

Emissione di PM 10 nel Comune di Trieste ripartite per macrosettore



Emissione di PM 2,5 nel Comune di Trieste ripartite per macrosettore



Il traffico veicolare, riferito al macrosettore 7, è responsabile di circa il 15% delle emissioni di PTS nel comune di Trieste.

Contributo discreto al PTS arriva anche dal macrosettore 3 (Combustione nell'industria) responsabile del 10% dell'emissione comunale, pari a 69 t/anno. I macrosettori 1 (Produzione energia e trasformazione combustibili) e 2 (Combustione non industriale, i.e. il riscaldamento domestico) contribuiscono rispettivamente con 33 e 31 t/anno, pari a circa il 4% ciascuno.

Le emissioni di PTS nel macrosettore 6 (Uso di solventi) sono praticamente nulle con una sola t/anno.

Dal macrosettore 11 (Altre sorgenti) provengono 10 t/anno di PTS, mentre risultano inesistenti i contributi a questo inquinante dai macrosettori 5 (Estrazione e distribuzione combustibili) e 10 (Agricoltura).

Analizzando più in dettaglio la frazione relativa ai PM₁₀, nel totale dei macrosettori pari a circa 220 t/anno, i dati a disposizione individuano nel traffico veicolare la principale fonte emissiva: nel caso del comune di Trieste, la percentuale derivante dal macrosettore 7 (Trasporto su strada) è pari a oltre il 35%, con una produzione annua di 70 t di inquinante.

Una percentuale pari a quasi il 30% delle emissioni di PM₁₀, pari a 51 t/anno, deriva dal macrosettore 3 (Combustione nell'industria). Altri 2 settori contribuiscono per oltre il 20% ciascuno alle emissioni del PM₁₀ in comune di Trieste e sono: il macrosettore 2 (Combustione non industriale), con 30 t/anno, e il macrosettore 4 (Processi produttivi), con 42 t/anno.

Contributo abbastanza consistente è dato anche dai macrosettori 1 (Produzione energia e trasformazione combustibili) e 11 (Altre sorgenti), con 16 e 10 t/anno ciascuno.

Anche per la frazione più fine di particolato, ovvero i PM_{2.5}, i dati a disposizione per il Comune di Trieste individuano nel trasporto su strada la principale fonte emissiva. Il macrosettore 7, mantenendo una distribuzione, anche tra gli altri macrosettori, analoga a quella del PM₁₀.

3.8 Emissioni per tipologia di sorgente.

3.8.1 Emissioni da sorgenti puntuali.

Prima di iniziare ad analizzare le sorgenti emissive definite puntuali, prevalentemente afferenti alla produzione industriale, è necessario definire cosa si intende nel proseguo della relazione con il termine “Puntuali misurate” e con il termine “Puntuali stimate”:

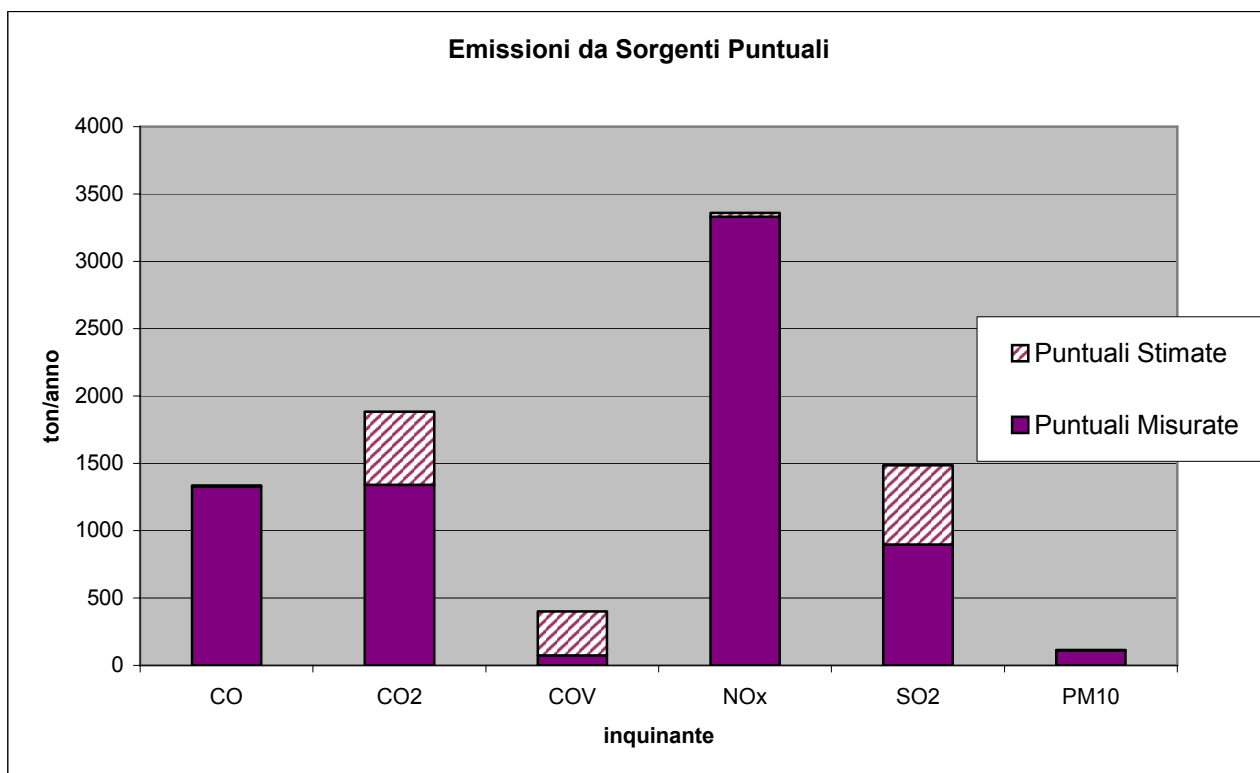
- **PUNTUALI MISURATE (PM):** è l’emissione (ton/anno) calcolata dall’utente in base ai dati che derivano dalle campagne di misura che l’azienda è tenuta ad esperire, per ogni camino autorizzato (emissione convogliata), e a presentare con cadenza generalmente annuale, alla P.A..
- **PUNTUALI STIMATE (PS):** è l’emissione (t/anno) calcolata dal software Inemar come prodotto tra i fattori di emissione presenti nel software stesso, per una data attività SNAP97, e l’indicatore di attività dichiarato dall’azienda per quella stessa attività SNAP97. Questa emissione, che può essere stimata dal software solo se l’azienda ha dichiarato un indicatore di attività prestabilito, viene calcolata per tutti gli inquinati associati ad una certa attività SNAP97 non considerati fra gli inquinanti monitorati.

Le emissioni misurate sono inserite direttamente in Inemar utilizzando i dati forniti dalle aziende tramite censimento diretto e vanno a costituire l’output di Inemar denominato “puntuali misurate” (PM). Le emissioni misurate si riferiscono direttamente alle prescrizioni contenute nelle autorizzazioni relative all’ex DPR 203/88 ed al DLgs. 152/2006 e solitamente si limitano ad una singola analisi annuale su poche sostanze, come PTS, NO_x e COV, ad eccezione di alcune attività come i forni di fusione dove le analisi comprendono anche vari metalli, diossine ecc..

Nel caso in cui non sia disponibile la misura di un determinato inquinante, associato ad una data attività SNAP97, il software provvede a completare il parco emissioni calcolando una stima. Tali emissioni sono pertanto denominate “puntuali stimate”(PS).

Ne risulta che, anche a fronte di un oneroso lavoro di reperimento dei dati misurati al camino, molta parte delle emissioni viene stimata attraverso le PS, ovvero grazie ai fattori di emissione (FE) riportati in letteratura (fonti EPA, CORINAIR, ecc.).

Il quadro emissivo emerso dai dati raccolti nel censimento delle sorgenti puntuali della Provincia di Trieste è riportato nel grafico seguente.

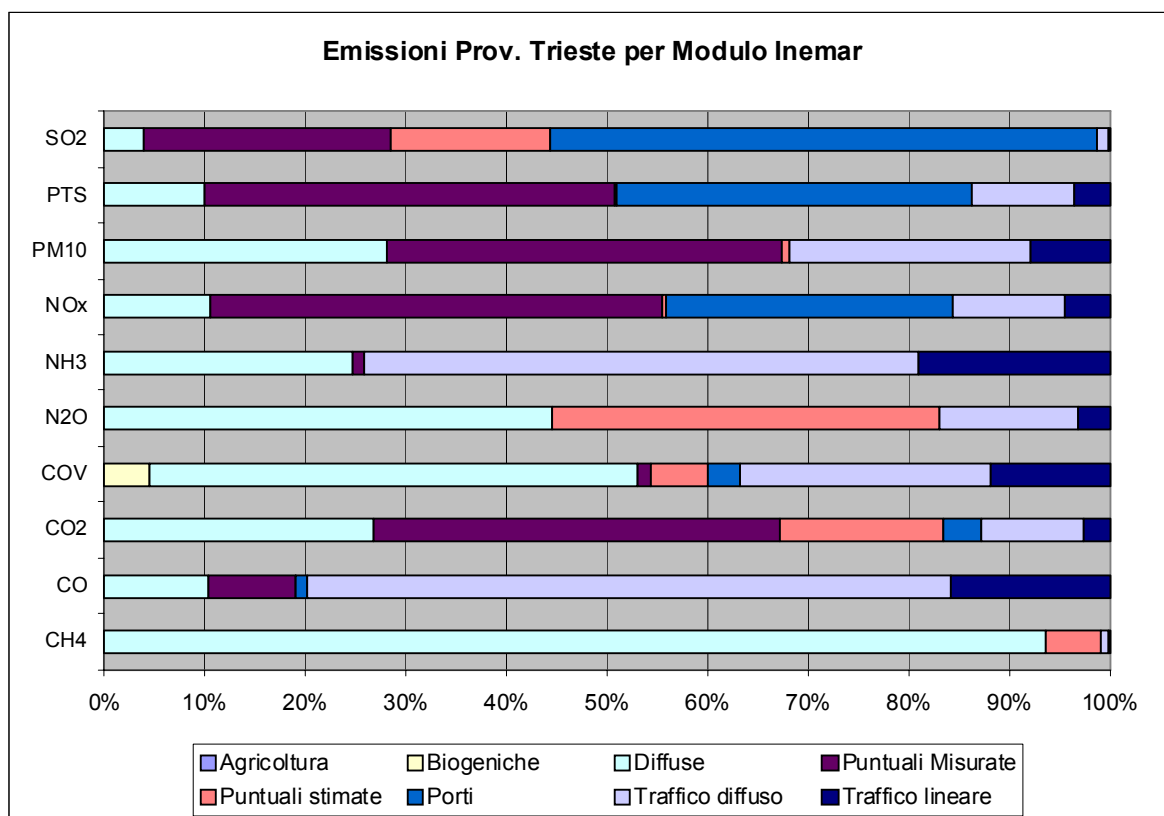


Le emissioni di CO₂ in figura non sono in tonnellate ma kilotonnellate; pertanto le quantità maggiori di inquinanti sono date da CO₂, NO_x, CO, SO₂ e COV. Se escludiamo i COV (composti organici volatili), i rimanenti inquinanti appena citati sono dovuti a processi di combustione: nel seguito vedremo più in dettaglio quali sono le attività specifiche che producono tali emissioni.

Al fine di valutare il peso delle emissioni puntuali sul totale censito si riporta il seguente grafico, che evidenzia la percentuale delle emissioni rispetto alla loro origine. In questo caso non si segue la classificazione SNAP97, ma si utilizza la definizione dei moduli di Inemar che permettono di scorporare il contributo delle sorgenti puntuali.

Dal grafico si possono desumere le seguenti considerazioni:

- il modulo delle sorgenti puntuali, considerando assieme le puntuali misurate e stimate, rappresenta circa metà delle emissioni totali per buona parte degli inquinanti principali:
- le emissioni da sorgenti puntuali hanno un peso minore solo per gli inquinanti COV, CO, CH₄ e NH₃.



Altre sorgenti rilevanti sono il traffico, i porti e le sorgenti diffuse.

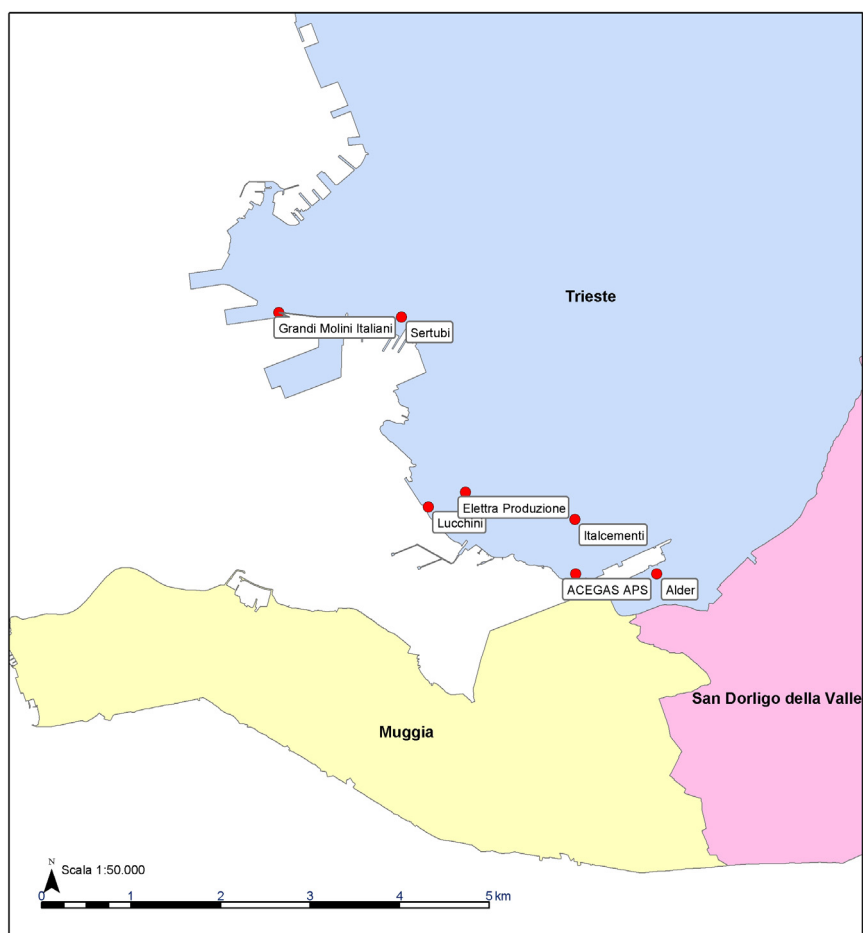
Si esaminano più in dettaglio quali sono gli stabilimenti considerati come puntuali nell'area triestina. Nel catasto delle emissioni in atmosfera si sono considerati come puntuali tutti gli impianti che sono sottoposti alla normativa AIA-IPPC.

Per questi impianti sono stati raccolti i dati di emissione per ogni singolo camino.

Nel caso dell'impianto Lucchini è stata effettuata anche una stima delle emissioni non convogliate.

Le ditte considerate sono riportate nella seguente tabella e la loro georeferenziazione nella figura che segue.

Impianto	Comune	Cod. IPPC	Descrizione attività
Lucchini S.p.a.	Trieste	1.3, 2.1 e 2.2	cokeria, arrostitimento o sinterizzazione minerali metallici e produzione ghisa o acciaio
Sertubi S.p.a.	Trieste	2.4	fonderia metalli ferrosi
Italcementi S.p.a.	Trieste	3.1	clinker (cemento)
Alder S.p.a.	Trieste	4.1.b e 4.2e	chimica idrocarburi ossigenati e chimica inorganica dei metalloidi
AcegasAps S.p.a.	Trieste	5.2	incenerimento rifiuti urbani
Cartiere Burgo S.p.a.	Duino Aurisina	6.1.a e 6.1.b	Pasta per carta e carta > 20 t
Pasta Zara 2 S.p.a.	Muggia	6.4 b	trasformazione prodotti alimentari
Grandi Molini Italiani S.p.a.	Trieste	6.4 b	trasformazione prodotti alimentari
Saul Sadoch S.p.a.	San Dorligo della Valle	6.7	trattamenti superficiali con uso di solventi
ELETTRA GLT S.p.A.	Trieste		centrale termoelettrica



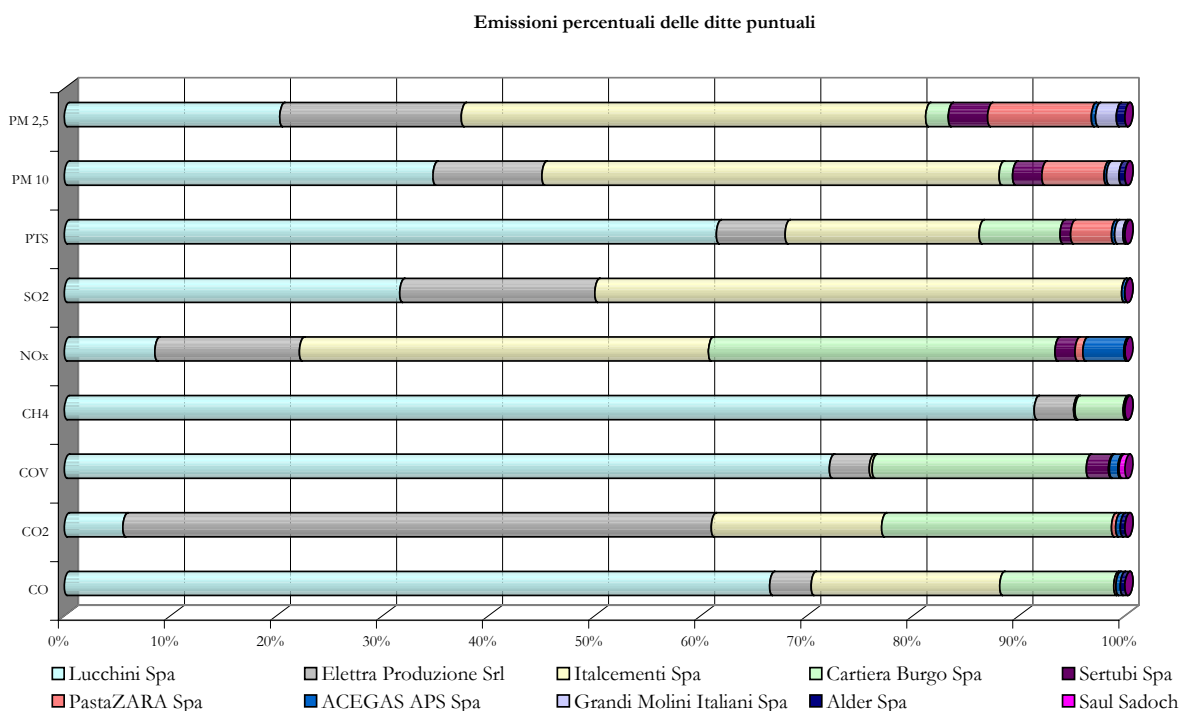
Le emissioni di origine Industriale sono imputabili ad un ridotto numero di impianti di grosse dimensioni e di specifiche tipologie. Nella seguente tabella si riportano le stime delle emissioni degli impianti censiti.

DENOMINAZIONE	CH ₄	CO	CO ₂	COV	NO _x	PM 10	PTS	SO ₂
	Mg	Mg	Gg	Mg	Mg	Mg	Mg	Mg
Cartiera Burgo Spa (Duino)	18,3	143,8	408,6	80,6	1097,7	1,5	26,5	
pastaZARA2 Spa	0,3	2,7	7,4	0,3	24,8	6,7	13,4	0,0
Saul Sadoch				2,2	0,6			
Lucchini Spa	370,1	888,6	103,9	287,7	287,0	39,6	213,8	469,9
Elettra Produzione Srl	15,0	52,4	1045,2	15,0	457,8	11,7	22,6	273,2
Italcementi Spa	0,6	237,5	302,6	1,0	1295,4	49,1	63,6	737,9
ACEGAS APS Spa		5,7	8,1	3,2	129,5	0,3	1,1	4,5
Alder Spa	0,4	5,6	8,2	0,5	2,9	0,6	0,7	0,0
Sertubi Spa				8,3	64,0	3,1	3,5	
Grandi Molini Italiani Spa	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	2,7	0,0
Totale Impianti Puntuali	404,7	1336,3	1884,1	398,9	3359,7	114,0	347,8	1485,6

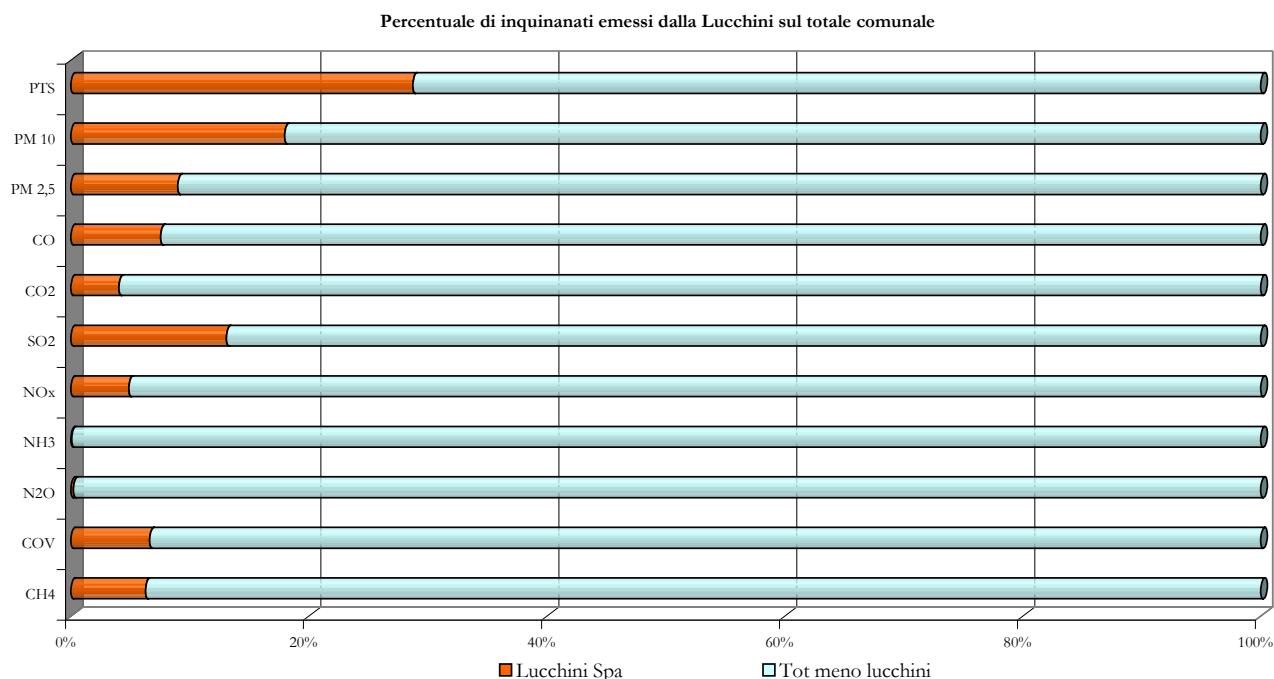
Nella seguente tabella si riporta il contributo percentuale delle stime di emissioni di inquinanti per ciascun impianto censito.

Nell'ultima colonna viene calcolata la media delle percentuali emissive fatta sui vari inquinanti. Il dato può essere considerato come un indice dell'impatto relativo degli impianti considerati. Si nota che la maggior quantità di inquinante è emessa da quattro impianti. Il loro impatto emissivo varia a seconda dell'inquinante considerato per effetto dell'attività svolta nell'impianto.

DENOMINAZIONE	CH ₄	CO	CO ₂	COV	NO _x	PM 10	PM 2,5	PTS	SO ₂	Media
Cartiera Burgo Spa (Duino)	4,5%	10,8%	21,7%	20,2%	32,7%	1,3%	2,1%	7,6%		12,6%
pastaZARA2 Spa	0,1%	0,2%	0,4%	0,1%	0,7%	5,9%	9,8%	3,8%	0,0%	2,3%
Saul Sadoch				0,5%	0,0%					0,3%
Lucchini Spa	91,4%	66,5%	5,5%	72,1%	8,5%	34,8%	20,3%	61,5%	31,6%	43,6%
Elettra Produzione Srl	3,7%	3,9%	55,5%	3,8%	13,6%	10,3%	17,1%	6,5%	18,4%	14,8%
Italcementi Spa	0,1%	17,8%	16,1%	0,3%	38,6%	43,1%	43,8%	18,3%	49,7%	25,3%
ACEGAS APS Spa		0,4%	0,4%	0,8%	3,9%	0,2%	0,4%	0,3%	0,3%	0,8%
Alder Spa	0,1%	0,4%	0,4%	0,1%	0,1%	0,5%	0,8%	0,2%	0,0%	0,3%
Sertubi Spa				2,1%	1,9%	2,7%	3,7%	1,0%		2,3%
Grandi Molini Italiani Spa	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,2%	1,9%	0,8%	0,0%	0,4%



Si analizza infine il contributo emissivo dell'impianto Lucchini rispetto al totale delle emissioni del comune di Trieste. L'impatto maggiore è legato alle emissioni di polveri (PTS e PM10) ed in misura minore anche alle emissioni di ossidi di zolfo. Le percentuali relative agli inquinanti rimanenti si collocano al di sotto del 10%.



Per quanto riguarda l'impianto della Lucchini è possibile andare in maggior dettaglio sulle varie attività che generano emissioni in atmosfera. Mentre tutti gli altri impianti svolgono una sola attività IPPC, all'interno dell'impianto Lucchini si hanno le attività: "1.3 Cokerie", "2.1 Impianti di arrostitimento o sinterizzazione di minerali metallici compresi i minerali solforati" e "2.3 Impianti destinati alla trasformazione di metalli ferrosi".

Si valuta quindi l'impatto delle singole attività distinguendo anche tra emissioni convogliate a camino ed emissioni non convogliate.

Le emissioni convogliate a camino, si basano su dati ottenuti da campagne di misura. Si considerano inoltre altri punti emissivi dove non c'è convogliamento dei fumi oppure si ha un convogliamento solo parziale.

La prima stima delle emissioni non convogliate è stata redatta in una perizia per l'Autorità Giudiziaria (Boscolo 2004) e si riferisce ad un anno produttivo medio antecedente al 2005. Infatti, successivamente a tale data, la ditta Lucchini ha intrapreso un percorso di sistemazione degli impianti secondo la logica delle B.A.T. (Best Available Techniques) che ha portato ad una drastica riduzione delle emissioni non convogliate.

In questo studio riguardante il Catasto delle Emissioni 2005 vengono pertanto considerate le emissioni dell'impianto Lucchini prima dell'applicazione delle BAT. I risultati dell'applicazione delle BAT saranno eventualmente oggetto di valutazione nel prossimo aggiornamento del Catasto delle Emissioni.

Nella seguente tabella vengono riportate le stime delle emissioni dell'impianto Lucchini seguendo la metodologia SNAP. Nella prima colonna si riporta il riferimento ai Macrosettori: MS 1 (Produzione energia e trasformazione combustibili), MS 3 (Combustione nell'industria) e MS 4 (Processi produttivi). Nella seconda colonna si riporta il dettaglio del Settore ed infine nella terza colonna il codice attività la cui descrizione viene riportata per esteso in quarta colonna.

MS	Set	At	Attività SNAP	CO	CO ₂	COV	NH ₃	NO _x	PTS	PM10	SO ₂	IPA	DIOX
				Mg	Gg	Mg	Mg	Mg	Mg	Mg	Mg	kg	mg
1	4	6	Forni di cokeria	4,4				158,0	10,7	4,6	1,0	0,5	
3	1	3	Caldaie con potenza termica < 50 MW	1,2	3,4	0,2		23,6	0,5	0,5	0,0		
3	3	1	Impianti di sinterizzazione e pellettizzazione	872,7	41,3	31,5		89,2	10,0	2,1	437,0		285,6
3	3	3	Fonderie di ghisa e acciaio	10,3	59,2	38,1		4,9	2,4	1,0	0,3		533,2
4	2	1	Forni da coke (perdite dalle porte e spegnimento)			209,5			15,3	3,4	13,2	66,1	
4	2	2	Operazioni di carico degli altiforni			8,5			3,1				
4	2	3	Spillatura della ghisa di prima fusione					2,1	129,1		1,6		
4	2	9	Impianti di sinterizzazione e pellettizzazione (eccetto 3.3.1)						9,8	1,5			
4	2	10	Altro			0,0	0,1	9,2	32,9	26,5	16,8		

Nei Macrosettori 1 e 3 ricadono le emissioni dovute a fenomeni di combustione mentre nel Macrosettore 4 si hanno prevalentemente emissioni di polveri, oppure emissioni fugghive di COV ed IPA come perdite durante la distillazione del coke oppure durante la fase di spegnimento.

Nella seguente tabella riportiamo i dati delle emissioni suddivisi per camino (numerati) ed anche le emissioni non convogliate (definite come Fug. cioè fugghive) collegate alle attività che ne sono origine.

Attività	Camino	CH ₄	CO	CO ₂	COV	NO _x	PM10	PTS	SO ₂	DIOX	IPA
		Mg	Mg	Gg	Mg	Mg	Mg	Mg	Mg	mg	kg
Caldaie con potenza termica < 50 MW	E31	0,2	1,2	3,4	0,2	23,6	0,5	0,5	0,0		
Fonderie di ghisa e acciaio	E9		10,3	59,2	38,1	4,9	1,0	2,4	0,3	533,2	
Forni da coke (perdite dalle porte e spegnimento)	E2	126,3			126,3		1,6	3,1			
Forni da coke (perdite dalle porte e spegnimento)	E3	82,4			82,4			2,1			0,2
Forni da coke (perdite dalle porte e spegnimento)	E35						1,8	4,2	13,2		5,9
Forni da coke (perdite dalle porte e spegnimento)	Fug coke	0,0			0,8			5,9			60,0
Forni di cokeria	E1		4,4			158,0	4,6	10,7	1,0		0,5
Impianti di sinterizzazione e pellettizzazione	E5	85,1	872,7	41,3	31,5	89,2	2,1	10,0	437,0	285,6	
Impianti di sinterizzazione e pellettizzazione (eccetto 3.3.1)	E36						1,5	2,8			
Impianti di sinterizzazione e pellettizzazione (eccetto 3.3.1)	E7							7,0			
Operazioni di carico degli altiforni	Fug forno	76,2			8,5			3,1			

Attività	Camino	CH ₄	CO	CO ₂	COV	NO _x	PM10	PTS	SO ₂	DIOX	IPA
Spillatura della ghisa di prima fusione	E12							0,1			
Spillatura della ghisa di prima fusione	E38					2,1		8,0	1,6		
Spillatura della ghisa di prima fusione	Fug colata							121,0			
Altro	E4				0,0	9,2	0,7	2,5	16,8		
Altro	Fug mezzi						25,8	30,4			
Totale complessivo		370	889	104	288	287	40	214	470	819	67

Infine si mettono a confronto i contributi delle emissioni fuggitive stimate rispetto alle emissioni puntuali convogliate a camino.

Attività	CH ₄	CO	CO ₂	COV	NO _x	PM10	PM2,5	PTS	SO ₂	DIOX	IPA
	Mg	Mg	Gg	Mg	Mg	Mg	Mg	Mg	Mg	mg	kg
Emissioni Convogliate	293,9	888,6	103,9	278,4	287,0	13,8	1,0	53,4	469,9	818,7	6,6
Emissioni Fuggitive	76,2	0,0	0,0	9,3	0,0	25,8	12,9	160,4	0,0	0,0	60,0

Si segnala che la stima delle emissioni fuggitive è stata svolta per le polveri nelle diverse sezioni dell'impianto, per Benzene, Benzo(a)pirene ed IPA relativamente alla sola cokeria.

Si evidenzia che uno dei maggiori impatti è dovuto alle emissioni di polveri dalla spillatura della ghisa di prima fusione. Si stima, inoltre, una notevole quota di emissioni fuggitive dovute al traffico interno al perimetro della ditta (Fug. Mezzi).

3.8.2 Emissioni da traffico.

Le emissioni dovute al traffico, per la rilevanza che assumono rispetto alle emissioni complessive sia a livello regionale, che provinciale e comunale, vengono stimate nel dettaglio con l'applicazione del modello COPERT (COMputer Programme to calculate Emissions from Road Transport), indicato dalla metodologia CORINAIR, e costituiscono probabilmente il modulo più complesso compreso nell'inventario delle emissioni.

Il modello COPERT, implementato come COPERT IV nella versione 5.0 di Inemar, definisce, per 146 classi di veicoli (differenziate in base al tipo di veicolo, alla cilindrata, al carburante impiegato, all'anno di immatricolazione, etc.) i fattori di emissione ed i consumi specifici in funzione della velocità, della temperatura esterna, della temperatura del motore, del tipo di percorso.

Ai fini della realizzazione dell'inventario delle emissioni, per il differente approccio di calcolo adottato, le emissioni da traffico vengono distinte in due categorie: emissioni lineari ed emissioni diffuse.

Le **emissioni lineari**, che vengono trattate dal modulo TRAFFICO LINEARE di Inemar, sono le emissioni derivanti dal traffico presente sulla rete stradale extraurbana e autostradale, e vengono stimate in base al numero di passaggi veicolari sui diversi archi della rete (o grafo) valutati mediante un modello di assegnazione del traffico.

Le **emissioni diffuse**, che vengono trattate dal modulo TRAFFICO DIFFUSO di Inemar, riguardano le emissioni nei centri abitati (per questo anche denominate ‘emissioni da traffico urbano’) e vengono stimate a partire dai dati di vendita dei combustibili, dalla composizione del parco immatricolato (dati A.C.I.) e dalle percorrenze medie annue previste dei veicoli.

Le emissioni da traffico, per il fenomeno fisico da cui hanno origine, si distinguono in emissioni allo scarico ed emissioni non allo scarico (non-exhaust) costituite sia da particolato prodotto da abrasioni che da emissioni evaporative di COV.

Le emissioni allo scarico sono costituite dal prodotto della combustione interna al motore e riguardano tutta una serie di inquinanti; quelli considerati attualmente dal sistema Inemar sono i seguenti: SO₂, NO_x (come NO₂), NMVOC, CH₄, CO, CO₂, N₂O, NH₃, PTS, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Se, Zn.

Tramite la metodologia di calcolo adottata da Inemar possono essere definite le emissioni eventualmente anche di altri inquinanti, inserendo gli opportuni fattori di emissione nelle preposte tabelle.

Le **emissioni allo scarico** sono costituite dai prodotti della combustione dovuti al funzionamento del motore e vengono solitamente distinte tra emissioni a caldo ed emissioni a freddo. Nel dettaglio, queste sono definite come:

1. **emissioni a freddo**: quelle che avvengono al di sotto delle temperatura di esercizio che convenzionalmente è fissata a 70°C, o quelle che si verificano quando il catalizzatore non ha ancora raggiunto la temperatura di attivazione (anche detta di ‘light-off’),
2. **emissioni a caldo**: quelle prodotte durante la marcia del veicolo dal momento in cui il motore ha raggiunto la temperatura di esercizio.

Le **emissioni evaporative** sono dovute all’evaporazione della frazione più volatile del carburante attraverso le varie parti del veicolo connesse al sistema di alimentazione e sono costituite dalla componente più volatile di esso. Sono quindi costituite esclusivamente da COV e sono significative solo per i veicoli alimentati a benzina. Tali emissioni si producono durante la marcia e nelle soste a motore caldo, nonché a veicolo fermo per effetto dell’escursione giornaliera della temperatura ambiente. Tali emissioni quindi sono distinte e classificate in:

1. **emissioni durante la marcia** (“perdite in movimento” o “running losses”);
2. **emissioni durante le soste a motore caldo** (“Hot/Warm soak losses”);
3. **emissioni a veicolo fermo** per effetto dell’escursione giornaliera della temperatura ambiente (‘perdite diurne’ o ‘diurnal losses’).

La tabella di seguito riportata riassume le tipologie delle emissioni da traffico e la loro classificazione secondo il modello COPERT adottato da Inemar.

MODULO	Tipo di emissione	
TRAFFICO DIFFUSO	allo scarico	a freddo
		a caldo
	da usura	
	Evaporative	hot/warm running losses
		hot/warm soak losses
		diurnal losses
TRAFFICO LINEARE	allo scarico	a freddo
		a caldo
	da usura	
	evaporative	hot running losses

Nella figura seguente vengono evidenziate in rosso le strade del grafo comunale popolate da flussi di traffico.



3.8.3 Emissioni da sorgenti diffuse.

In Inemar la definizione di sorgente diffusa non è legata alla sua tipologia emissiva ma solamente alla tipologia di calcolo. Ricordiamo che la stima delle emissioni diffuse si basa sulla seguente formula:

$$E = IA \times FE$$

dove:

- E sono le emissioni (e.g. in g di inquinante/anno);
- IA è un indicatore dell'attività;
- FE è il fattore di emissione per unità di attività e per specifico inquinante

Per quanto concerne i fattori di emissione (FE) questi sono già raccolti all'interno del database del software Inemar. I fattori di emissione presenti nel Database sono tratti dalle fonti bibliografiche più complete come i rapporti a cura dell'Environmental Protection Agency degli Stati Uniti, quelli proposti nell'ambito del progetto Corinair, vari rapporti dell'APAT e da diverse altre fonti. I FE sono diverse migliaia e sono catalogati in base all'attività SNAP97 di riferimento, all'inquinante emesso, alla fonte di emissione, al tipo di combustibile usato e ad eventuali tipologie di abbattimento degli inquinanti.

Il modulo di calcolo del software INEMAR definito Diffuse permette quindi di calcolare le emissioni di tutta una serie di attività che, indipendentemente dal fatto che siano emissioni convogliate o meno, hanno la caratteristica di avere una distribuzione parcellizzata sul territorio e quindi di non essere censibili in altro modo.

Nella seguente tabella si riportano le emissioni percentuali del modulo Diffuse suddivise per Macrosettore. Nell'ultima riga si riporta la quota percentuale rappresentata dalle emissioni diffuse rispetto al totale delle emissioni nella provincia di Trieste.

MS	Macrosettore	SO ₂	NO _x	COV	CH ₄	CO	CO ₂	N ₂ O	NH ₃	PM10
2	Combustione non industriale	1,5%	5,3%	5,5%	1,0%	8,7%	12,7%	26,4%	1,7%	19,9%
3	Combustione nell'industria	2,3%	5,2%	0,5%	0,2%	0,8%	14,1%	15,6%	0,2%	2,4%
4	Processi produttivi			1,1%						0,2%
5	Estrazione e distribuzione combustibili			9,8%	91,5%					
6	Uso di solventi			31,4%						0,2%
9	Trattamento e smaltimento rifiuti				0,0%			0,1%		
10	Agricoltura			0,0%	0,9%			2,3%	22,0%	
11	Altre sorgenti e assorbimenti		0,1%	0,2%	0,1%	0,8%			0,8%	5,3%
	Totale	3,9%	10,5%	48,5%	93,7%	10,3%	26,8%	44,4%	24,6%	28,1%

Il Macrosettore 2 ha un impatto significativo, specialmente per PM₁₀, N₂O e CO₂. Le attività principali che ricadono all'interno di questo Macrosettore sono legate alla combustione da riscaldamento domestico, in special modo la combustione di biomasse.

Anche il Macrosettore 3 ha un apporto importante alle emissioni specialmente per gli inquinanti CO₂ ed N₂O. In questo caso si tratta prevalentemente di attività di combustione in caldaie di processo di medio piccola taglia (potenze inferiori a 50 MW). L'apporto di particolato è minore sia per l'utilizzo di tecnologie di combustione più efficienti e di apparecchi di trattamento dei fumi di combustione ed anche per le diverse tipologie di combustibili utilizzati.

Nel Macrosettore 4 non si hanno sostanzialmente emissioni da sorgenti diffuse in quanto le attività presenti sono state censite secondo la modalità detta Puntuali, già analizzata nel capitolo precedente.

Il Macrosettore 5 è responsabile per oltre il 90% delle emissioni di metano; l'origine di queste emissioni si trova nelle perdite accidentali e non delle linee di trasporto del gas. Invece le emissioni di Composti Organici Volatili sono date principalmente dalla evaporazione delle frazioni volatili delle benzine nelle operazioni di carico/scarico di serbatoi o direttamente alle pompe dei distributori.

Nel Macrosettore 6 si hanno quasi esclusivamente emissioni di Composti Organici Volatili effetto dei processi di verniciatura.

Il Macrosettore 10 riporta solo una alta percentuale di emissioni di Ammoniaca dovuta all'attività di gestione dei reflui zootecnici.

Infine il Macrosettore 11 è responsabile di circa il 5% delle emissioni di particolato originato quasi esclusivamente da incendi in aree boschive.

3.8.4 Emissioni da altre sorgenti mobili: porti.

La metodologia di stima delle emissioni dai porti è quella contenuta nell'Atmospheric Emission Inventory Guidebook dell'EEA (European Environment Agency), applicata ed implementata per la prima volta nel 2006 dal Dipartimento Provinciale di Venezia di ARPAV.

Tale implementazione, partendo dall'approccio MEET (Methodology for Estimate air pollutant Emissions from Transport) della Techne Consulting, prevede di utilizzare dei fattori di emissione indipendenti dal tipo di motore installato sulle imbarcazioni. Tali fattori di emissione sono stati tratti da un Report della Commissione Europea (Emission Inventory Guidebook 2006).

In base alla classificazione Corinair le emissioni dai porti sono state inserite nel macrosettore numero 8 (Altre sorgenti mobili e macchinari) e suddivise in 2 attività:

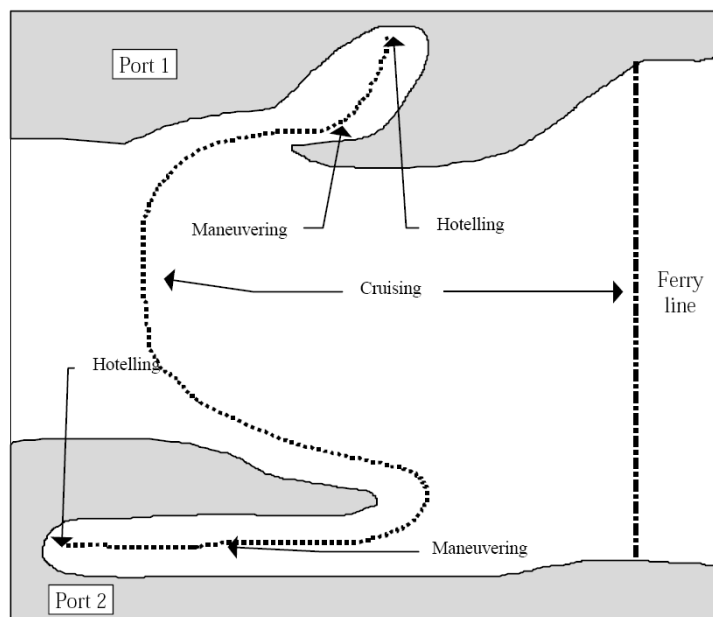
- attività 080402 - Traffico marittimo nazionale
- attività 080404 - Traffico marittimo internazionale

Ai fini della stima delle emissioni, il percorso compiuto da una nave può essere scomposto in 5 modalità operative:

- Cruising (crociera)
- Maneuvering (manovra)
- Hotelling (stazionamento)
- Tanker offloading (rifornimento di navi cisterne)
- Auxiliary (sistemi ausiliari)

Il traffico delle navi nel porto può essere descritto esaurientemente mediante le prime 3 fasi, coerentemente con i dati a disposizione, il dettaglio delle altre fasi è peraltro pressoché irraggiungibile a causa della mancanza di dati a riguardo.

Si specifica che l'operazione di crociera considera i movimenti al di fuori del porto, sia nelle acque nazionali e successivamente in quelle internazionali. E' la fase predominante nei movimenti dei traghetti (ferry), per i quali sono invece molto ridotte le fasi di manovra e stazionamento.



La metodologia di calcolo, più in dettaglio, si basa sostanzialmente sulla stima dei consumi di carburante e sull'utilizzo di un fattore di emissione caratteristico di ogni fase operativa e tipologia di nave. Sono ad oggi disponibili dati di fattori di emissione per 6 inquinanti, i principali per le emissioni da porto, ovvero: NO_x , VOC, CO_2 , CO, SO_2 , PM. La struttura implementata permetterà tuttavia, quando disponibili, di inserire fattori di emissione per altri inquinanti o di modificare gli esistenti.

In Inemar risulta essere implementata la metodologia EEA-MEET dettagliata, che prevede la considerazione del tipo di fase operativa, anziché quella semplificata che si basa su fattori di emissione medi indipendenti dal tipo di operazione e dipendenti solo dal tipo di nave (motore e carburante) che, per la sua maggior semplicità, porterebbe a una perdita eccessiva di dettaglio nei dati implementati e nei risultati ottenuti.

3.8.5 Emissioni da attività agricole.

Le emissioni da agricoltura hanno in Inemar un modulo dedicato, atto a calcolare in dettaglio le quantità di composti dell'azoto (NH_3 , N_2O , NO_x) provenienti dall'utilizzo dei fertilizzanti in funzione delle tipologie di colture considerate.

Per ottenere una stima emissiva ad un livello di dettaglio comunale, Inemar utilizza un algoritmo che prende in considerazione il fabbisogno azotato, in kilogrammi per ettaro (kg/ha), per ogni singola coltura, la superficie agricola utilizzata (S.A.U.) comunale, differenziata per tipologia di coltura, e i quantitativi di ciascun tipo di fertilizzante azotato venduto su scala regionale o provinciale, in tonnellate.

Fondamentale, per il calcolo delle emissioni, risulta essere la stima del consumo di fertilizzante sul territorio. Il consumo di fertilizzante dipende fortemente dal tipo di coltivazioni che, per ciascun comune, richiedono l'utilizzo di composti dell'azoto.

Sulla base di quanto suggerito dall'ISTAT, le principali tipologie di fertilizzanti possono essere riassunte con la seguente tabella, nella quale vengono anche riportati i titoli di azoto (N), ovvero le quantità percentuali di azoto presenti nei fertilizzanti, per ciascuna tipologia di fertilizzante.

Questi dati sono stati reperiti dal censimento annuale dell'ISTAT dei fertilizzanti venduti per provincia e regione, reperibili nel datawarehouse dell'agricoltura del sito nazionale dell'ISTAT. I dati inizialmente utilizzati sono stati quelli relativi al database ISTAT del 2003; questo per mantenere la medesima classificazione originariamente proposta dall'ARPA Lombardia in 7 tipologie base.

In seguito sono stati considerati i più recenti dati del database 2005, anche se questi ultimi presentano un dettaglio minore dei precedenti in quanto i nitrati ammoniacali e i nitrati di calcio sono sommati in un'unica voce, come si può evincere dalla tabella in cui, per il 2005, i codici 1 e 3 non esistono più essendo assimilati negli altri.

Tuttavia, non variando in modo sostanziale le tonnellate annue per tipo di fertilizzante fra le stime 2003 e quelle 2005, nel run finale del modulo ci si riferisce attualmente ai dati 2003 per mantenere un maggior dettaglio.

Categoria di fertilizzante	Titolo di N (%)	codice Inemar	
		2003	2005
Solfato ammonico	20,7	2	2
Calciocianamide	19,7	6	6
Nitrato ammonico < 27%	26,9	1	
Nitrato ammonico > 27%	26,9		
Nitrato di Calcio	16,7		
Urea	45,6	7	7
Azoto fosfatici	18,3	4	4
Azoto Potassici	26,7		
Fosfo Azoto Potassici	12		
Organo minerali	9,4	5	5

La corretta distribuzione dei fertilizzanti sul territorio comunale richiede poi che in Inemar siano anche implementati i dati, per comune, delle superfici agricole utilizzate per tipo di coltura che le interessa. Questo dato è stato reperito dall'ultimo censimento generale dell'agricoltura realizzato nel 2000 dall'ISTAT (5° Censimento Generale dell'Agricoltura – Caratteristiche strutturali delle aziende agricole). In tal modo anche tutti i tipi di associazioni di tipologie di colture più diffusi sono stati individuati e distribuiti sul territorio.

Le classi, per superficie, che raggruppano le oltre 60 principali tipologie colturali nella nostra Regione sono:

- superficie solo a frumento
- tot. cereali meno il frumento
- superficie foraggere avvicendate
- tot. ortive
- superficie a vite
- superficie a olivo
- superficie a agrumi
- superficie a fruttiferi
- sau coltivazioni legnose agrarie
- arboricoltura da legno

In particolare, con dettaglio comunale, sono state individuate le superficie agricole utilizzate, ovvero la S.A.U. comunale, in funzione sia delle classi che delle singole tipologie agricole, in km².

3.8.6 Emissioni da attività biogeniche.

In Inemar un modulo specifico, denominato brevemente BIOGENICHE, è preposto al calcolo delle emissioni biogeniche da foreste. Tale modulo contiene le metodologie e i dati utilizzati per la stima delle emissioni dei composti organici volatili non metanici (NMVOC) dalla vegetazione.

I NMVOC emessi dalla vegetazione, principalmente monoterpeni (come ad esempio l' α -pinene e il β -pinene) e l'isoprene, rivestono un ruolo fondamentale nell'alimentare il ciclo fotochimico che porta alla formazione dell'ozono troposferico, anche perché sono fino a tre volte più reattivi degli idrocarburi provenienti dal traffico autoveicolare. Le emissioni di isoprene sono legate a processi di fotosintesi ed evaporativi, mentre quelle dei monoterpeni sono di sola origine evaporativa.

Fondamentale per il popolamento del modulo BIOGENICHE è riuscire a conoscere le principali specie arboree della provincia di Treviso e dell'intera regione, raggruppate secondo le principali tipologie di formazioni arboree, e la loro distribuzione spaziale, in ettari, con un dettaglio comunale.

Il modulo BIOGENICHE, trattato autonomamente in Inemar pur riferendosi a emissioni di tipo diffuso, raggruppa dunque le emissioni provenienti dalle biomasse fogliari delle aree arboree non coltivate.

Le principali tabelle che costituiscono il modulo BIOGENICHE sono: B_SPECIE, B_MACRO_SPECIE, B_MACROSPECIE_SPECIE e B_SUPERFICI. Queste tabelle contengono:

- B_SPECIE: i valori della biomassa fogliare in kg di foglia secca, per ettaro e per specie considerata, e le variazioni percentuali mensili degli stessi. Le specie censite sono quelle aventi diffusioni rilevanti a scala regionale e provinciale; queste risultano essere 34;
- B_MACROSPECIE: le associazioni arboree delle diverse specie che connotano determinati ambiti geografici e climatici. Tali associazioni arboree sono 23;
- B_MACROSPECIE_SPECIE: le corrispondenze ed i pesi percentuali che ciascuna specie arborea ha all'interno di una determinata associazione; ovvero le specie che compongono una data macrospecie e il contributo percentuale di ciascuna ad essa;
- B_SUPERFICI: le superfici boschive, in ettari, ricoperte da ciascuna macro-specie in ciascun comune.

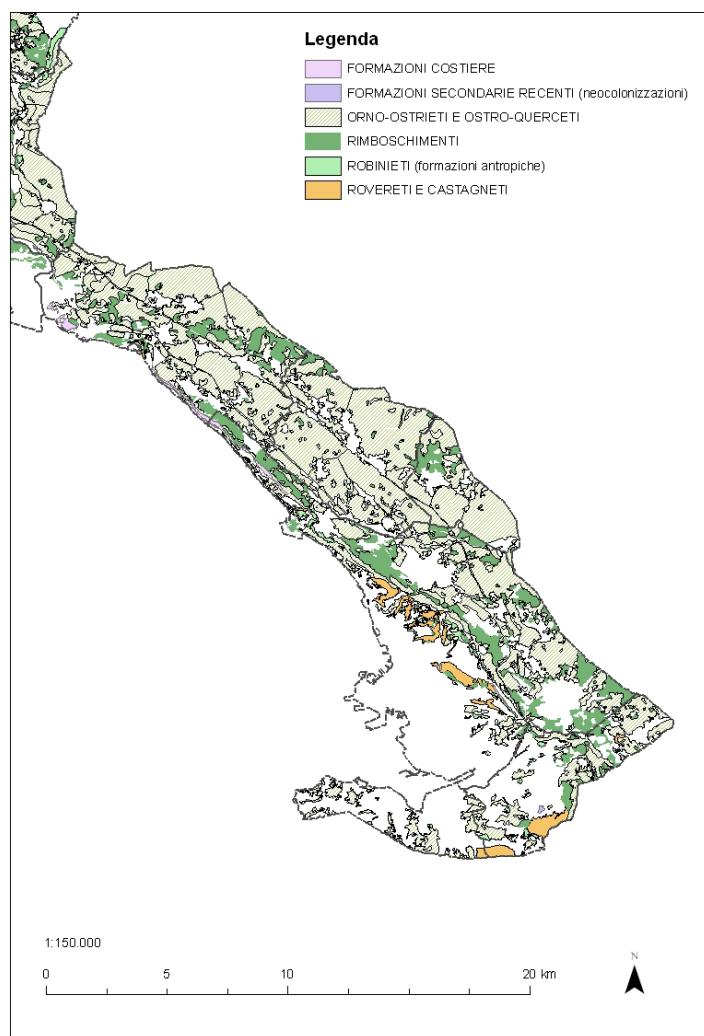
I dati necessari al popolamento dei campi delle suddette tabelle sono stati reperiti dalla documentazione relativa alla selvicoltura disponibile presso ARPA FVG e che si rifà all'Inventario Fitopatologico Forestale Regionale (BAUSINVE) della Direzione Regionale delle Foreste – Servizio della Selvicoltura della Regione Autonoma FVG. L'Inventario BAUSINVE è operativo dal 1994 e si occupa dello stato di salute delle foreste e dei boschi della regione. Nell'ambito dell'Inventario vengono studiati i danni causati alle foreste da insetti, funghi patogeni, eventi meteorologici e da altri agenti di danno non ancora identificati. I rilievi vengono eseguiti da agenti

del Corpo Forestale Regionale, con la supervisione scientifica di specialisti di Patologia vegetale, Entomologia e Zoologia forestale.

I boschi della regione coprono una superficie di circa 275.000 ha, pari al 34% del territorio; si trovano quasi interamente nella parte montana e collinare situata a nord e a est. I tipi di bosco prevalenti sono le faggete, i boschi misti con faggio, abete rosso e abete bianco, le pinete di pino nero e silvestre e i boschi misti di latifoglie con querce, carpini, castagno e frassino.

La disponibilità di dati georeferenziati ha reso possibile anche la realizzazione di una mappa GIS della regione sulla quale poter evidenziare, sul territorio di ciascun comune, le macrospecie ivi presenti e la loro estensione in ettari.

Le principali specie arboree individuate sul territorio regionale, sulla base di quanto suggerito da ARPA Lombardia ai fini dello studio delle emissioni in atmosfera, sono 34. In realtà, come si può evincere dalla figura di seguito riportata, la Provincia di Trieste ne presenta solamente alcune.



3.9 Analisi dei dati meteoclimaticiⁱ [13].

L'area urbana di Trieste è situata all'estremità orientale dell'omonimo golfo e si sviluppa dal livello del mare sino all'altezza di 672 m a ridosso del ciglione carsico. Nel decennio 1998-2007 la piovosità media annua di Trieste è stata di circa 823 mm contro i 1017 mm annui del periodo di riferimento standard climatico (1961-1990). Il numero di giorni di pioggia nell'ultimo decennio è stato di 82 contro i 95 del trentennio di riferimento climatico. Dal punto di vista termico la temperatura media annua di Trieste è stata di 15.8 °C, la media delle temperature minime è stata di 13.3 °C mentre la media delle massime di 18.4 °C. I corrispondenti valori di riferimento climatico sono stati rispettivamente di 14.4 °C, 11.5 °C e 17.3 °C. Va comunque precisato che i dati riportati si riferiscono a una stazione posta in prossimità del mare, pertanto non rappresentativa dell'intero sviluppo urbano che, come detto in precedenza, giunge fin quasi alla sommità del Carso. Per quanto riguarda il regime dei venti nella zona di Trieste, la velocità media del vento nell'ultimo decennio è stata di 3.8 m/s mentre la durata media giornaliera delle calme di vento (velocità del vento minore di 0.5 m/s) è stata di circa 96 minuti. Le frequenze dei venti nei vari ottanti durante l'ultimo decennio sono riportate nella tabella seguente assieme alle velocità medie del vento associate agli stessi ottanti.

	<i>N</i>	<i>NE</i>	<i>E</i>	<i>SE</i>	<i>S</i>	<i>SO</i>	<i>O</i>	<i>NO</i>	<i>Calma</i>
Minuti	69.0	238.2	362.5	232.0	87.7	68.0	126.1	160.1	96.4
m/s	2.4	4.3	3.7	2.7	1.9	1.9	2.2	2.1	

Tabella 1. Regime dei venti sulla zona di Trieste risultante dall'analisi del decennio 1998-2007.

Dalla tabella sopra riportata si evince come l'area urbana di Trieste sia sostanzialmente soggetta a venti provenienti dai quadranti che vanno da nordest a sudest. Relativamente frequente risulta essere anche il vento con provenienza dai quadranti che vanno da ovest e nordovest. In generale, inoltre, il vento con provenienza da nordest ed est risulta essere anche quello caratterizzato da una maggiore velocità media. Queste caratteristiche nel regime dei venti si interpretano con relativa facilità ricorrendo all'inquadramento geografico dell'area urbana. Proprio in quanto stretta tra mare e rilievi carsici, la città di Trieste è fortemente soggetta alle brezze sia di mare che di “montagna”. Durante la notte il vento fluisce dal Carso verso il golfo con direttrice est-nordest mentre durante il giorno il vento viene richiamato verso i rilievi con direttrice ovest-nordovest. La stretta vicinanza tra mare e rilievo è all'origine delle velocità medie relativamente elevate per il contesto regionale e della relativamente bassa frequenza dei periodi con calma di vento. Il picco nella velocità media si osserva in corrispondenza al vento proveniente da est-nordest, questa infatti è la direzione di provenienza della Bora e del Borino. La relativamente bassa frequenza di venti provenienti da sudovest si spiega in quanto questo tipo di vento risulta solitamente associato al passaggio sulla regione delle perturbazioni atlantiche. Dal punto di vista dell'irraggiamento solare l'area di Trieste è stata caratterizzata nel decennio 1998-2007 da un apporto medio giornaliero di 13200 kJ/m². Per quanto riguarda l'umidità relativa, nell'ultimo decennio la media dei valori minimi giornalieri si è attestata sul 50 %, la media dei valori massimi si è attestata sul 75 %, mentre il valore medio è stato dell'ordine del 65 %. I valori relativamente bassi di umidità relativa, soprattutto nella media dei massimi, si possono spiegare ricordando il particolare regime dei venti. Durante la notte, infatti, periodo in cui solitamente si registrano i valori

più elevati di umidità relativa, il vento mediamente proviene da nordest pertanto, scendendo dal Carso, si comprime adiabaticamente riscaldandosi e riducendo il valore di umidità relativa (cioè si allontana dalla saturazione).

A titolo esemplificativo di quanto sopra riportato, si allegano a seguire una serie di figure relative ad indici meteorologici (dalla n.1 alla n. 10) che riportano con colore rosso le osservazioni relative all'anno 2008 confrontate con il loro valore medio ottenuto nel quinquennio 2003-2007(indicato con il colore blu). L'ombreggiatura verde indica l'intervallo corrispondente ad una deviazione standard.

Si ritiene opportuno puntualizzare che i dati relativi all'anno 2008 presentano una oscillazione dei valori registrati decisamente ampia rispetto ai valori medi di riferimento in relazione al fatto che si tratta di dati singoli e non mediati in un intervallo temporale quinquennale. L'osservazione delle figure allegate, oltre a facilitare una rapida visualizzazione degli andamenti temporali che si sono verificati a Trieste relativamente agli indici atmosferici considerati, consente di poter affermare che, ad eccezione della piovosità, gli stessi hanno presentato, nell'anno trascorso, andamenti sostanzialmente in linea con quelli registrati nel quinquennio precedente pur con delle naturali, fisiologiche variazioni.

Le successive figure (n.1, 2 e 3) consentono di definire le caratteristiche di ventosità della zona di Trieste. Particolarmente interessanti le considerazioni che emergono dall'osservazione della elaborazione presentata in figura n.2 che evidenzia il numero di giornate che presentavano una velocità media di vento > 2 m/sec nel periodo temporale 2003-2007 e nel corso dell'anno 2008. Si conferma come l'area triestina risulti essere particolarmente ventosa con oltre 230 giorni con velocità maggiore a 2 m/s. Relativamente all'anno 2008, i cui giorni ventilati sono indicati in colore rosso, si osservano un numero di giornate lievemente inferiori alla media nei primi 5 mesi dell'anno con un successivo incremento, particolarmente evidente nei mesi di ottobre e dicembre.

Nella figura n. 3 vengono infine presentate le frequenze di provenienza del vento dai vari ottanti e la frequenza delle calme di vento, nelle quali il valore medio della velocità è stato inferiore a 0.5 m/s. Si conferma sia nel quinquennio esaminato (linea blu per gli ottanti e rossa per le calme di vento) che nell'anno 2008 (linea verde) come nell'area triestina i venti prevalenti provengano dai quadranti E, NE e SE senza significative variazioni stagionali mentre la provenienza dai quadranti W e NW appare essere più frequente nel periodo estivo.

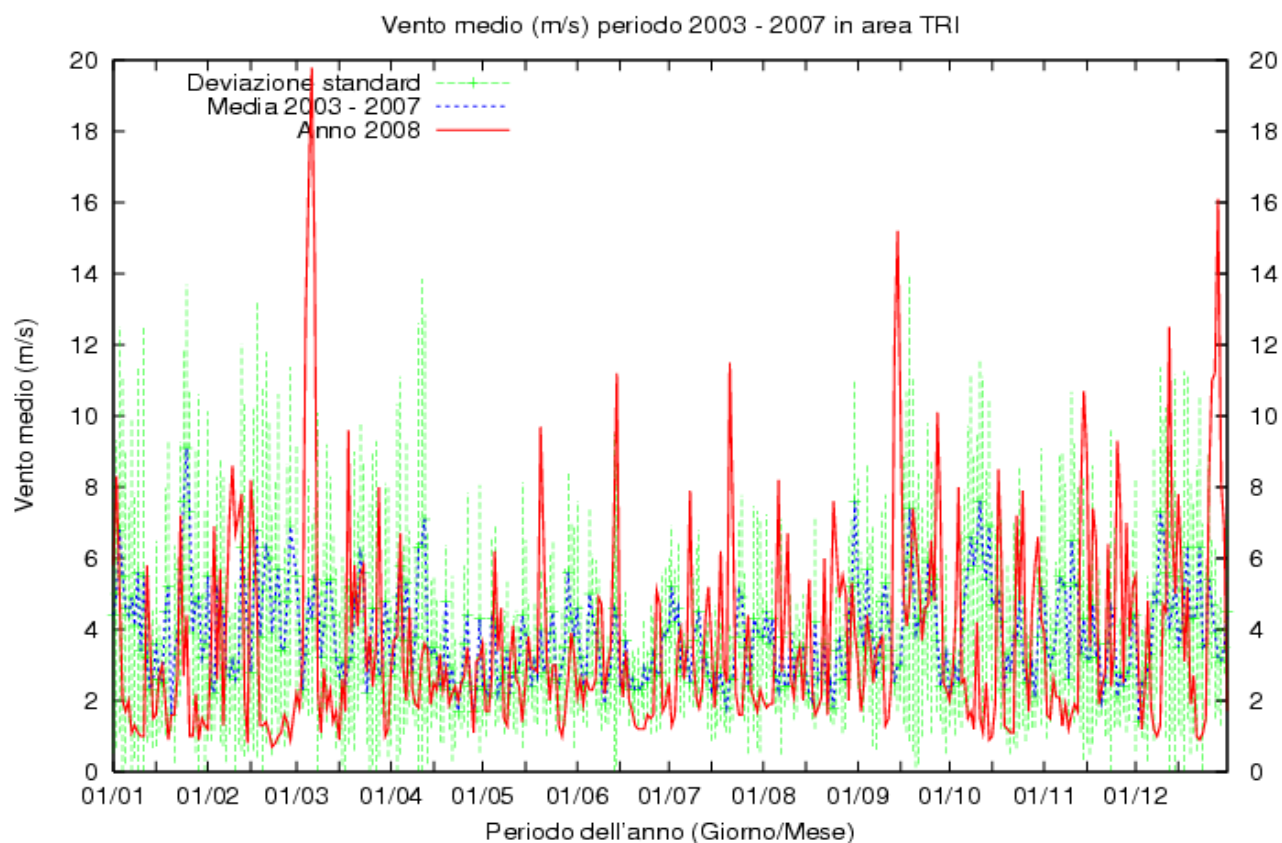


Figura 1– Intensità media giornaliera del vento

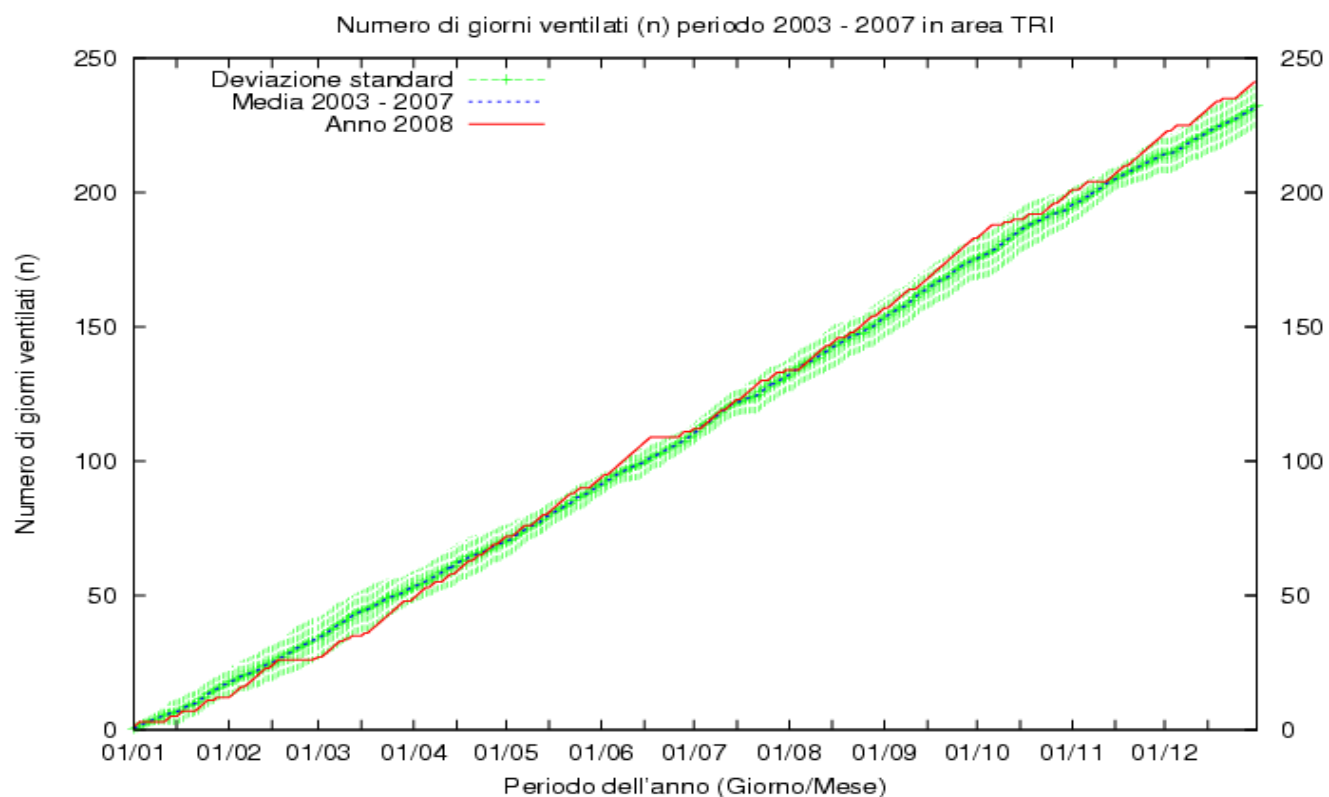


Figura 2– Cumulata media di giorni ventosi (velocità media maggiore a 2 m/s) nel periodo 2003-2007(linea blu) e nell'anno 2008 Linea rossa). L'ombreggiatura verde indica l'intervallo corrispondente a una deviazione standard.

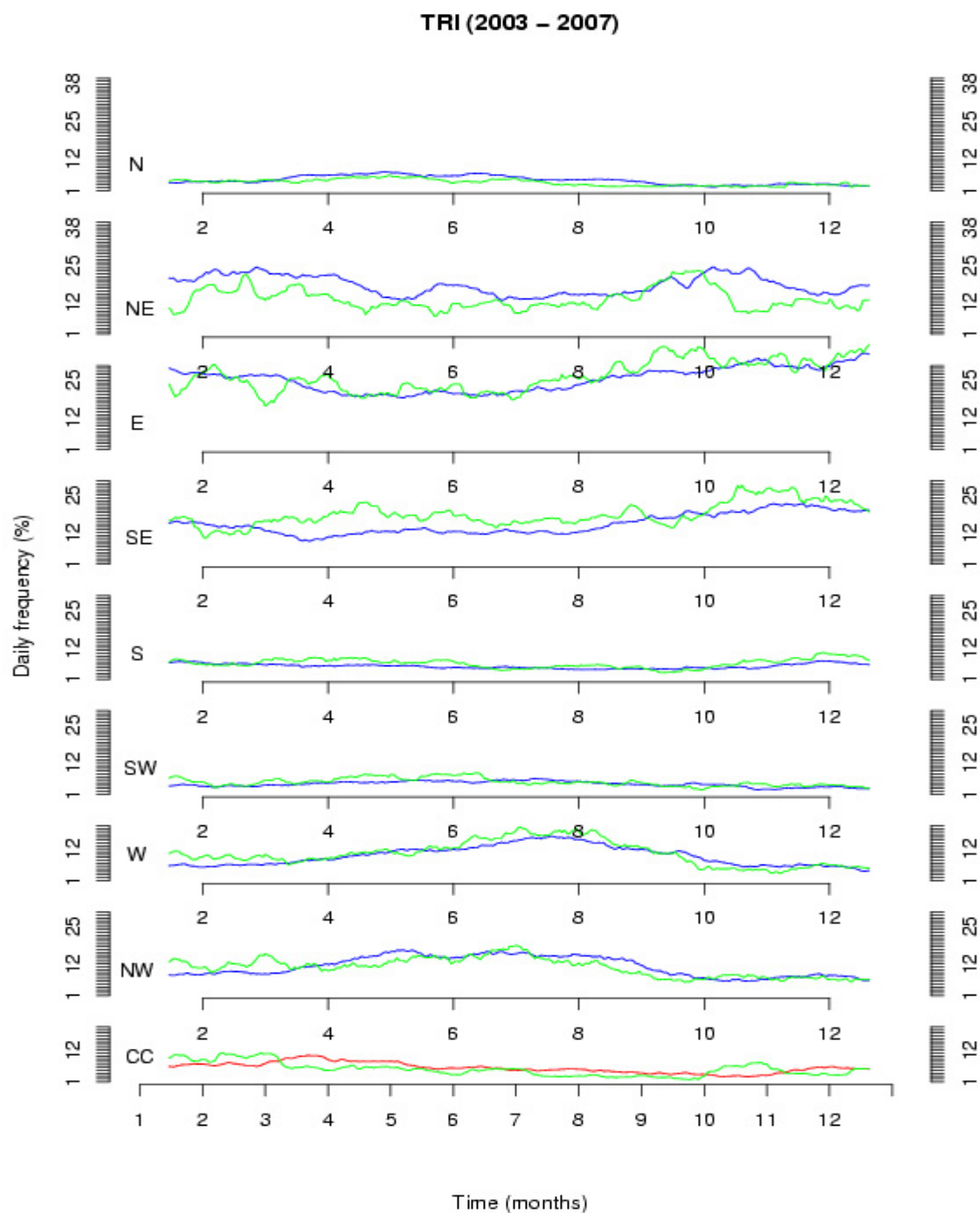


Figura 3– Frequenze di provenienza del vento nei vari ottanti (la linea blu indica la media 2003-2007; la linea rossa l'andamento 2008) e frequenza di giornate con calma di vento (riquadro CC, la linea rossa indica la media 2003-2007, la linea verde l'andamento 2008).

Nelle successive figure dalla n. 4 alla n. 8 vengono rappresentati, sempre nel periodo temporale considerato, rispettivamente gli andamenti dei valori medi di temperatura, di umidità, di pioggia cumulata ed il numero delle giornate di pioggia. La linea blu indica l'andamento medio nel quinquennio 2003-2007, la linea rossa l'andamento nel 2008, l'ombreggiatura indica l'intervallo corrispondente ad una deviazione standard.

Si rileva che mentre i valori medi di temperatura (fig. n. 4) non evidenziano un andamento sostanzialmente difforme da quello rilevato nel corso degli anni precedenti, variazioni significative si sono evidenziate nel corso dell'anno 2008 per quanto attiene ai valori di umidità, di piovosità e conseguentemente di giornate piovose. Per certi versi straordinario (vedi fig. n. 6) il notevolissimo incremento del numero di giornate con tassi di umidità superiori al 90% che si è registrato nel primo trimestre del 2008. Particolarmente interessanti sono anche le considerazioni che si possono ricavare dalle osservazioni delle figure n.7 e n.8 da cui si evidenzia che nell'area triestina il valore di pioggia cumulata è risultato, lo scorso anno, superiore a 900 mm a fronte di un valore medio inferiore ad 800 mm e conseguentemente anche le giornate di pioggia, che nell'arco temporale 2003-2007, erano inferiori ad 80, sono risultate superiori a 100.

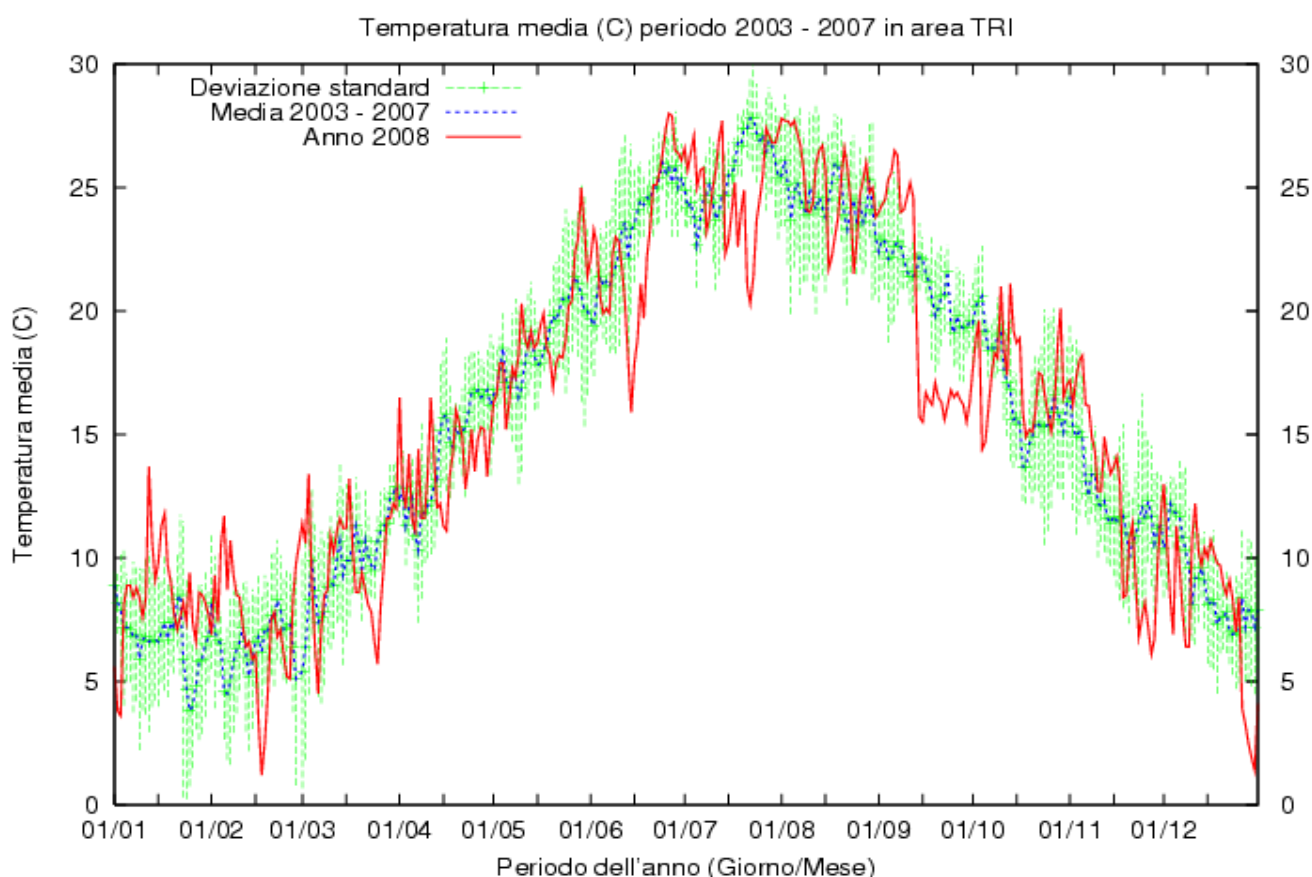


Figura 4– Valori medi di temperatura media rilevati negli anni 2003-2007 e nel corso del 2008. La linea blu indica l'andamento medio nel quinquennio 2003-2007, la linea rossa l'andamento nel 2008, l'ombreggiatura indica l'intervallo corrispondente ad una deviazione standard.

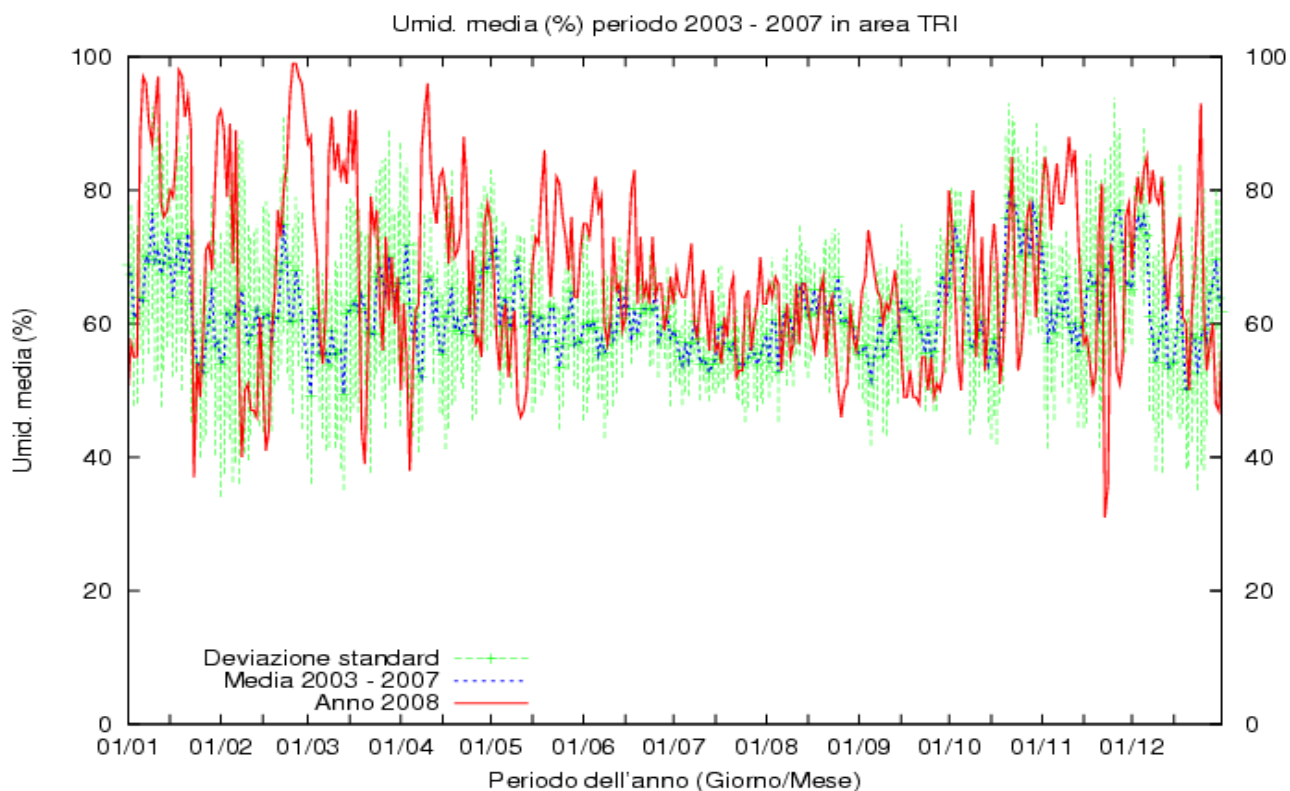


Figura 5– Valori medi di umidità media rilevati negli anni 2003-2007 e nel corso del 2008. La linea blu indica l'andamento medio nel quinquennio 2003-2007, la linea rossa l'andamento nel 2008, l'ombreggiatura indica l'intervallo corrispondente ad una deviazione standard.

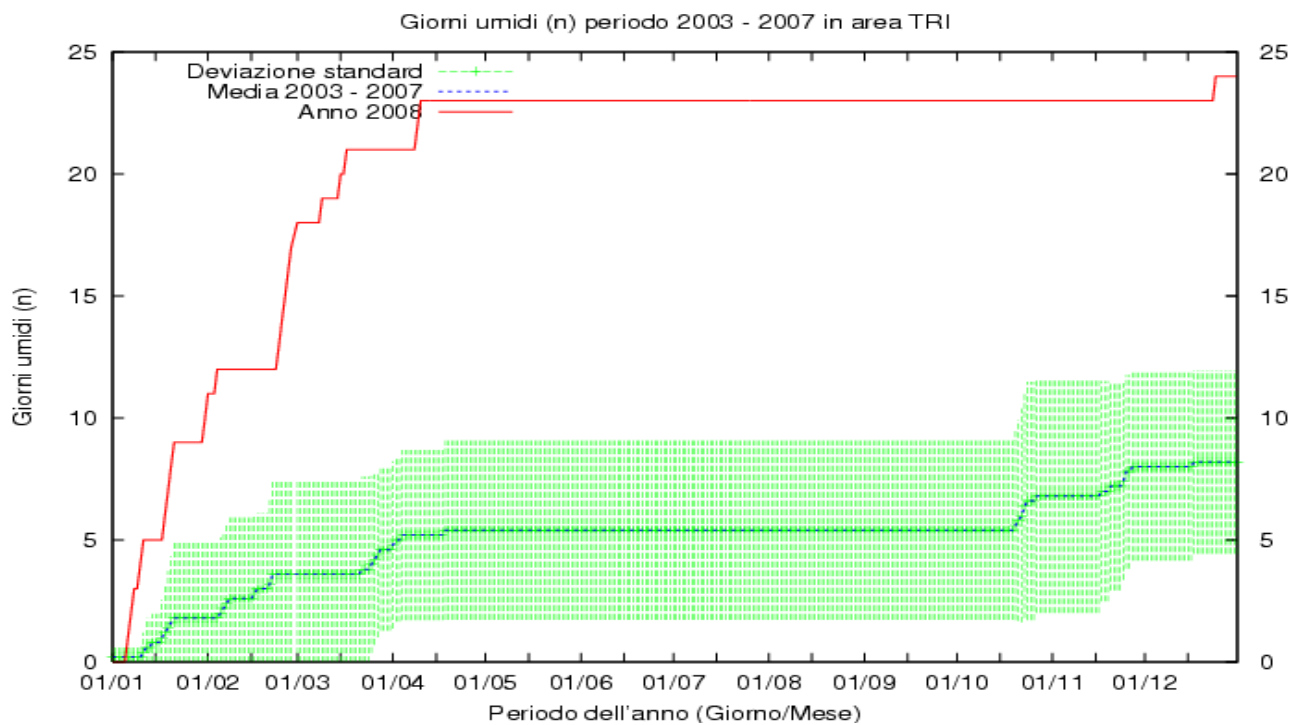


Figura 6– Numero di giornate umide rilevate negli anni 2003-2007 e nel corso del 2008 (umidità media giornaliera maggiore al 90%). La linea blu indica l'andamento medio nel quinquennio 2003-2007, la linea rossa l'andamento nel 2008, l'ombreggiatura indica l'intervallo corrispondente ad una deviazione standard.

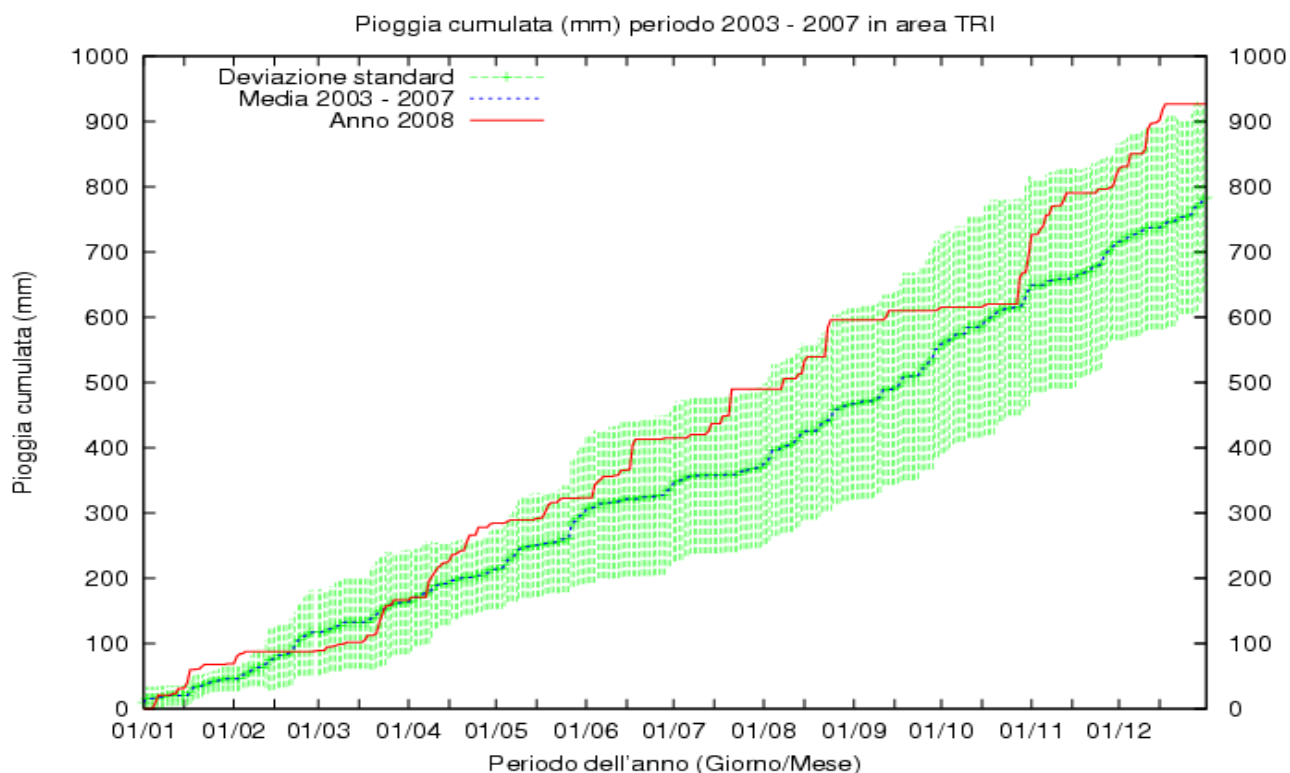


Figura 7– Cumulata annuale di pioggia (mm) nel periodo 2003-2007 e nell'anno 2008.

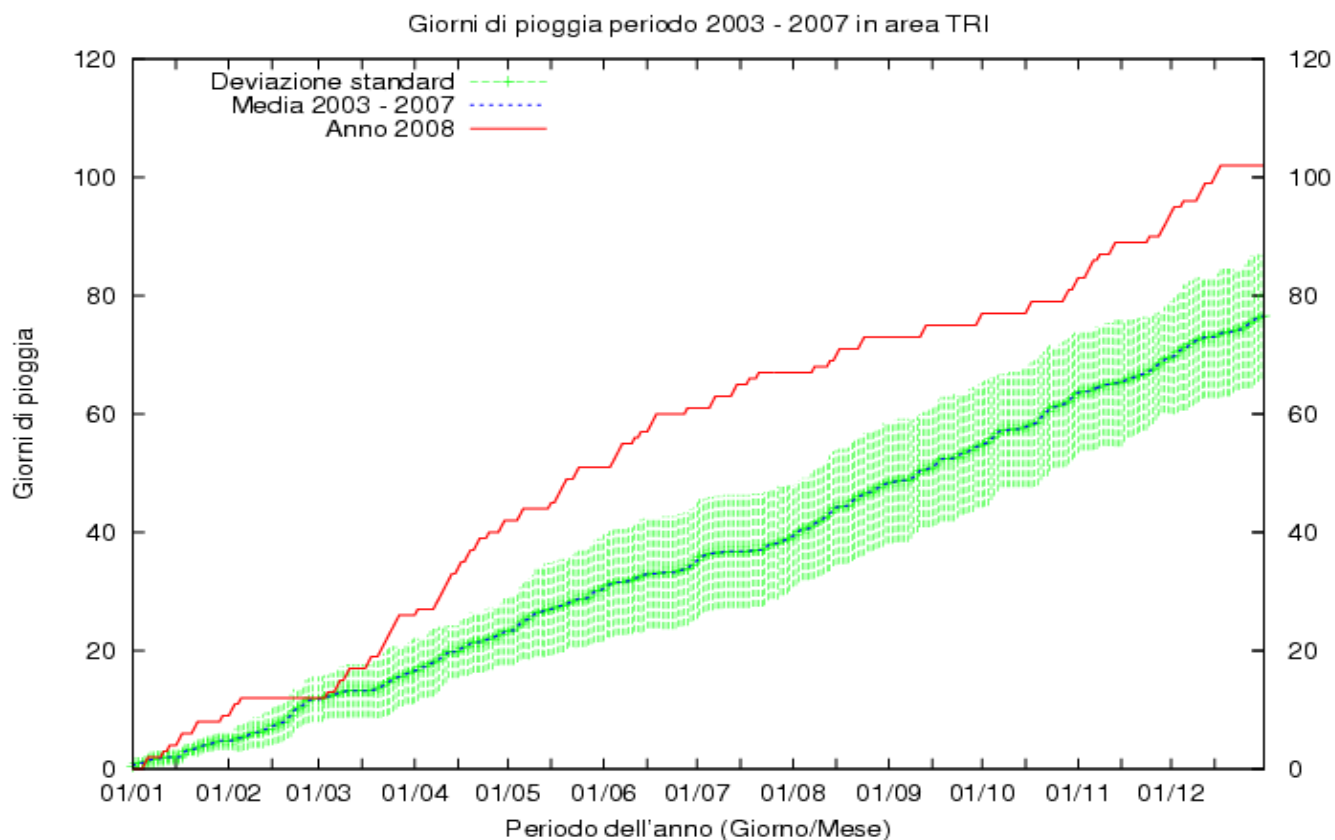


Figura 8– Giornate di pioggia (giorni con pioggia superiore a 1 mm) nel periodo 2003-2007 e nel corso dell'anno 2008. La linea blu indica l'andamento medio nel quinquennio 2003-2007, la linea rossa l'andamento nel 2008, l'ombreggiatura indica l'intervallo corrispondente ad una deviazione standard.

Alla luce delle considerazioni sopra riportate che testimoniano di un 2008 particolarmente umido e piovoso, risulta prevedibile che il valore della radiazione solare possa risultare, nello stesso anno, inferiore a quello rilevato nel precedente periodo di osservazione. L'evidenza grafica viene riportata nelle successive figure n. 9 e n. 10.

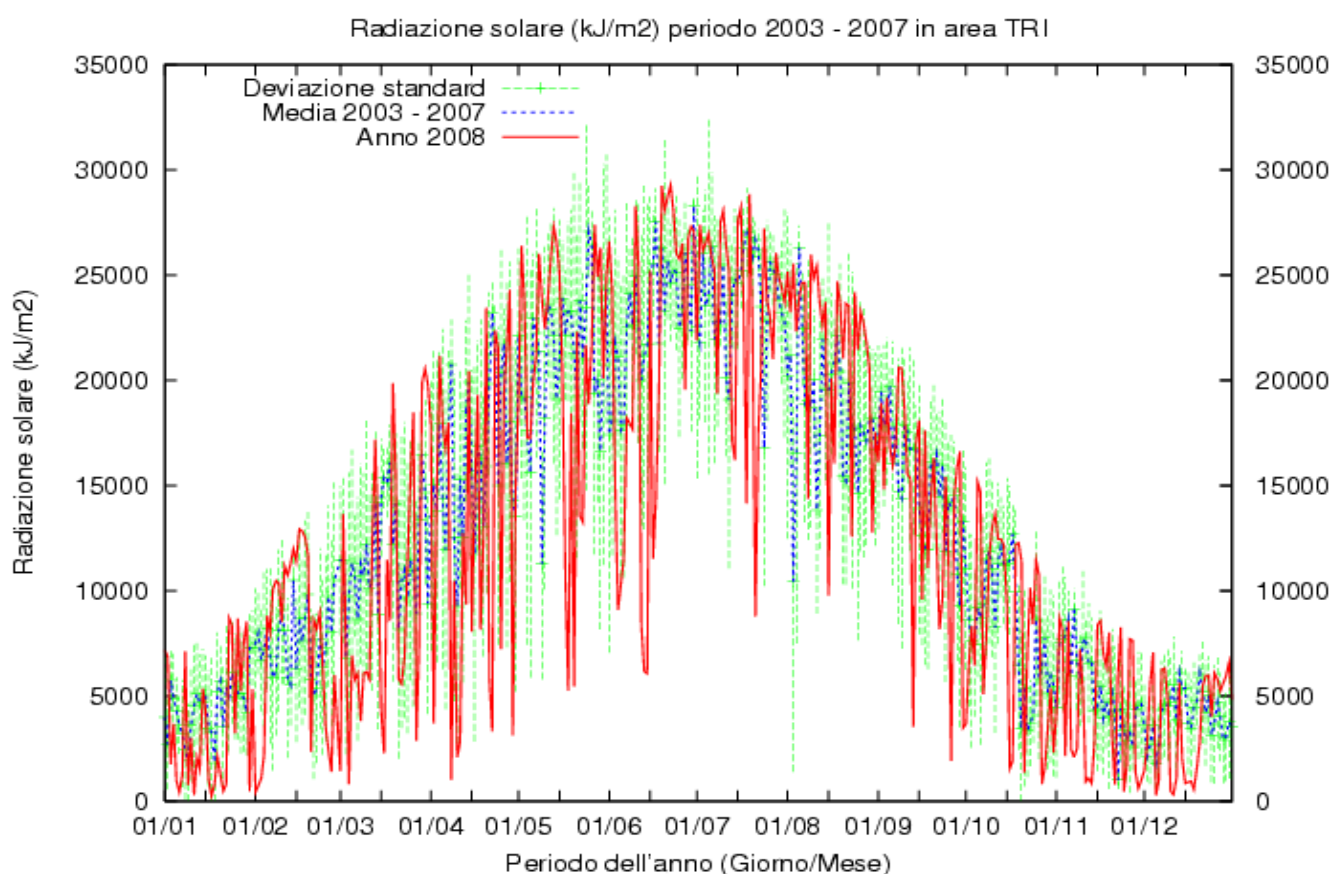


Figura 9– Valore della radiazione solare cumulata (kJ/m2) nel periodo 2003-2007 (linea blu) e nel corso dell'anno 2008 (linea rossa).

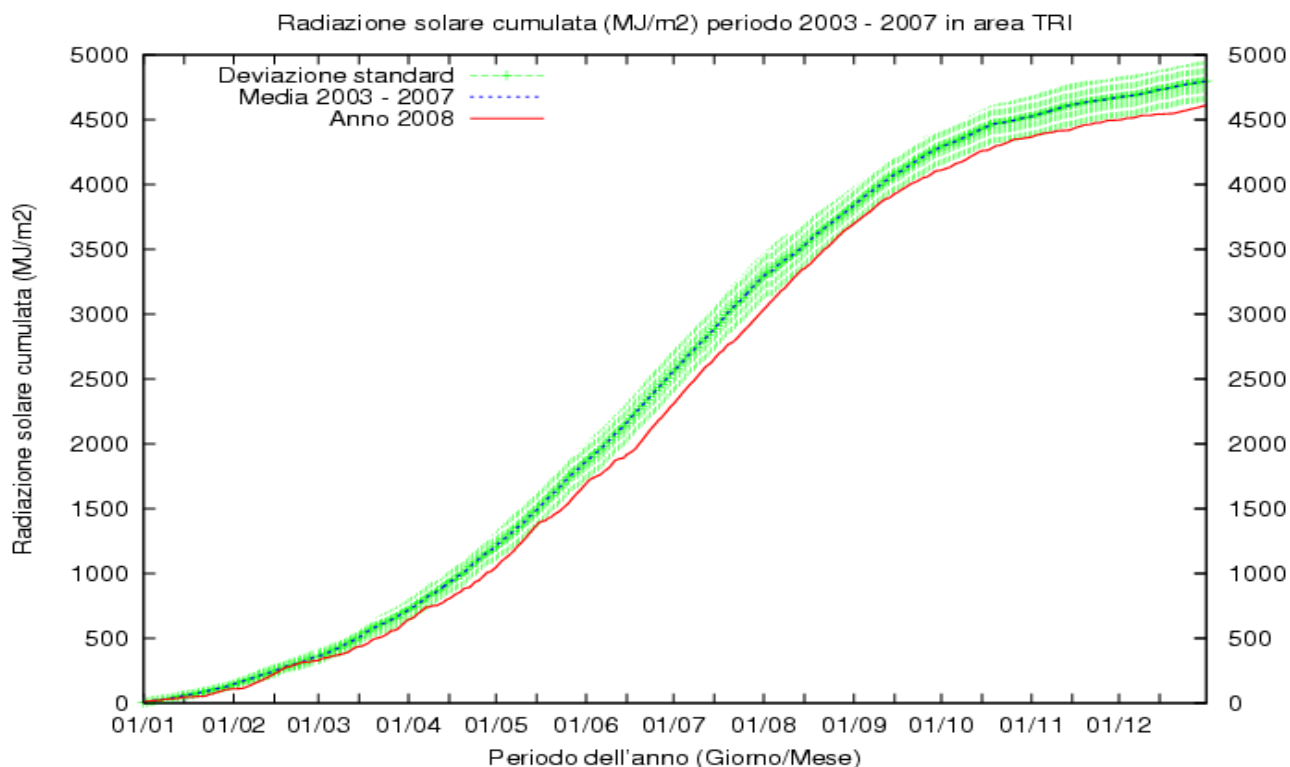


Figura 10– Valore della radiazione solare cumulata (MJ/m2) nel periodo 2003-2007 e nel corso dell'anno 2008. La linea blu indica l'andamento medio nel quinquennio 2003-2007, la linea rossa l'andamento nel 2008, l'ombreggiatura indica l'intervallo corrispondente ad una deviazione standard.

¹ I dati di riferimento climatico standard (trentennio WMO 1961-1990) sono stati raccolti dal Servizio Nazionale Idrografico. I dati dell'ultimo decennio (1998-2007) sono stati raccolti dall'Osservatorio Meteorologico Regionale

3.10 Elementi di sintesi relativi alla valutazione della qualità dell'aria..

3.10.1 Struttura della Rete di rilevamento.

La Rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria consta di 41 centraline fisse, rilevate da ARPA a partire dal 2001 da preesistenti reti comunali, provinciali, forestali. La Rete è stata organizzata, ed è suscettibile di ulteriori modifiche, allo scopo di ottemperare quanto disposto dal D.Lgs 351/99 e dal D.M. 60/2002. All'interno della Rete di monitoraggio, inoltre si individua una Rete regionale di riferimento, costituita da stazioni fisse situate nei centri urbani dei quattro capoluoghi di Provincia, a Porcia e Monfalcone, allo scopo di controllare e consentire di prevenire l'insorgenza di episodi acuti di inquinamento atmosferico. Nella medesima Rete regionale, infine si distingue una serie di stazioni che forniscono in tempo reale i dati relativi alle concentrazioni di ozono nell'aria.

Le stazioni fisse di monitoraggio della città di Trieste sono configurate nella Rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria gestita da ARPA FVG, i cui dati sono consultabili giornalmente alla pagina <http://www.arpaweb.fvg.it/qaria/index.asp>.

La cronologia di attivazione/disattivazione delle centraline costituenti la rete di rilevamento della qualità dell'aria di Trieste viene riportata nella successiva tabella.

POSTAZIONI	ANNO ATTIVAZIONE	ANNO DISATTIVAZIONE
<i>piazza Goldoni</i>	1992	2004
<i>piazza V. Veneto</i>	1996	2001
<i>via Frigessi</i>	1992	2003
<i>piazza Libertà</i>	1996	
<i>via Tor Bandena</i>	2001	
<i>via Battisti</i>	1996	
<i>piazza Vico</i>	1996	
<i>via Carpineto</i>	1996	
<i>monte S. Pantaleone</i>	1992	
<i>piazza Garibaldi</i>	1994	
<i>via S. Sabba</i>	2003	
<i>via Svevo (*)</i>	2002	
<i>via Pitacco (*)</i>	2002	
Muggia (*)	2002	
<i>via Orlandini (**)</i>	2001	
<i>via Von Bruck (**)</i>	2001	
<i>via Tacco (**)</i>	2004	

NOTA: (*) Centraline di proprietà della Elettra Produzione s.r.l. – Socio Unico, prescritte dal DEC/VIA/4683.

(**) Centraline di proprietà della Sertubi.

Nella successiva tabella viene riportato uno schema riassuntivo della rete di rilevamento della qualità dell'aria in provincia di Trieste relativa all'anno 2008.

INQUINANTI POSTAZIONI	monossido di carbonio CO	biossido di zolfo SO ₂	biossido di azoto NO ₂	particellato sospeso PM ₁₀	benzene	Ozono O ₃	idrocarburi policiclici aromatici I.P.A.
<i>piazza Libertà</i>	X		X	X	X	X	
<i>via Tor Bandena</i>				X	X		
<i>via Battisti</i>					X		
<i>piazza Vico</i>	X	X	X				
<i>via Carpineto</i>	X	X	X	X			X
<i>monte S. Pantaleone</i>	X	X	X			X	
<i>piazza Garibaldi</i>					X		X
<i>via S. Sabba</i>	X	X	X				
<i>via Svevo (*)</i>	X	X	X	X			
<i>via Pitacco (*)</i>	X	X	X	X			
Muggia (*)	X	X	X	X			
<i>via Orlandini (**)</i>			X				
<i>via Von Bruck (**)</i>			X	X			
<i>via Tacco (**)</i>			X	X			

NOTA: (*) Centraline di proprietà della Elettra Produzione s.r.l. – Socio Unico, prescritte dal DEC/VIA/4683.
 (**) Centraline di proprietà della Sertubi.

La distribuzione territoriale di 10 di queste centraline viene illustrata nella figura successiva.

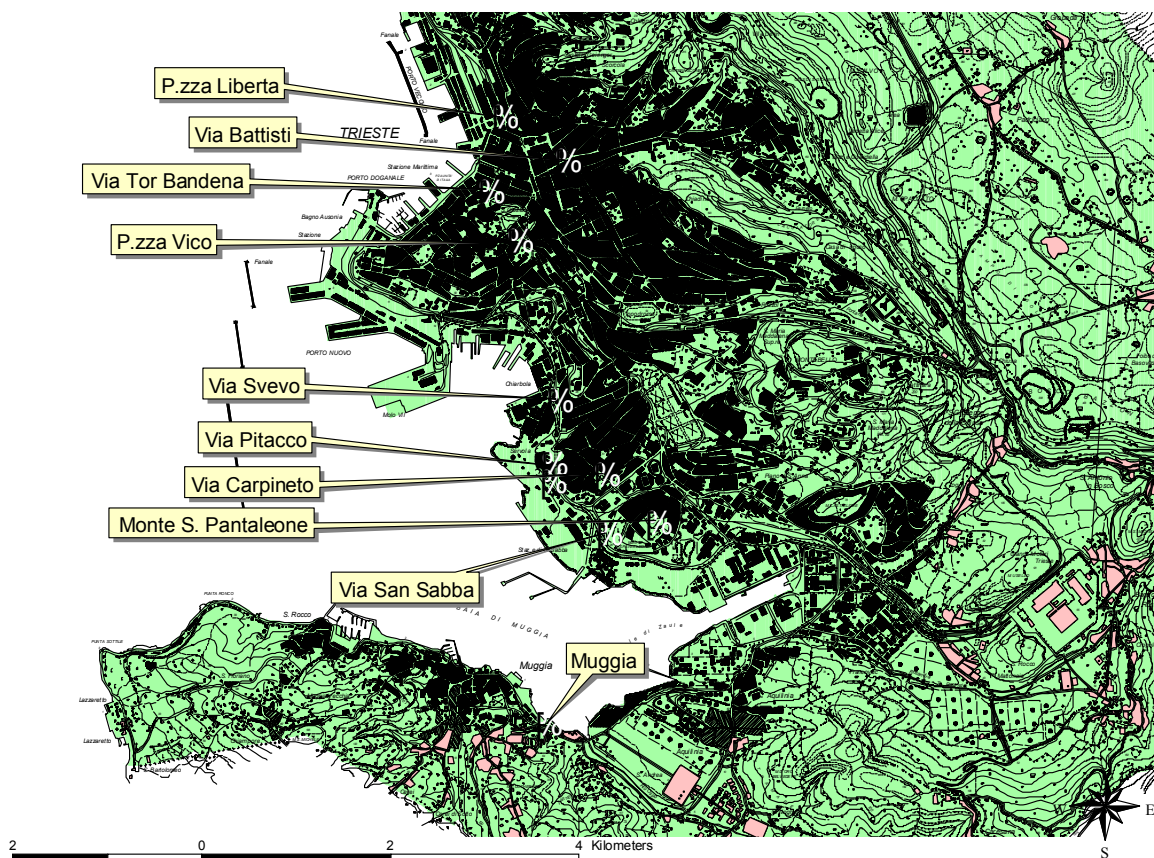


Figura 11 – Localizzazione delle Stazioni di Rilevamento della Qualità dell'Aria

3.10.2 Campagne di monitoraggio per mezzo di stazioni mobili e campionatori diffusivi

A partire dal secondo semestre 2007, nell'ambito dell'attività di vigilanza ambientale attuata nel comprensorio abitativo di Servola, il Mezzo Mobile di monitoraggio della qualità dell'aria è stato impegnato in una serie estesa di rilievi di inquinanti aerodispersi (PM₁₀, benzene, SO₂, NO₂, CO, IPA) in corrispondenza della Stazione R.F.I. di Servola in via S. Lorenzo in Selva, postazione collocata a ridosso del perimetro esterno dello stabilimento siderurgico della Lucchini s.p.a.. Tale collocazione è stata individuata in ragione della sua efficacia nel registrare emissioni prevalentemente diffuse dallo stabilimento.

Nel periodo 12-30 ottobre 2007 la postazione è stata impegnata in una campagna di interconfronto organizzata dal Servizio di Metrologia Ambientale dell'APAT mirata ad assicurare l'affidabilità e la comparabilità dei dati analitici prodotti su tutto il territorio nazionale nelle attività di monitoraggio e controllo ambientale.

Il confronto, a cui si è associata anche l'Università di Trieste, consulente tecnico della Procura della Repubblica di Trieste, è stato finalizzato a metodi di campionamento del particolato atmosferico con diverse tipologie di captazione ed al confronto dei metodi per la determinazione degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) nella frazione di particolato in sospensione in aria di dimensione inferiore a 10 µm (PM₁₀).

Proseguendo una iniziativa già avviata negli anni precedenti, allo scopo di produrre una più dettagliata mappatura delle concentrazioni di benzene nell'area urbana, anche nel corso del 2008 sono state effettuate, in 24 postazioni della città di Trieste, una serie di determinazioni mediante l'utilizzo di campionatori passivi di tipo diffusivo (radielli).

3.10.3 Efficienza degli analizzatori.

Le indicazioni normative in materia di validazione ed elaborazione di dati sulla qualità dell'aria provengono, fondamentalmente, dalla Decisione 97/101/CE "Decisione della Commissione che instaura uno scambio reciproco di informazioni e dati provenienti dalle reti e dalle singole stazioni di misurazione dell'inquinamento atmosferico negli Stati membri", in particolare, l'All. IV, sostituito dall'allegato alla decisione 2001/752/CE "Criteri per l'aggregazione dei dati per il calcolo dei parametri statistici". Tuttavia, nell'all. III alla Decisione 97/101/CE, modificato dalla Dec. 2001/752/CE, si afferma che "tutti i dati trasmessi si considerano validi. Spetta agli stati membri garantire che vengano predisposte procedure di garanzia della qualità".

L'allegato X al D.M. 60/2002, che fissa gli Obiettivi per la qualità dei dati e relazione sui risultati della valutazione della qualità dell'aria, "per indirizzare i programmi di assicurazione di qualità" indica come *obiettivo di qualità* una raccolta minima di dati pari al 90% per biossido di zolfo, biossido di azoto, ossidi di azoto, materiale particolato, piombo, monossido di carbonio e benzene. Peraltro, solo per quanto riguarda l'ozono, nel D.Lgs. 21.05.2004, n.183, all. III, vengono stabilite le percentuali minime di dati per elaborare i differenti parametri (valori di un'ora, valori di 8 ore, valore medio su 8 ore massimo giornaliero, AOT40, media annuale, numero di superamenti e valori massimi per mese e per anno). Sulla base di tali indicazioni e dell'esperienza maturata, l'efficienza degli analizzatori viene curata attraverso la calibrazione giornaliera e la manutenzione periodica, al fine di garantire, per le successive aggregazioni ed elaborazioni statistiche, un minimo di 75% di dati validi per biossido di zolfo, biossido di azoto, ossidi di azoto, materiale particolato ed ozono. Inoltre, per quanto riguarda quest'ultimo inquinante, vengono elaborati i dati validi in percentuale maggiore o uguale al 90% per il calcolo del numero di superamenti e valori massimi per mese.

3.10.4 I principali inquinanti

3.10.4.1 Biossido di zolfo (SO₂)

Caratteristiche chimico-fisiche [12]

Il biossido di zolfo (o diossido di zolfo, ossido solforoso, anidride solforosa, ossido di zolfo (IV)) è un gas incolore, di odore pungente, molto solubile in acqua.

Si forma per ossidazione dello zolfo nel corso dei processi di combustione di materiali, in particolare combustibili fossili (carbone e derivati del petrolio), che contengono questo elemento come impurità.

E' un prodotto chimicamente stabile. Una volta immesso in atmosfera permane inalterato per tempi caratteristici di alcuni giorni e può essere trasportato a grandi distanze (dell'ordine di centinaia fino a qualche migliaio di chilometri) dalla sorgente di emissione, contribuendo al fenomeno dell'inquinamento transfrontaliero.

La ricaduta avviene per deposizione secca o umida (pioggia, neve e nebbia).

Nel lungo periodo, esso entra in un ciclo estremamente complesso di reazioni di varia natura (chimica, fotochimica, in fase gassosa, liquida o solida, in presenza e in assenza di catalizzatori) che portano alla sua ossidazione in solfati ed acido solforico.

I meccanismi principali di ossidazione possono comunque, in un modello semplificato, essere ridotti a due:

- ossidazione ad SO_3 per via fotochimica in presenza di ossidi di azoto, ozono e di idrocarburi, principalmente olefine;
- ossidazione per via chimica nelle microgocce di liquido (nubi e nebbia) in presenza di catalizzatori e di specie fortemente ossidanti.

Tra i processi di ossidazione in fase omogenea un ruolo determinante è svolto dai radicali OH che, tenuto conto della loro concentrazione media nella troposfera, determina una vita media del biossido di zolfo di tredici giorni.

L'altro importante meccanismo di ossidazione del biossido di zolfo avviene in fase liquida in seguito all'assorbimento dell' SO_2 nelle microgocce presenti nelle nubi e nella nebbia. Successivamente si ha l'ossidazione dello zolfo principalmente secondo due possibili meccanismi:

- ossidazione da parte dell'ossigeno in presenza di catalizzatori quali ioni metallici;
- ossidazione da parte di agenti fortemente ossidanti quali H_2O_2 e O_3 .

Il contributo del primo meccanismo assume un certo rilievo nelle nebbie urbane mentre il secondo rappresenta senz'altro il percorso principale. La velocità di reazione in fase liquida è molto maggiore che in fase gassosa.

Sorgenti [12]

Storicamente, il biossido di zolfo (SO_2) ed il materiale particolato derivanti dall'utilizzo di combustibili fossili hanno costituito i componenti predominanti dell'inquinamento atmosferico in gran parte del mondo.

Anche fonti naturali, quali i vulcani, apportano SO_2 all'aria ambiente. In Europa, tuttavia, rivestono maggiore importanza i contributi di origine antropica, quali l'uso di combustibili fossili per il riscaldamento domestico o per la produzione di energia, processi metallurgici, produzione di acido solforico, lavorazione di molte materie plastiche, industrie della carta, fonderie, desolfurazione di gas naturali ed incenerimento di rifiuti.

Negli ultimi anni, con l'introduzione di combustibili liquidi a basso tenore di zolfo e la metanizzazione degli impianti termici, si è avuta una continua riduzione dei livelli di SO_2 , che ha reso comparabili le concentrazioni misurate presso aree urbane e rurali.

Attualmente, in ambito locale, la produzione di energia e i processi metallurgici rappresentano le fonti principali di SO_2 ; un contributo rilevante viene dal traffico marittimo.

Effetti sulla salute e sull'ambiente [20, 21]

L'**anidride solforosa**, gas molto irritante per la gola, gli occhi e le vie respiratorie pur non presentando una propria tossicologia, è fattore predisponente all'acuirsi di malattie croniche nei soggetti più esposti quali anziani, in particolare asmatici, e bambini. I dati dell'Organizzazione Mondiale per la Sanità (WHO), indicano che, in ragione della sua alta idrosolubilità, l'85% della SO_2 viene trattenuta dal rinofaringe e solo in minime percentuali raggiunge zone più distali quali bronchioli ed alveoli.

Episodi di inquinamento atmosferico con aumento delle concentrazioni di biossido di zolfo sono risultati associati in studi epidemiologici con l'incremento sia dei ricoveri ospedalieri per patologie respiratorie, sia con l'aumento della mortalità generale.

Il biossido di zolfo, ossidato e combinato con il vapore acqueo, forma acido solforico contribuendo all'acidificazione delle precipitazioni, con effetti tossici per la vegetazione e la vita acquatica e corrosivi per materiali di costruzione, manufatti lapidei, vernici e metalli.

Normativa.

In accordo alla vigente normativa (D.M.60/2002) sono previsti:

- un **valore limite orario per la protezione della salute umana**, con periodo di mediazione di 1 ora, pari a $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 24 volte per anno civile e con un margine di tolleranza del "42,9% del valore limite, all'entrata in vigore della direttiva 99/30/CE (19/7/99). Tale valore è ridotto il 1° gennaio 2001, successivamente ogni 12 mesi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% al 1° gennaio 2005" [D.M. 60/2002, All. I].
- un **valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana**, con periodo di mediazione pari a 24 ore, di $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 3 volte per anno civile. Tale limite è entrato in vigore il 1 gennaio 2005 [D.M. 60/2002, All. I].
- un **valore limite per la protezione degli ecosistemi**, con periodo di mediazione pari all'anno civile ed all'inverno (1 ottobre – 31 marzo), di $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [D.M. 60/2002, All. I].
- una **soglia di allarme** di $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ "misurati su tre ore consecutive in un sito rappresentativo della qualità dell'aria di un'area di almeno 100 km^2 oppure in una intera zona o in un intero agglomerato, nel caso siano meno estesi" [DM 60/2002, All. I].

Riferimento normativo	Denominazione	Periodo di mediazione	Valore di riferimento/limite
D.M. 2 aprile 2002, n.60	valore limite orario per la protezione della salute umana	media oraria da non superare più di 24 volte per anno civile	2004: $380 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dal 2005: $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$
	valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana	media di 24 ore da non superare più di 3 volte per anno civile	$125 \mu\text{g}/\text{m}^3$
	Valore limite per la protezione degli ecosistemi	media sull'anno civile e sul periodo invernale (1 ottobre - 31 marzo)	$20 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Andamento delle concentrazioni di SO₂ nell'anno 2008

Al fine di sintetizzare in maniera schematica l'imponente quantità di dati acquisiti nel corso dell'anno 2007 e consentire una valutazione qualitativa degli stessi, sono state elaborate le due successive tabelle che riportano, riferito ai dodici mesi, rispettivamente il valore massimo orario nelle singole postazioni (tabella n. 2) ed i valori massimi giornalieri (tabella n.3) espressi in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabella 2 . Valori massimi orari di SO₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) rilevati nel corso dell'anno 2008 nelle singole postazioni e nei dodici mesi. Valore di riferimento 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

	01/08	02/08	03/08	04/08	05/08	06/08	07/08	08/08	09/08	10/08	11/08	12/08
Vico	46	58	57	32	195	481	78	52	37	75	54	89
Carpineto	63	68	48	70	72	93	66	84	52	68	43	65
Pantaleone	13	19	29	13	39	n.d.	77	38	54	29	27	34
Pitacco	113	120	115	142	122	142	159	287	n.d.	94	130	112
Svevo	n.d.	38	28	51	87	19	n.d.	n.d.	9	43	39	23
Muggia	n.d.	21	19	22	88	10	13	n.d.	n.d.	12	n.d.	n.d.
S.Sabba	18	22	24	20	4	4	18	4	4	56	53	62

Tabella 3 . Valori massimi giornalieri di SO₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) rilevati nel corso dell'anno 2008 nelle singole postazioni e nei dodici mesi. Valore di riferimento 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

	01/08	02/08	03/08	04/08	05/08	06/08	07/08	08/08	09/08	10/08	11/08	12/08
Vico	19	20	16	17	36	70	23	13	10	17	26	28
Carpineto	15	19	15	16	21	25	22	22	16	23	13	13
Pantaleone	3	3	7	4	7	n.d.	24	13	17	13	7	12
Pitacco	24	28	36	27	28	29	34	72	n.d.	31	20	20
Svevo	n.d.	11	12	14	11	5	n.d.	n.d.	4	8	10	10
Muggia	8	11	11	15	7	8	6	7	9	9	10	11
S.Sabba	9	5	6	5	3	3	3	3	3	22	17	14

Dalla valutazione delle sopra riportate tabelle si evidenzia come sia i valori massimi orari che i valori massimi giornalieri del Biossido di Zolfo registrati nelle centraline della provincia di Trieste risultino ampiamente inferiori ai limiti normativi previsti, con valori comunque lievemente più elevati nelle postazioni di via Pitacco, e di piazza Vico ove si è registrato, nel corso dell'anno 2008 l'unico superamento (481 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) del valore di riferimento orario. Da sottolineare come le due zone considerate possano ritenersi rappresentative di due situazioni sostanzialmente diverse, una di intenso traffico urbano (Piazza Vico), la seconda prossima allo stabilimento siderurgico di Servola. Al fine di meglio valutare l'andamento temporale delle concentrazioni in queste due stazioni, vengono riportati nelle due successive figure, in rosso i valori medi giornalieri e in colore nero i valori della media giornaliera e della media trascinata mensile relativa all'anno 2008. In entrambi le situazioni presentate, i valori registrati evidenziano oscillazioni sostanzialmente contenute con andamenti temporali ed intervalli di concentrazione che possono definirsi ragionevolmente comparabili con singole, sporadiche evidenze di "spike" di concentrazione.

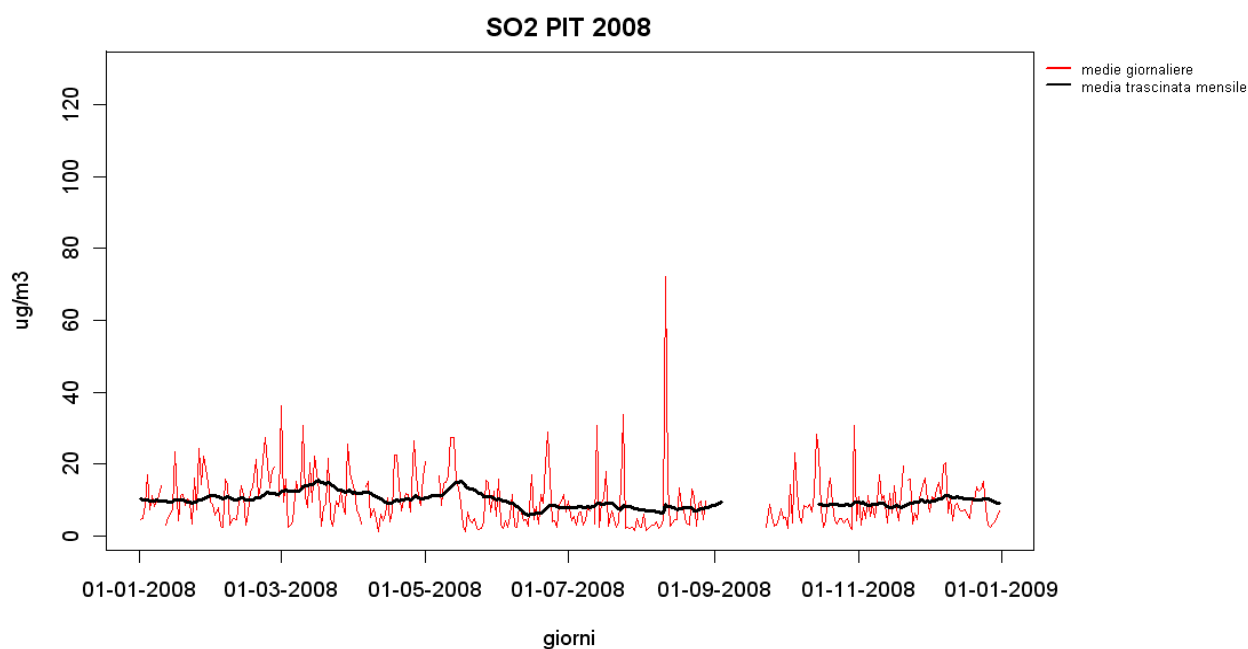


Figura 12 – Andamento delle medie giornaliere e media trascinata mensile nell'anno 2008 nella stazione di via Pitacco.

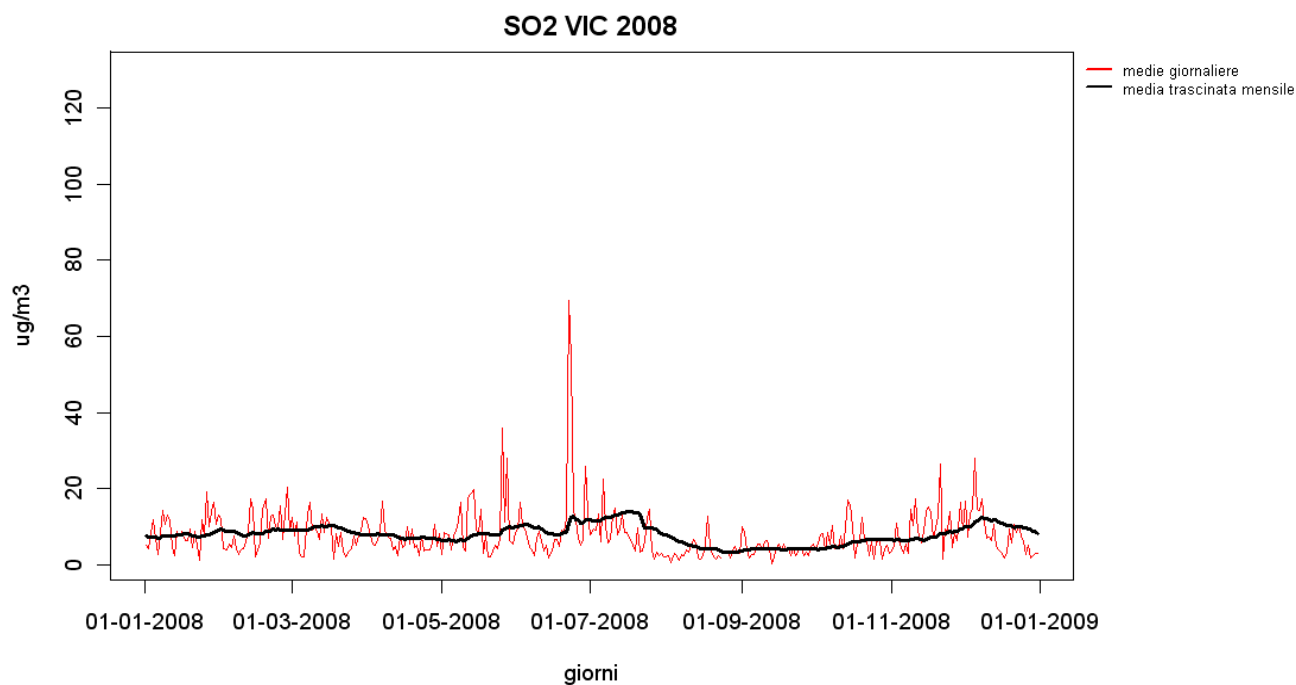


Figura 13 – Andamento delle medie giornaliere e media trascinata mensile nell'anno 2008 nella stazione di piazza Vico.

Andamento delle concentrazioni di SO₂ nel periodo 2005-2008

Al fine di valutare se le concentrazioni riscontrate nel corso dell'anno 2008 possano risultare indicative di un trend in crescita o meno, nelle successive figure n. 14 e 15 viene riportato l'andamento delle concentrazioni di SO₂ nel periodo 2005 – 2008 riferito sempre alle due stazioni già precedentemente considerate (via Pitacco e piazza Vico). Quale concentrazione limite di riferimento è stato posto il valore di 20 µg/m³ che rappresenta il Valore Limite per la Protezione degli Ecosistemi.

Si può facilmente osservare come i riscontri analitici riferiti ai tre anni considerati confermino il rispetto di concentrazioni particolarmente restrittive quali quelle per la protezione degli ecosistemi ed andamenti confrontabili nel tempo che confermano la sostanziale costanza delle concentrazioni di questo gas nell'area urbana di Trieste .

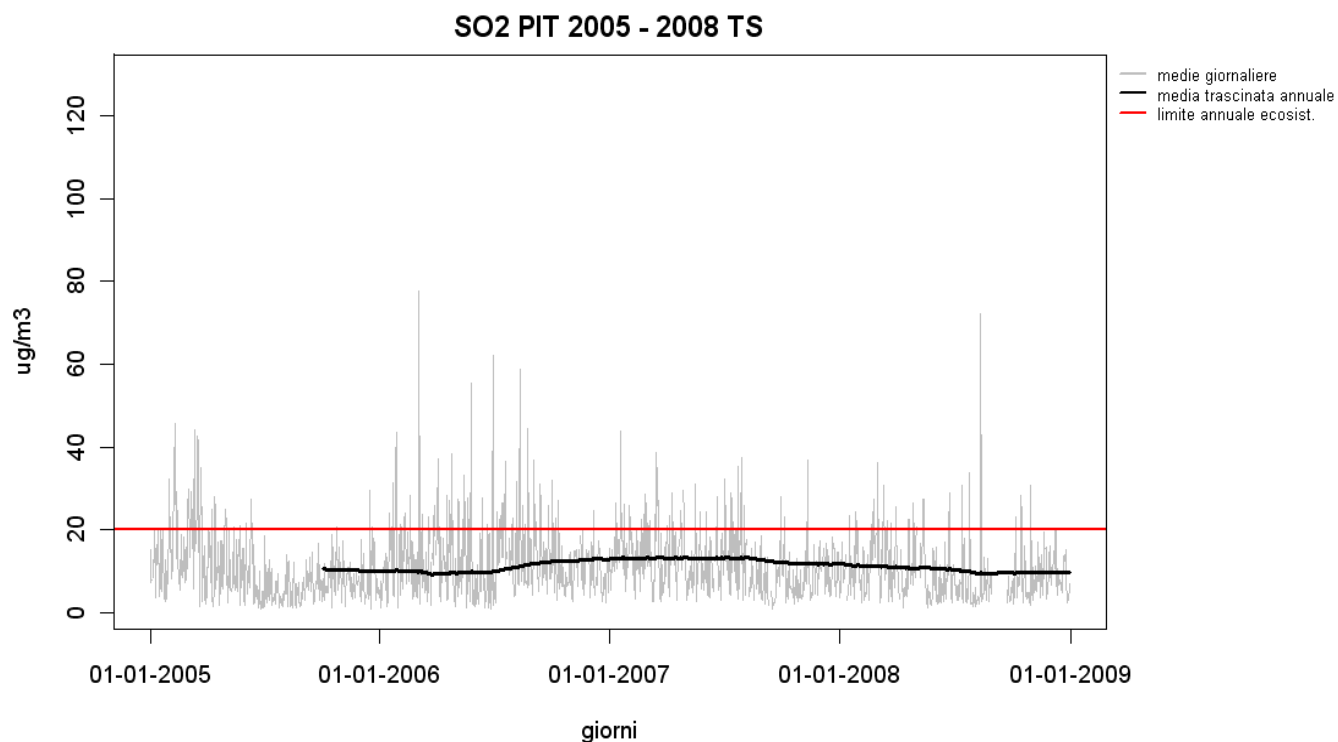


Figura 14 – Andamento delle medie trascinate annue nel periodo 2005-2008 nella stazione di via Pitacco.

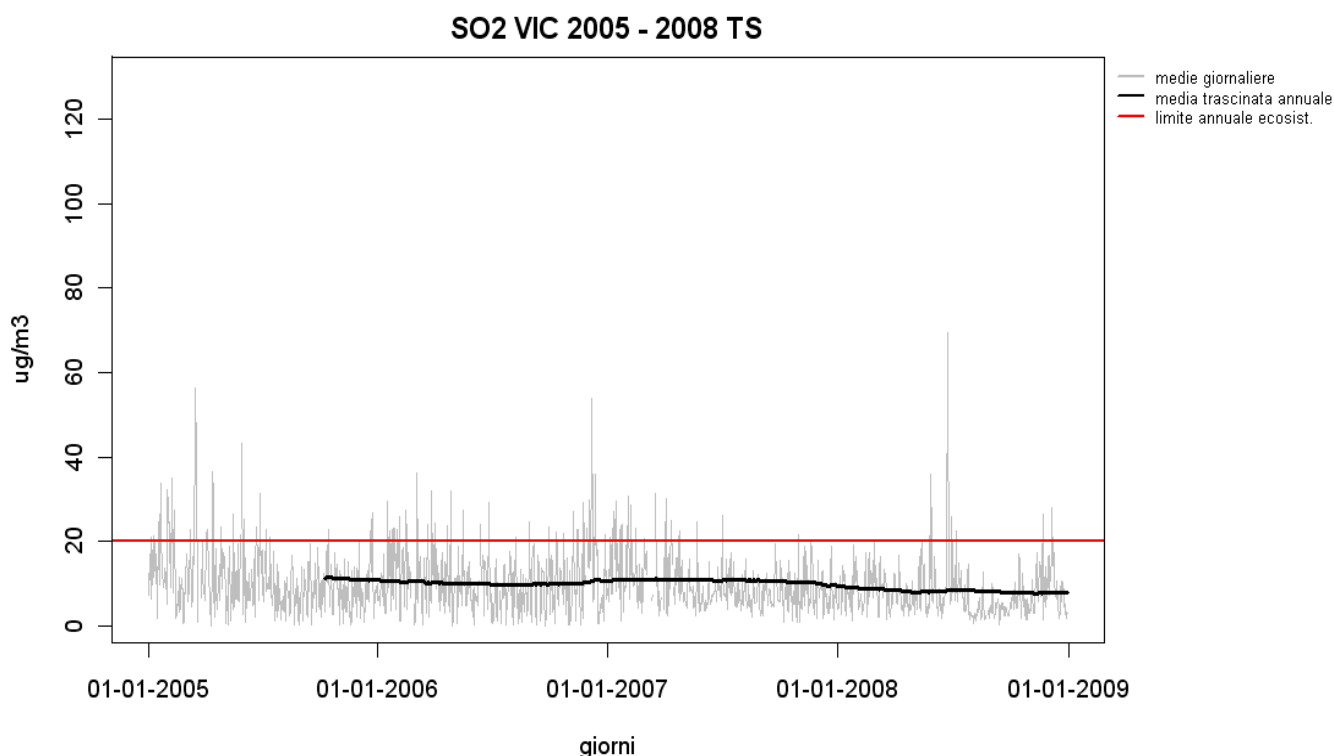


Figura 15 – Andamento delle medie trascinata annue nel periodo 2005-2008 nella stazione di piazza Vico.

3.10.4.2 Biossido di azoto (NO₂)

Caratteristiche chimico-fisiche [18, 20, 21]

Gli ossidi di azoto (monossido di azoto (NO) e biossido di azoto (NO₂)) sono fra le specie più importanti nella chimica della troposfera e vengono coinvolti in molteplici cicli di reazioni, in particolare nella formazione di particolato atmosferico (PM) e, come si vedrà nel capitolo dedicato, nella chimica dell'ozono troposferico.

Complessivamente, l'azoto reattivo presente in atmosfera è costituito, oltre che dai due ossidi (NO_x = NO + NO₂), da tutti i composti che derivano dalla loro ossidazione: fra essi, l'acido nitrico (HNO₃), l'acido nitroso (HNO₂), il radicale nitrato (NO₃), il pentossido di diazoto (N₂O₅), l'acido perossinitrico (HNO₄), il perossiacetilnitrato o PAN (CH₃C(O)OONO₂) ed i suoi omologhi, alchilnitrati (RONO₂) e perossialchilnitrati (ROONO₂).

L'acido nitrico è il maggiore prodotto dell'ossidazione degli NO_x in atmosfera. A causa della sua elevata solubilità, esso si deposita rapidamente su superfici e gocce d'acqua. In presenza di ammoniaca (NH₃), può formare nitrato d'ammonio (NH₄NO₃), in forma di aerosol. Il radicale nitrato (NO₃) è a sua volta un importante costituente nella chimica dell'atmosfera, in particolar modo durante le ore notturne.

La specie che, dal punto di vista della salute umana, riveste maggior interesse come inquinante dell'aria è il biossido di azoto (NO₂). Tale composto è un gas di odore pungente e soffocante, solubile in acqua, di colore rosso-bruno ed è un forte ossidante. In atmosfera è presente

in tracce: la sua formazione avviene solo in minima parte direttamente nei processi di combustione, essendo invece dovuta per lo più all'ossidazione dell'NO.

Sorgenti [18, 20, 21]

Su scala globale, le emissioni di biossido di azoto originate da sorgenti naturali, quali l'intrusione di ossidi di azoto dalla stratosfera, l'attività batterica e vulcanica ed i fulmini, superano notevolmente quelle generate da attività umane. Tuttavia, poiché le emissioni di origine naturale sono distribuite uniformemente sulla superficie terrestre, le concentrazioni atmosferiche di ossidi di azoto risultanti sono esigue. La principale fonte di emissione antropica di ossidi di azoto in atmosfera è costituita dall'utilizzo di combustibili fossili per il riscaldamento e la produzione di energia e dai veicoli a motore; in tali processi di combustione, è l'azoto molecolare atmosferico (N_2) ad essere ossidato ad monossido di azoto (NO). Nella maggior parte delle situazioni ambientali, il monossido di azoto emesso viene trasformato rapidamente in biossido di azoto in atmosfera. Ulteriori contributi alla concentrazione atmosferica di NO_2 provengono da specifici processi industriali non combustivi, quali la produzione di acido nitrico, l'uso di esplosivi e la saldatura. Tra le sorgenti in ambiente chiuso vi sono il fumo di tabacco e l'utilizzo di apparecchiature alimentate a gas e di stufe ad olio.

In una atmosfera urbana, in condizioni di traffico elevato e rilevante soleggiamento, si assiste ad un ciclo giornaliero di formazione di **inquinanti secondari**: il monossido di azoto viene ossidato tramite reazioni fotochimiche a biossido di azoto con formazione di una **miscela NO - NO_2** che raggiunge il picco di concentrazione nelle zone e nelle ore di traffico più intenso.

Effetti sulla salute e sull'ambiente [2, 20, 21]

Secondo la WHO, il biossido di azoto rappresenta un inquinante dell'aria con ruoli differenti, spesso non distinguibili. Infatti, studi tossicologici sperimentali, eseguiti sia sugli animali che sull'uomo, indicano che tale gas a concentrazioni superiori a $200 \mu g/m^3$, a brevi esposizioni, ha effetti tossici significativi. Pure, numerosi studi epidemiologici hanno utilizzato il biossido di azoto come marker della miscela di inquinanti dell'aria derivanti dal traffico o dal riscaldamento domestico. Inoltre, gran parte del biossido di azoto presente nell'atmosfera viene emesso come monossido, che viene rapidamente ossidato dall'ozono a biossido di azoto. Quest'ultimo, in presenza di idrocarburi e di irraggiamento ultravioletto, rappresenta la principale fonte nella troposfera di ozono e di nitrati, i quali, a loro volta, rappresentano un'importante frazione del $PM_{2.5}$.

Soggetti sensibili agli effetti tossici del biossido di azoto sono principalmente i bambini ed i soggetti asmatici. Studi epidemiologici indicano, in particolare, che tale inquinante incrementa l'incidenza di patologie respiratorie nei bambini di età compresa tra 5 e 15 anni. Considerando che le recidive di malattie respiratorie (anche indipendenti dal biossido di azoto) nei bambini si associano ad una maggiore incidenza di danni polmonari negli adulti, le patologie associate al NO_2 presentano ricadute sia immediate che a lungo termine.

Relativamente agli aspetti ambientali, gli ossidi di azoto intervengono nella formazione di piogge acide con conseguenti danni alla vegetazione a seguito di un impoverimento dei terreni di ioni calcio, magnesio, sodio e potassio e contemporanea liberazione di ioni metallici tossici per le piante.

Normativa

Il D.M. 22 aprile 2002 n.60 prevede per questo parametro:

- un **valore limite orario per la protezione della salute umana**, con periodo di mediazione di 1 ora, pari a $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, da non superare più di 18 volte per anno civile, con un margine di tolleranza del “50% del valore limite all’entrata in vigore della direttiva 99/30/CE (19/7/99). Tale valore è ridotto il 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% il 1° gennaio 2010” [D.M. 60/2002, All. II].
- un **valore limite annuale per la protezione della salute umana**, con periodo di mediazione pari all’anno civile, di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e con un margine di tolleranza del “50% del valore limite all’entrata in vigore della direttiva 99/30/CE (19/7/99). Tale valore è ridotto il 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% il 1° gennaio 2010” [D.M. 60/2002, All. II].
- un **valore limite annuale per la protezione della vegetazione**, con periodo di mediazione pari all’anno civile, di $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [D.M. 60/2002, All. II].
- una **soglia di allarme** di $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ “misurati su tre ore consecutive in un sito rappresentativo della qualità dell’aria di un’area di almeno 100 km^2 oppure in una intera zona o in un intero agglomerato, nel caso siano meno estesi” [D.M. 60/2002, All. II].

Riferimento normativo	Denominazione	Periodo di mediazione	Valore di riferimento/limite
D.M. 2 aprile 2002, n. 60	valore limite orario per la protezione della salute umana	media oraria da non superare più di 18 volte per l'anno civile	2005: $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 2006: $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 2007: $230 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 2008: $220 \mu\text{g}/\text{m}^3$
		media oraria da non superare più di 18 volte per l'anno civile	2010: $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$
	valore limite annuale per la protezione della salute umana	media annua	2005: $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 2006: $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 2007: $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 2008: $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$
		media annua	2010: $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$
	valore limite annuale per la protezione della vegetazione	media annua sull'anno civile	$30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Nox

Andamento delle concentrazioni di NO₂ nell'anno 2008.

Anche per questo parametro si è ritenuto opportuno, al fine di sintetizzare in maniera schematica l'imponente quantità di dati acquisiti nel corso dell'anno 2008 e consentire una valutazione qualitativa degli stessi, predisporre le due successive tabelle che riportano, riferito ai dodici mesi, rispettivamente il valore massimo orario nelle singole postazioni (tabella n. 4) ed i valori medio annuale (tabella n.5) espressi in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabella 4. Valori massimi orari di NO₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) rilevati nel corso dell'anno 2008 nelle singole postazioni e nei singoli mesi. Valore di riferimento 220 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

	01/08	02/08	03/08	04/08	05/08	06/08	07/08	08/08	09/08	10/08	11/08	12/08
Libertà	205	199	245	219	172	155	137	126	131	239	310	223
Vico	141	123	111	102	73	73	70	51	54	64	53	53
Carpineto	96	137	94	102	80	64	68	63	73	123	105	122
Pantaleone	136	133	n.d.	159	n.d.	72	96	96	77	77	56	200
Pitacco	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	96	76	83	82	n.d.	120	101	104
Svevo	n.d.	n.d.	n.d.	149	125	108	n.d.	n.d.	122	142	116	136
Muggia	n.d.	122	129	103	84	74	102	n.d.	n.d.	131	91	87
S.Sabba	93	131	94	n.d.	155	152	142	140	151	114	94	113

Tabella 5. Valore medio annuale di NO₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) rilevato nel corso dell'anno 2008 nelle singole postazioni. Valore di riferimento 44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

STAZIONI	Valore medio annuo $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Piazza Libertà	59
Piazza Vico	33
Via Carpineto	38
S. Pantaleone	48
Via Pitacco	n.d.
Via Svevo	n.d.
Muggia	32
S.Sabba	39

La valutazione dei risultati presentati nelle due tabelle sopra riportate consente di trarre le seguenti considerazioni:

- i valori massimi orari evidenziano che le concentrazioni più elevate si sono riscontrate nella stazione di piazza Libertà, in cui predomina risulta essere l'influenza del traffico urbano in quanto punto di passaggio di tutti gli autoveicoli che arrivano a Trieste provenendo dalla strada Costiera. Per quanto attiene al numero dei superamenti del valore della media oraria (che per l'anno 2008 risultava essere pari a $220 \mu\text{g} / \text{m}^3$ da non superarsi per più di 18 volte), si evidenzia che nell'anno passato si sono registrati 30 superamenti in piazza Libertà, 6 superamenti nella stazione di Monte San Pantaleone ed 1 superamento a Muggia;
- sulla base delle considerazioni sopra esposte, risultano logicamente consequenziali i valori presentati nella tabella 5 che riporta i valori medi annui di biossido di azoto rilevati nelle singole postazioni nell'anno 2008 e che avevano quale valore di riferimento $44 \mu\text{g} / \text{m}^3$. Tale concentrazione media annua è risultata ampiamente superata in Piazza Libertà raggiungendo un valore di $59 \mu\text{g} / \text{m}^3$ ma è stata superiore a tale valore di riferimento anche nella postazione di Monte San Pantaleone ove è stata registrata una concentrazione media annua pari a $48 \mu\text{g} / \text{m}^3$. Per quanta riguarda le altre tre postazioni urbane triestine oltre a Muggia, i valori sono compresi in un "range" sostanzialmente contenuto e compreso tra 32 e $39 \mu\text{g} / \text{m}^3$. A tal proposito si ritiene comunque opportuno far notare che il D.M. 60/2002 prevede una progressiva riduzione dei valori medi annui di concentrazione per raggiungere, il 1° gennaio 2010, il valore di $40 \mu\text{g} / \text{m}^3$.

Al fine di meglio valutare nel corso dell'anno 2008 l'andamento temporale delle concentrazioni in questo inquinante, sono state selezionate tre postazioni (piazza Libertà, Monte San Pantaleone e via Carpineto), che sia per i livelli di concentrazione registrati che per la diversa distribuzione territoriale, si ritengono rappresentative di apporti di diversa origine. Nelle tre successive figure vengono rappresentati, per le stesse, in rosso i valori medi giornalieri ed in colore nero i valori della media trascinata relativa all'anno 2008.

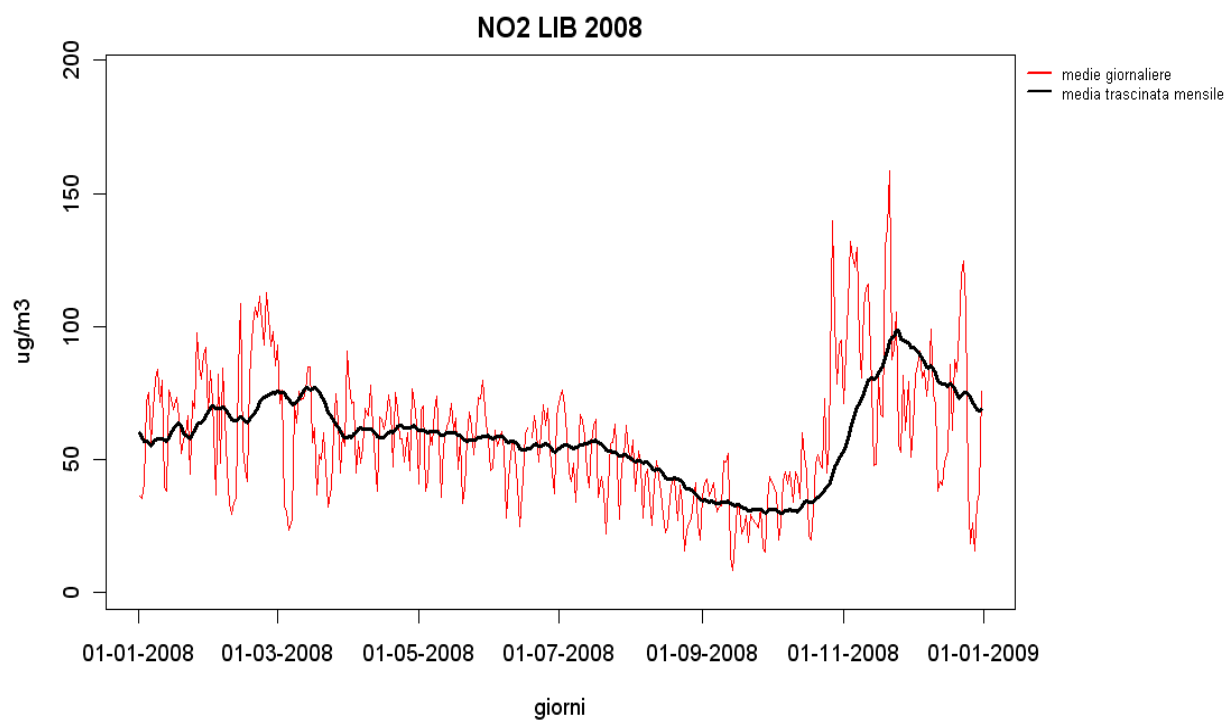


Figura 16 – Andamento delle medie trascinate mensili nel 2008 nella stazione di piazza Libertà.

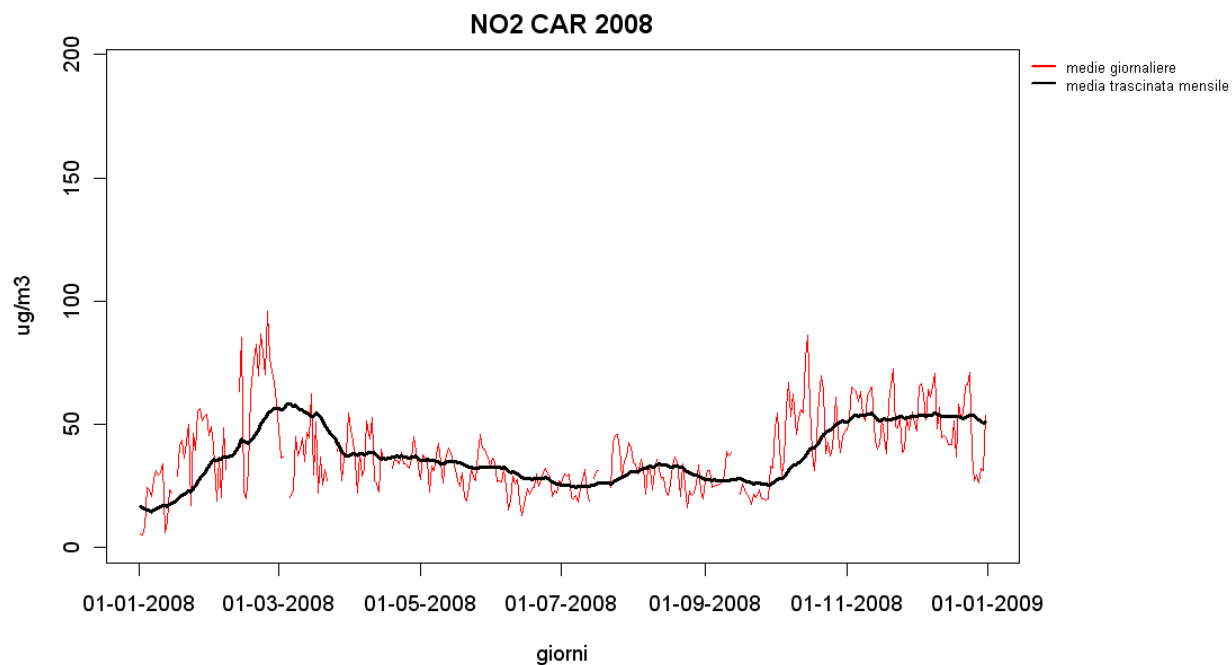


Figura 17 - Andamento delle medie trascinate mensili nel 2008 nella stazione di via Carpineto.

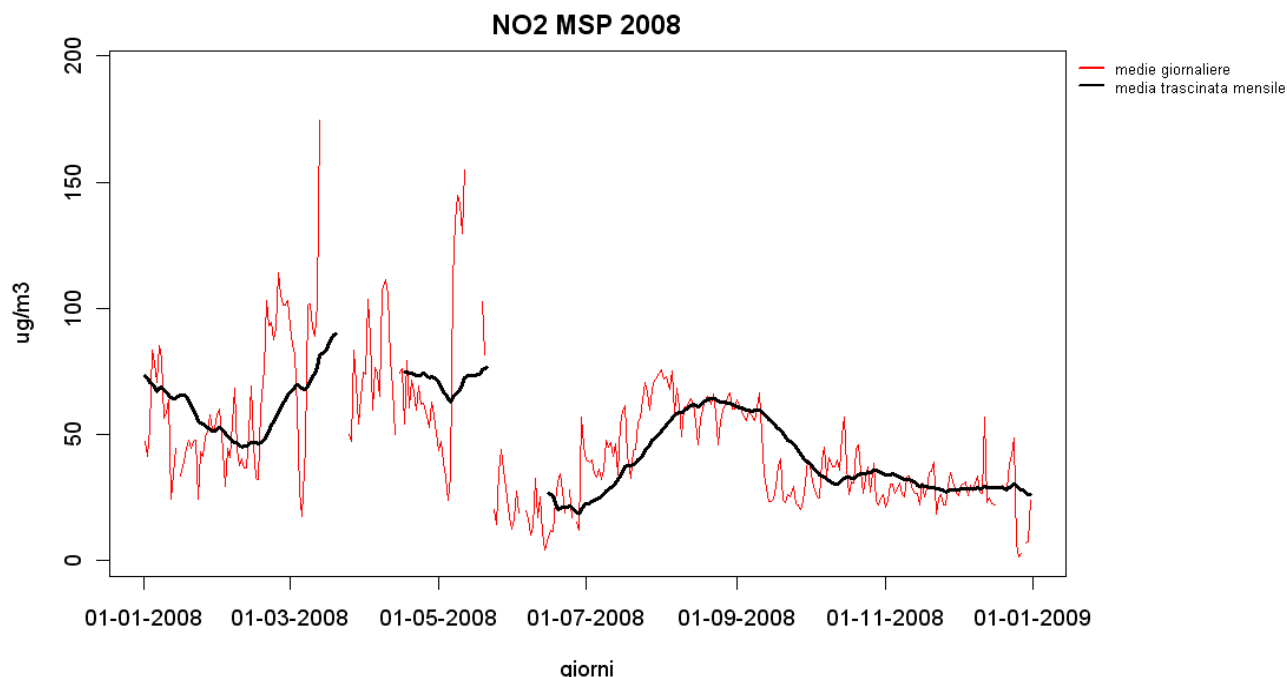


Figura 18 – Andamento delle medie trascinate mensili nel 2008 nella stazione di Monte San Pantaleone.

Dalla osservazione degli andamenti sopra presentati si possono individuare due situazioni sostanzialmente diverse. Una con andamenti comparabili in piazza Libertà e via Carpineto ove si può osservare una generale, progressiva diminuzione delle concentrazioni nel periodo primaverile ed estivo ed una tendenza all'aumento dei valori nel quarto trimestre, fenomeno questo verosimilmente attribuibile a condizioni meteo-climatiche particolari che non facilitano, noemalmente, la dispersione degli inquinanti in atmosfera.

Diverso e per certi versi opposto quanto si registra nella postazione di Monte San Pantaleone ove è possibile che le concentrazioni più significative, registrate nel periodo primaverile ed estive siano attribuibili ad apporti veicolati da particolari condizioni meteorologiche di natura eolica. Una possibile spiegazione al fenomeno potrebbe pertanto derivare dalla correlazioni dei dati di qualità dell'aria con i dati di direzione ed intensità del vento che verranno successivamente presentati.

Andamento delle concentrazioni di NO2 nel periodo 2005-2008.

Al fine di valutare se le concentrazioni riscontrate nel corso dell'anno 2008 possano risultare indicative di un trend in crescita o meno, nelle successive figure dalla n. 19 alla n. 21, vengono riportati, nelle stesse stazioni sopra esaminate, gli andamenti dei valori di NO2 nel periodo 2005 – 2008.

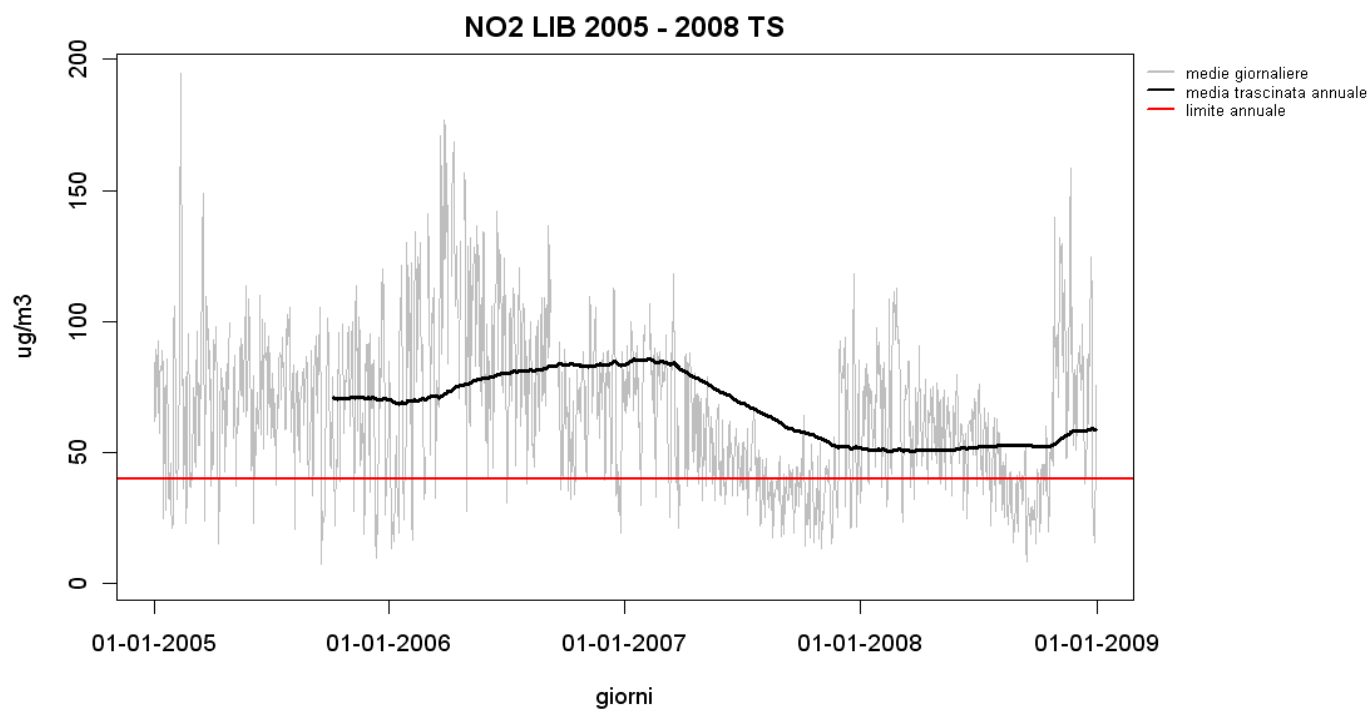


Figura 19 – Andamento delle medie trascinate annue nel periodo 2005-2008 nella stazione di piazza Libertà.

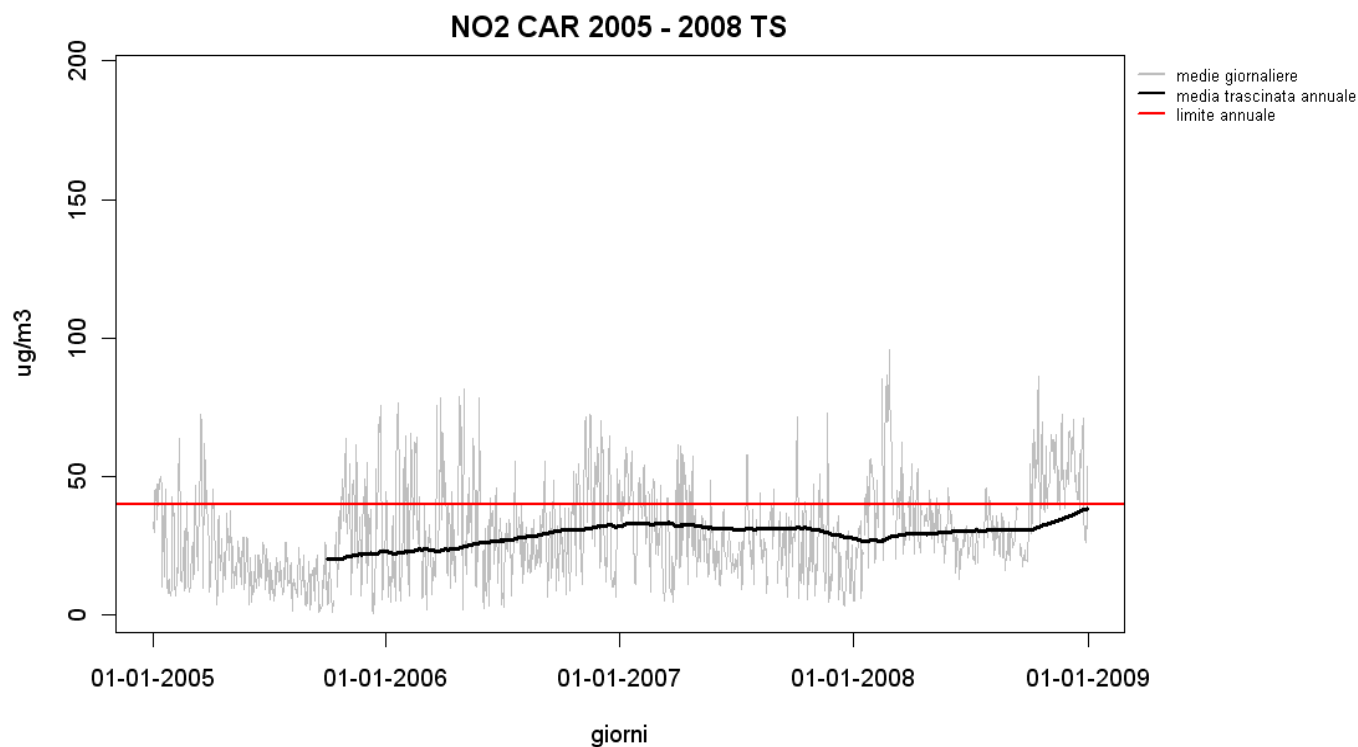


Figura 20 – Andamento delle medie trascinate annue nel periodo 2005-2007 nella stazione di via Carpineto.

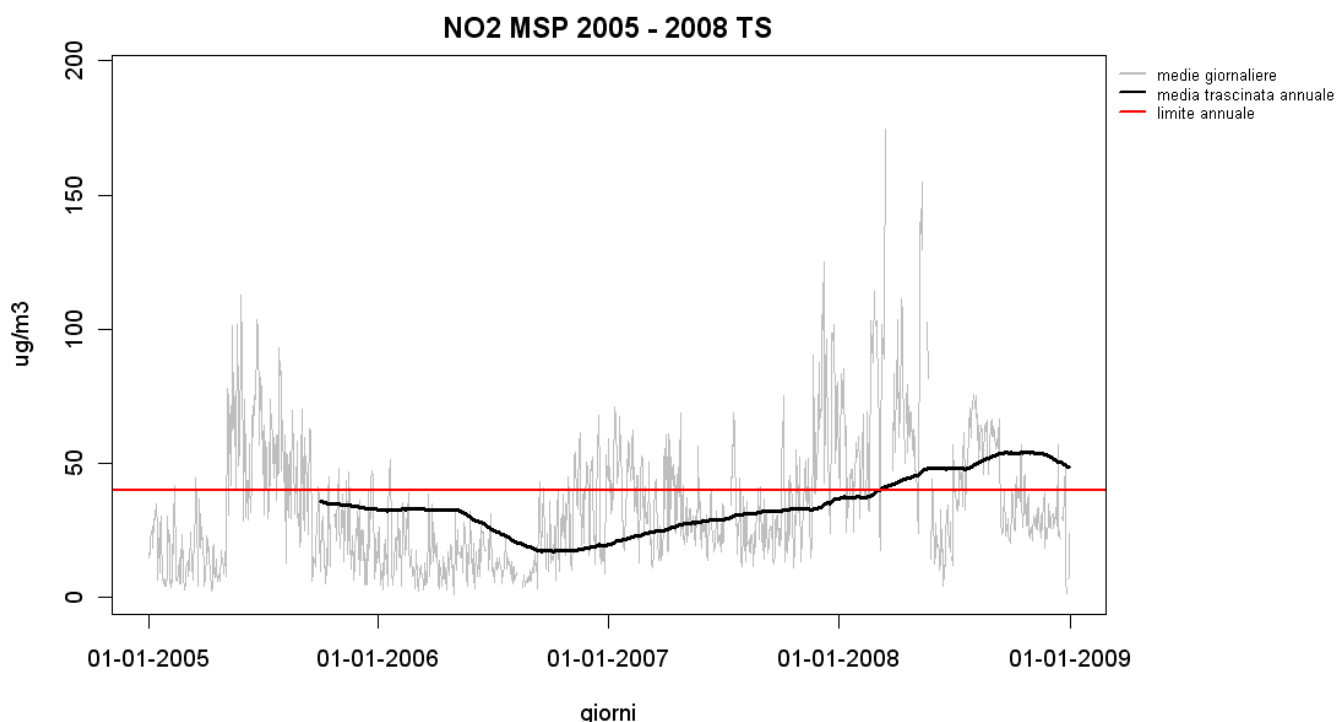


Figura 21 – Andamento delle medie trascinate annue nel periodo 2005-2008 nella stazione di Monte San Pantaleone.

Si possono fare le seguenti osservazioni:

- nelle stazioni di piazza Libertà e Monte San Pantaleone, si osserva un'ampia variabilità dei valori delle medie giornaliere, fenomeno questo molto meno evidente in via Carpineto in quanto è verosimile che le concentrazioni in tale zona siano attribuibili anche alle emissioni in atmosfera di questo composto da parte del vicino stabilimento siderurgico di Servola;
- vengono sostanzialmente confermati, nella stazione di Piazza Libertà, i livelli di concentrazione riscontrati nel corso dell'anno 2007 quando era stato registrato un sensibile decremento dei livelli ambientali del biossido d'azoto che aveva trovato possibile spiegazione in un progressivo miglioramento tecnologico sia del parco macchine privato che del sistema di trasporto pubblico. Tale trend ha subito un'apparente interruzione nel corso dell'ultimo periodo del 2008 ed il fenomeno merita una attenta valutazione dal momento che Piazza Libertà risulta essere la stazione sicuramente più critica per quanto riguarda le concentrazioni di questo gas.
- da seguire con attenzione infine l'andamento, per certi aspetti diverso, che si è registrato sul Monte San Pantaleone.

3.10.4.3 Monossido di carbonio (CO)

Caratteristiche chimico-fisiche [2, 6, 18, 20]

Il monossido di carbonio (CO) rappresenta uno degli inquinanti dell'aria più comuni ed estesamente distribuiti. E' un gas incolore, inodore ed insapore scarsamente solubile in acqua.

E' un inquinante primario ed a causa della sua lunga permanenza in atmosfera che può raggiungere i 30 – 90 giorni, viene anche utilizzato come tracciante dell'andamento temporale degli inquinanti primari al livello del suolo. Tuttavia, da recenti studi sull'andamento dei dati di inquinamento in Europa e in Italia, emerge che il monossido di carbonio nell'aria ambiente, così come altre specie quali il biossido di zolfo ed il piombo, non debbano più essere considerati problemi rilevanti.

Sorgenti [18, 20]

Le emissioni antropiche di CO derivano principalmente dalla combustione incompleta di materiali contenenti carbonio. Gran parte di tali emissioni viene prodotta dai veicoli alimentati a benzina: altre fonti comuni comprendono vari processi industriali, impianti per la produzione di energia alimentati a carbone, inceneritori di rifiuti, la combustione di biomasse.

Circa il 40% della produzione di CO deriva da processi naturali; le principali fonti sono i processi di ossidazione di composti organici in atmosfera (di metano, isoprene, terpeni, idrocarburi non metanici).

I meccanismi di rimozione comprendono la reazione con il radicale OH e la deposizione sulla superficie. Negli ambienti chiusi, emissioni significative di CO sono prodotte da stufe alimentate ad olio, gas o kerosene, i fornelli a gas ed alcuni altri dispositivi a combustione, nonché dal fumo di tabacco.

Effetti sulla salute e sull'ambiente [20]

Sebbene modeste quantità di CO abbiano origine endogena, nell'organismo umano il monossido di carbonio inalato dai polmoni si diffonde attraverso le membrane alveolari e capillari; si lega rapidamente all'emoglobina, formando carbossiemoglobina e riducendo la capacità di trasporto dell'ossigeno del sangue. Il CO è anche in grado di attraversare rapidamente le membrane placentari e si lega reversibilmente alle proteine dotate di un gruppo eme. L'esposizione a CO in ambienti chiusi costituisce tuttora una delle principali cause di avvelenamento sia accidentale che intenzionale e determina annualmente numerose morti sia in Europa che negli USA. Tra gli organi e tessuti più colpiti sono il cervello, il sistema cardiovascolare, la muscolatura scheletrica durante l'attività fisica ed il feto in fase di sviluppo. Tra gli effetti psico-motori immediati si riscontrano cefalea e vertigini; successivamente, anche a distanza di tempo, perdita di coordinamento, difficoltà nella guida, diminuzione dell'acuità visiva, della vigilanza e delle capacità cognitive.

Recenti studi epidemiologici hanno, infine, dimostrato l'associazione causale tra aumento delle concentrazioni di CO ed incremento della mortalità giornaliera totale, di quella specifica per malattie cardiovascolari e respiratorie a breve termine.

Normativa.

Ai sensi della normativa vigente (D.M. 2 aprile 2002 n.60) il valore limite previsto per questo parametro è:

- **un valore limite per la protezione della salute umana**, con un periodo di mediazione pari alla media massima giornaliera su 8 ore, di 10 mg/m^3 , con un margine di tolleranza di 6 mg/m^3 all'entrata in vigore della direttiva 2000/69 (13/12/2000). Tale valore è ridotto il 1° gennaio 2003, e successivamente ogni 12 mesi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% al 1° gennaio 2005 [D.M. 60/2002, All. VI].

Riferimento normativo	Denominazione	Periodo di mediazione	Valore di riferimento/limite
D.M. 2 aprile 2002, n.60	valore limite per la protezione della salute umana	media massima giornaliera su 8 ore	2004: 12 mg/m^3 dal 2005: 10 mg/m^3

Andamento delle concentrazioni di CO nell'anno 2008.

Al fine di sintetizzare in maniera schematica l'imponente quantità di dati acquisiti nel corso dell'anno 2007, viene sintetizzato, nella successiva tabella n. 6 il valore massimo giornaliero della concentrazione media trascinata sulle 8 ore, sempre espressa in mg/m^3 che è stato acquisito nelle singole stazioni di rilevamento.

Si è ritenuto, in tal modo, di consentire una più semplice ed immediata lettura e comprensione della situazione, senza compromettere la rappresentatività dell'informazione acquisita.

Tabella 6. Valori massimi della media trascinata sulle 8 ore di CO (mg/m^3) rilevati nel corso dell'anno 2008 nelle singole postazioni e nei dodici mesi. Valore di riferimento 10 mg/m^3 .

	01/08	02/08	03/08	04/08	05/08	06/08	07/08	08/08	09/08	10/08	11/08	12/08
Libertà	2	2	2	2	1	1	1	1	1	2	2	2
Vico	4	4	2	2	2	2	6	2	2	3	n.d.	n.d.
Carpineto	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	n.d.	n.d.
Pantaleone	5	3	4	3	2	3	6.	2	2	2	2	2
Pitacco	3	3	4	3	2.	2	2	3	n.d.	4	3	3
Svevo	n.d.	2	1	2	1	1	1	n.d.	3	2	2	2
Muggia	n.d.	2	2	2	1	1	1	n.d.	n.d.	1	1	1
S.Sabba	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	n.d.

Dall'osservazione emerge una situazione del tutto tranquillizzante con valori di media trascinata sulle 8 ore non solamente non superati, ma ampiamente distanti dal valore di riferimento di 10 mg/m^3 .

3.10.4.4 Materiale particolato (PM₁₀ e PM_{2.5})

Caratteristiche chimico-fisiche [18, 19, 20, 21, 22]

Il materiale particolato aereo è costituito da una miscela complessa di sostanze, sia organiche che inorganiche, di origine naturale o antropica.

Una particella, in questo contesto, consiste di una unità singola e continua, liquida o solida, contenente molte molecole, tenute assieme da forze intermolecolari, di dimensioni maggiori di quelle molecolari (>0.001 micron).

Nel corso degli anni si sono affermati svariati termini, per riferirsi a tali entità o alle loro manifestazioni visibili: smog (contrazione di *smoke*–fumo e *fog*–nebbia), aerosol, polveri sospese, particolato atmosferico, etc.

Alcuni dei termini in uso portano con sé la specificazione delle dimensioni caratteristiche delle polveri cui ci si riferisce. La taglia delle particelle, assieme alla loro composizione, è infatti di particolare rilievo nella determinazione degli effetti sulla salute e nella conseguente definizione dei limiti di esposizione per l'uomo.

In alcuni casi si classificano le particelle in base alla sede di deposizione nel tratto respiratorio. In particolare, la UNI EN 481, riferendosi all'atmosfera negli ambienti di lavoro, definisce delle specifiche frazioni granulometriche per la misurazione delle particelle aerodisperse. La "frazione inalabile" è definita come la frazione di particelle che può essere inalata da naso e bocca (sono particelle con un diametro aerodinamico < 100 µm), la "frazione toracica" è la frazione di particelle che oltrepassano la laringe (sono particelle con diametro aerodinamico medio di 11,5 µm e deviazione geometrica standard (GSD) di 1,5 µm) ed infine la "frazione respirabile" è la frazione di particelle che raggiunge gli alveoli (con diametro medio di 4,25 µm e una GSD di 1,5 µm). È stato inoltre dimostrato che il 50% circa delle particelle in aria con un diametro aerodinamico di 10 µm appartiene alla frazione toracica e che il 50% delle particelle con un diametro aerodinamico di 4 µm appartiene alla frazione respirabile.

Altrove si fa un riferimento più *quantitativo* alle loro proprietà aerodinamiche, che ne regolano il trasporto e la rimozione dall'aria e la eventuale deposizione nel sistema respiratorio.

Tali proprietà sono ben rappresentate dal *diametro aerodinamico equivalente* di una particella, definito come *il diametro della particella sferica di densità unitaria avente la stessa velocità di deposizione*. Questa grandezza, espressa in micrometri (o micron), pur essendo fortemente legata alle effettive dimensioni caratteristiche delle particelle, viene a dipendere anche dalla loro forma e densità.

Le dimensioni delle particelle sospese nell'atmosfera variano entro un intervallo di 4 ordini di grandezza, da pochi nanometri (1nm = 10⁻⁹ m) a decine di micrometri (1µm = 10⁻⁶ m).

Il termine PM_x indica le particelle con diametro aerodinamico inferiore a x micron, qualunque sia il valore di x mentre quando ci si riferisce al Particolato Totale Sospeso viene utilizzato l'acronimo P.T.S..

Il materiale particolato, come già accennato al paragrafo 3.2, può avere caratteristiche sia di inquinante primario che secondario.

In particolare, le particelle più grandi (la frazione grossolana) sono costituite da polveri sospese dal vento provenienti da attività agricole, terreni scoperti, strade non asfaltate o miniere. In prossimità delle coste, pure l'evaporazione degli spruzzi marini può dare origine alle particelle di diametro maggiore. Inoltre, granuli pollinici, spore e frammenti di piante ed insetti rientrano nell'ordine di grandezza maggiore. La quantità di energia necessaria a spezzare tali particelle in parti più piccole aumenta con il diminuire delle dimensioni, determinando il limite inferiore per la produzione del particolato. Per contro, le polveri di dimensioni minori, denominate frazione fine

(*fine mode*, particelle fini), sono in gran parte formate a partire da composti gassosi e pertanto rientrano nella categoria degli inquinanti secondari. In particolare, il materiale di diametro aerodinamico inferiore a $0.1\ \mu\text{m}$ origina dal processo di nucleazione, ovvero dalla condensazione di sostanze a bassa tensione di vapore formatesi da fenomeni di vaporizzazione ad alte temperature, o da reazioni chimiche in atmosfera determinanti la formazione di nuove particelle (nuclei). Le particelle formatesi in tali processi di nucleazione aumentano di dimensione mediante un processo - detto di coagulazione - che consiste nella combinazione di due o più particelle a formare strutture di dimensioni maggiori, o mediante condensazione di molecole di gas o vapore sulla superficie di particelle preesistenti. Il processo di coagulazione risulta più efficiente quando le particelle sono molto numerose, quello di condensazione con particelle di superficie maggiore. Pertanto, l'efficienza sia della coagulazione che della condensazione diminuisce con l'aumentare del volume delle particelle, e ciò costituisce il fattore limite per le dimensioni massime delle particelle stesse, che, attraverso tali processi, non superano il diametro aerodinamico di circa $1\ \mu\text{m}$.

Le dimensioni delle particelle ne determinano anche la permanenza nell'atmosfera; mentre processi di sedimentazione e precipitazione rimuovono il PM_{10} dall'aria entro alcune ore dall'emissione, il $\text{PM}_{2.5}$ può permanere per giorni o anche settimane, mentre la frazione di diametro pari a 1 micron (PM_1) può rimanere in circolazione per circa 1 mese. Di conseguenza, le polveri fini possono essere trasportate anche per grandi distanze.

Sorgenti [18, 19, 20, 21, 22]

I principali componenti del materiale particolato sono solfati, nitrati, ione ammonio, cloruro di sodio, carbonio, polvere minerale ed acqua; sono presenti anche composti ad elevata tossicità quali idrocarburi policiclici aromatici e metalli pesanti.

Le particelle si possono classificare come primarie o secondarie, in funzione del processo di formazione. Le particelle primarie vengono emesse direttamente in atmosfera, da processi sia naturali (processi di erosione e biologici) che antropici, quali la combustione nei veicoli a motore (sia benzina che diesel), il consumo di combustibili solidi (carbone, lignite e biomassa), il riscaldamento domestico, attività industriali (edilizia, attività minerarie, produzione di cemento, ceramica e laterizi, fonderie), erosione del manto stradale, consumo di freni e pneumatici. La frazione carboniosa del particolato atmosferico è composta da carbonio elementare (EC) e da carbonio organico (OC). Il carbonio elementare è emesso direttamente in atmosfera prevalentemente dai processi di combustione. Il carbonio organico può avere sia origine primaria che secondaria in seguito alla condensazione di prodotti poco volatili del processo di foto-ossidazione degli idrocarburi. La componente secondaria degli OC è una frazione notevole degli OC totali ed ha un peso almeno paragonabile alla componente primaria.

Le particelle secondarie si formano nell'aria, da reazioni chimiche di inquinanti allo stato gassoso, quali ossidi di azoto (provenienti soprattutto dal traffico ed alcuni processi industriali, come descritto nel capitolo dedicato), ed anidride solforosa (derivante dall'utilizzo di combustibili contenenti zolfo). Le particelle secondarie si riscontrano principalmente nella frazione fine (diametro inferiore a $2.5\ \mu\text{m}$) del particolato, in grado di penetrare nei polmoni e raggiungere gli alveoli.

Effetti sulla salute e sull'ambiente [19, 20, 21]

Sin dalla pubblicazione dei risultati di una meta-analisi degli studi sugli effetti a breve termine degli inquinanti atmosferici (MISA-2), rilevati nel periodo 1996-2002 in 15 città italiane, compresa Trieste, era emerso il ruolo statisticamente significativo degli inquinanti atmosferici, ed in particolare delle polveri fini, sull'insorgenza di patologie cardiovascolari e respiratorie.

Più recentemente, nel 2006, l'Agenzia italiana per la Protezione dell'Ambiente e Servizi Tecnici (APAT) ha commissionato all'Ufficio Europeo della W.H.O. l'aggiornamento di uno Studio di impatto sulla salute del PM₁₀ e dell'ozono nelle 13 città italiane, tra cui Trieste, con più di 200.000 abitanti. Da tale studio è emerso che nel periodo 2002-2004, in media 8220 morti all'anno (corrispondenti al 9% dei decessi totali, escluse le morti negli incidenti, nella popolazione di età superiore a 30 anni) erano da attribuire a concentrazioni medie annue di PM₁₀ superiori a 20 µg/m³. Tra le cause di morte sono compresi effetti a lungo termine, quali tumori ai polmoni, infarti ed ictus cerebrali, e patologie acute, a livello sia cardiovascolare che respiratorio.

All'inquinamento da PM₁₀, inoltre, sono da attribuire anche l'aumento nell'incidenza di patologie respiratorie, quali bronchiti ed asma, sia negli adulti che in soggetti di età pediatrica. Infine, numerosi studi epidemiologici hanno evidenziato effetti negativi sulla riproduzione.

In sintesi, quanto minori sono le dimensioni delle particelle, tanto maggiore è la loro capacità di penetrare nei polmoni e di produrre effetti dannosi sulla salute umana.

Il possibile danno per l'organismo umano può derivare sia dalla tipologia propria della particella di per sé tossica oppure, più frequentemente, a seguito di sostanze su di essa depositatesi: in altre parole il particolato sospeso risulta, di fatto, il tramite che consente la penetrazione, nell'apparato respiratorio dell'uomo, di sostanze potenzialmente nocive.

Normativa.

Il D.M. 60/2002 ha fissato i seguenti limiti per il PM₁₀:

- un **valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana**, con periodo di mediazione di 24 ore, pari a 50 µg/m³ da non superare più di 35 volte per anno civile, con un margine di tolleranza di "50% del valore limite, pari a 25 µg/m³, all'entrata in vigore della direttiva 99/30/CE (19/7/99). Tale valore è ridotto il 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% il 1° gennaio 2005" [D.M. 60/2002, All. III].
- un **valore limite annuale per la protezione della salute umana** con periodo di mediazione pari all'anno civile, di 40 µg/m³, con un margine di tolleranza di "20% del valore limite, pari a 8 µg/m³, all'entrata in vigore della direttiva 99/30/CE (19/7/99). Tale valore è ridotto il 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% il 1° gennaio 2005" [D.M. 60/2002, All. III].

Riferimento normativo	Denominazione	Periodo di mediazione	Valore di riferimento/limite
D.M. 2 aprile 2002, n.60	valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana	media giornaliera da non superare più di 35 volte per anno civile	2004: 55 µg/m ³ dal 2005:50 µg/m ³
	valore limite annuale per la protezione della salute umana	media annuale	2004: 41.6 µg/m ³ dal 2005:40 µg/m ³

Il Parlamento europeo ha adottato definitivamente la direttiva volta a evitare, prevenire o ridurre le emissioni di inquinanti atmosferici nocivi e a definire adeguati obiettivi per la qualità dell'aria ambiente.

Il testo approvato, non ancora pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale, è identificato dalla sigla P6_TA(2007)0596. In essa vengono confermati gli attuali valori limite per il PM10 e, per la prima volta, sono stabiliti valore obiettivo e valore limite per le polveri sottili (PM2,5).

In sintesi, per il PM2,5 sono previsti i seguenti limiti:

Periodo di mediazione	Valore obiettivo	Margine di tolleranza	Data entro la quale deve essere raggiunto il valore obiettivo
anno civile	25 µg/m ³		1° gennaio 2010

Periodo di mediazione	Valore limite	Margine di tolleranza	Data entro la quale deve essere raggiunto il valore limite
FASE 1			
anno civile	25 µg/m ³	20% all'entrata in vigore della direttiva, con riduzione il 1° gennaio successivo e successivamente ogni 12 mesi secondo una percentuale annua costante fino a raggiungere lo 0% entro il 1° gennaio 2015	1° gennaio 2015
FASE 2 (*)			
anno civile	20 µg/m ³		1° gennaio 2020

(*) Fase 2 – “Valore limite indicativo che la Commissione deve verificare nel 2013, alla luce di ulteriori informazioni in materia di conseguenze sulla salute e sull'ambiente, fattibilità tecnica ed esperienza del valore obiettivo negli Stati membri”.

Per il PM10 sono invece confermati i limiti:

Periodo di mediazione	Valore limite	Margine di superamento	Data entro la quale deve essere raggiunto il valore limite
1 giorno	50 µg/m ³ da non superare più di 35 volte per anno civile	50%	già in vigore dal 1° gennaio 2005
anno civile	40 µg/m ³	20%	già in vigore dal 1° gennaio 2005

Andamento delle concentrazioni di PM10 nell'anno 2008.

Gli valori medi annui delle concentrazioni di PM10 ed il numero di superamenti delle stesse registrati nel corso dell'anno 2008 nelle singole postazioni e rapportati alla vigente normativa sopra riportata, sono indicati nelle successive tabelle n. 7 e n.8.

Tabella 7. Valore medio annuo di PM 10 registrato nel corso dell'anno 2008 nelle singole postazioni. Valore di riferimento 40 µg /m³.

Stazioni	Valore medio annuale µg /m ³
Piazza Libertà	25
Tor Bandena	21
Via Carpineto	28
Via Pitacco	26
Via Svevo	29
Muggia	22

Tabella 8. Numero dei superamenti giornalieri registrati per PM₁₀ nel corso dell'anno 2007 nelle singole postazioni. Valore giornaliero di riferimento 50 µg /m³ da non superarsi più di 35 volte.

Stazioni	Numero superamenti
Piazza Libertà	20
Tor Bandena	14
Via Carpineto	30
Via Pitacco	20
Via Svevo	29
Muggia	20

L'osservazione delle stesse consente di affermare che per quanto riguarda il valore medio annuale, questo viene rispettato in tutte le postazioni considerate, con valori compresi tra 21 e 29 µg /m³, a fronte di un valore di riferimento previsto pari a 40 µg /m³.

Nel corso dell'anno 2008 inoltre è risultato essere stato rispettato anche il numero di superamenti del valore giornaliero di riferimento di 50 µg /m³, che non deve risultare superiore al numero di 35 nell'anno solare. Il numero massimo di superamenti è stato registrato in via Carpineto con 30 mentre la situazione migliore si è registrata in via Tor Bandena.

L'andamento temporale delle concentrazioni di questo parametro nell'anno 2008 viene ben sintetizzato nelle successive figure dalla n. 22 alla n. 27 nelle quali vengono riportati gli andamenti delle medie giornaliere (in colore rosso) e delle medie trascinate mensili (in colore nero). Molto interessante l'osservazione che in tutte le sei stazioni esaminate gli andamenti risultano sostanzialmente sovrapponibili con un picco di concentrazione che si evidenzia, al termine del periodo invernale, ubiquitariamente in tutta l'area esaminata e che può ritenersi verosimilmente attribuibile alla presenza di particolari condizioni meteorologiche. Tale simile osservazione testimonia della sostanziale uniformità della distribuzione del materiale particolato in oggetto in tutta l'area triestina.

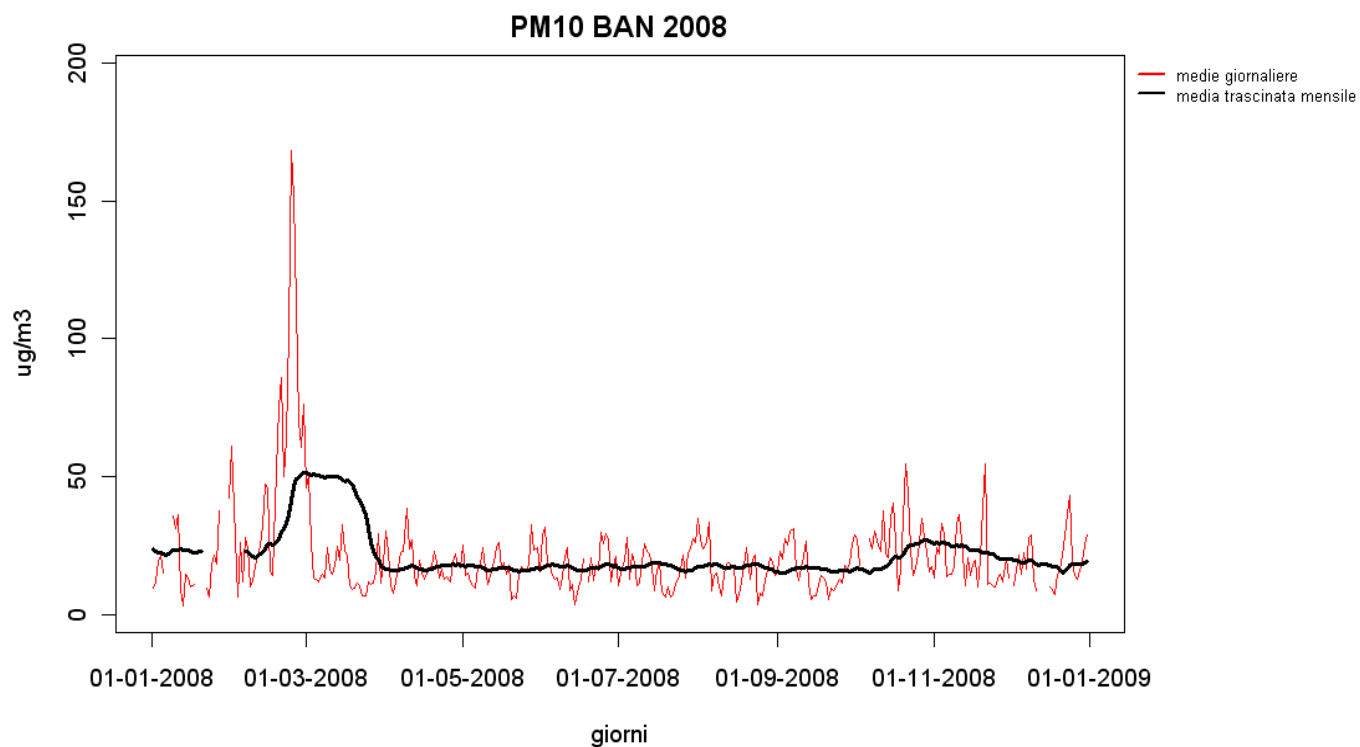


Figura 22 - Andamento delle medie trascinata mensili nell'anno 2008 nella stazione di via Tor Bandena.

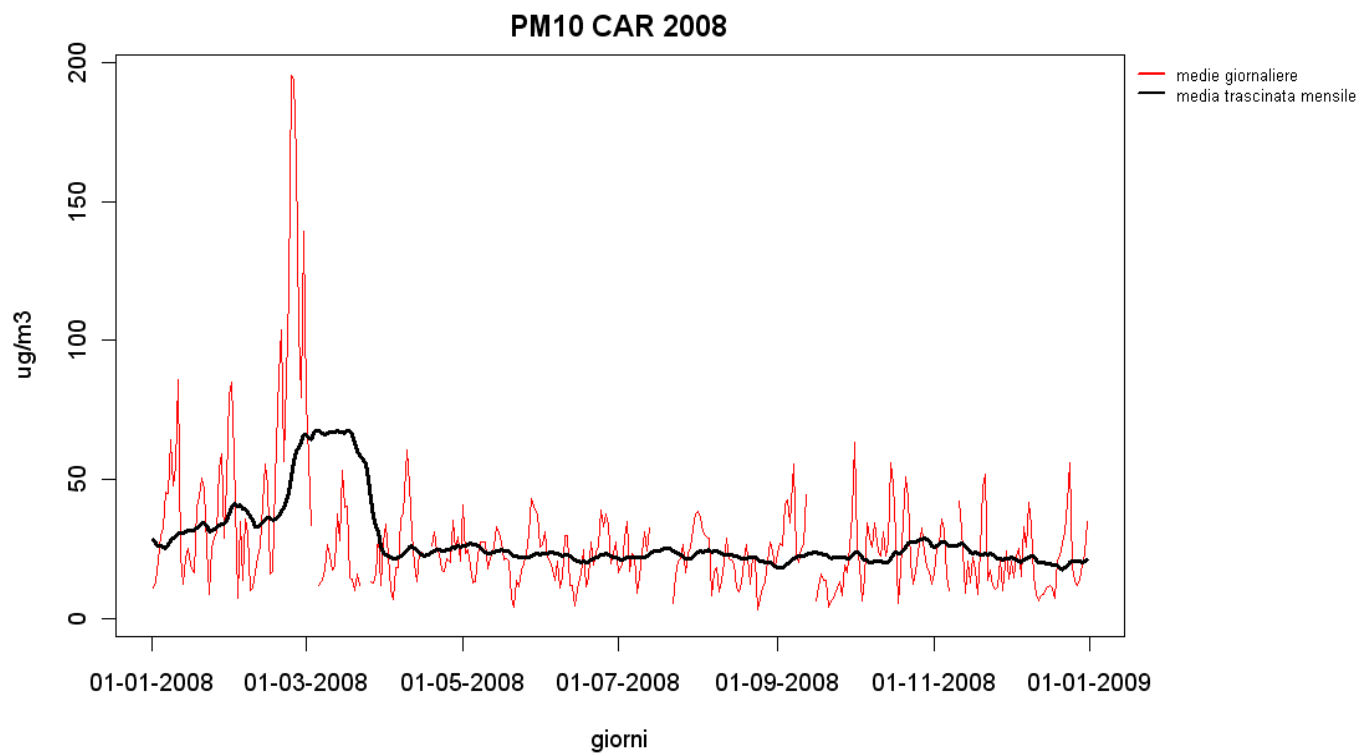


Figura 23 – Andamento delle medie trascinata mensili nell'anno 2008 nella stazione di via Carpineto.

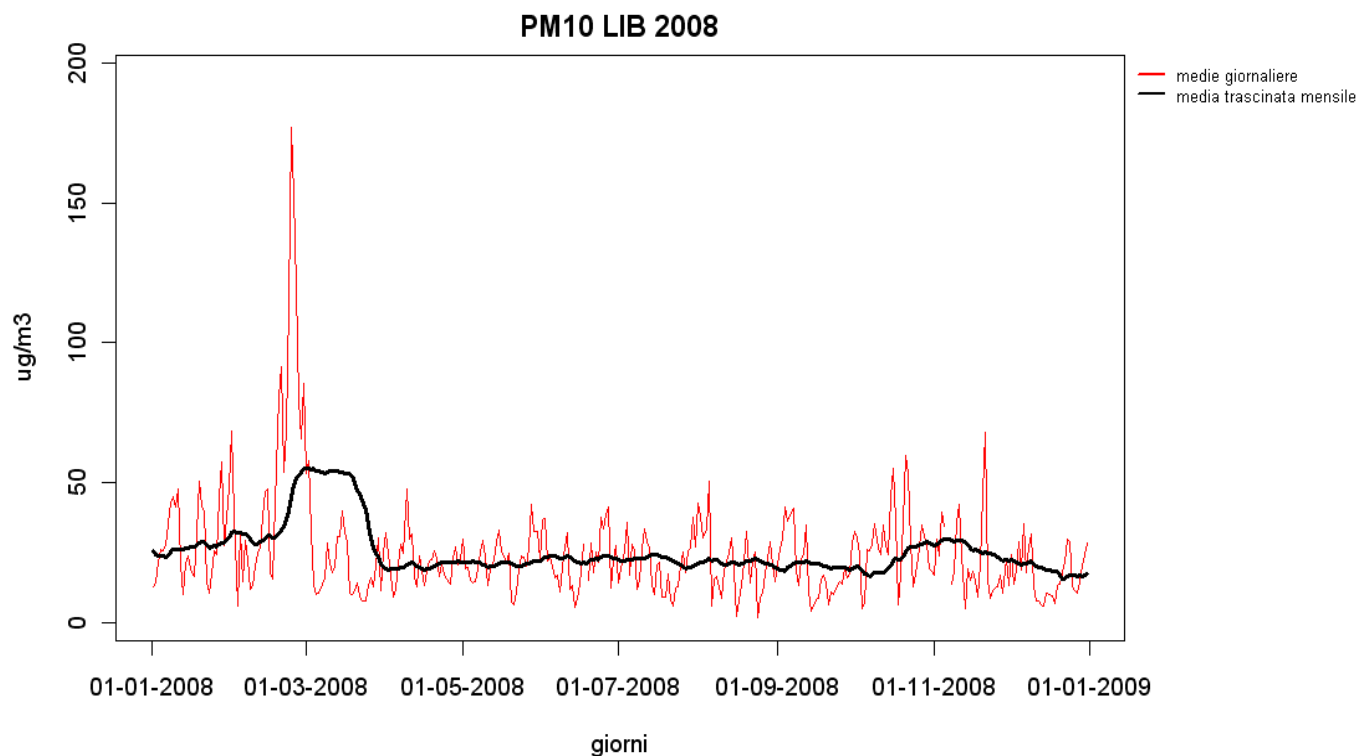


Figura 24 - Andamento delle medie trascinata mensili nell'anno 2008 nella stazione di piazza Libertà.

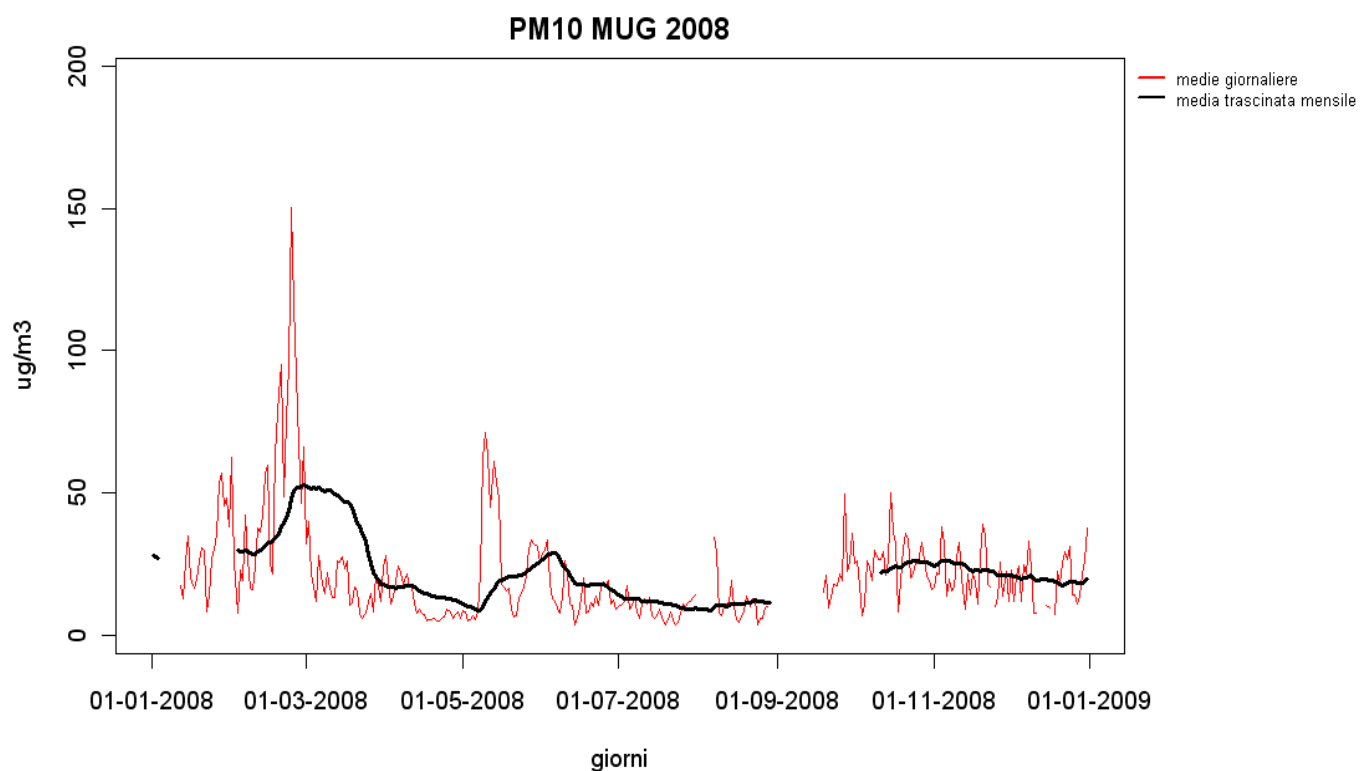


Figura 25- Andamento delle medie trascinata mensili nell'anno 2008 nella stazione di Muggia.

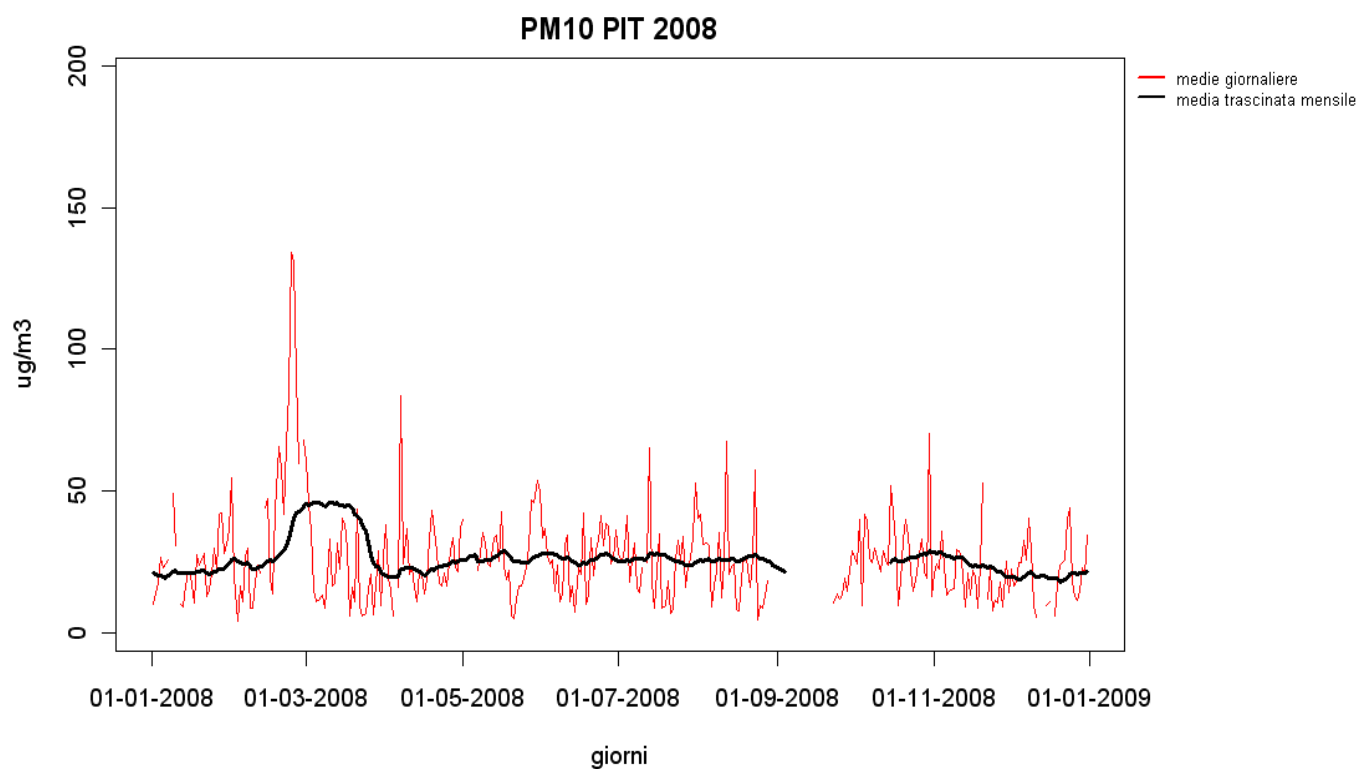


Figura 26 - Andamento delle medie trascinata mensili nell'anno 2008 nella stazione di via Pitacco.

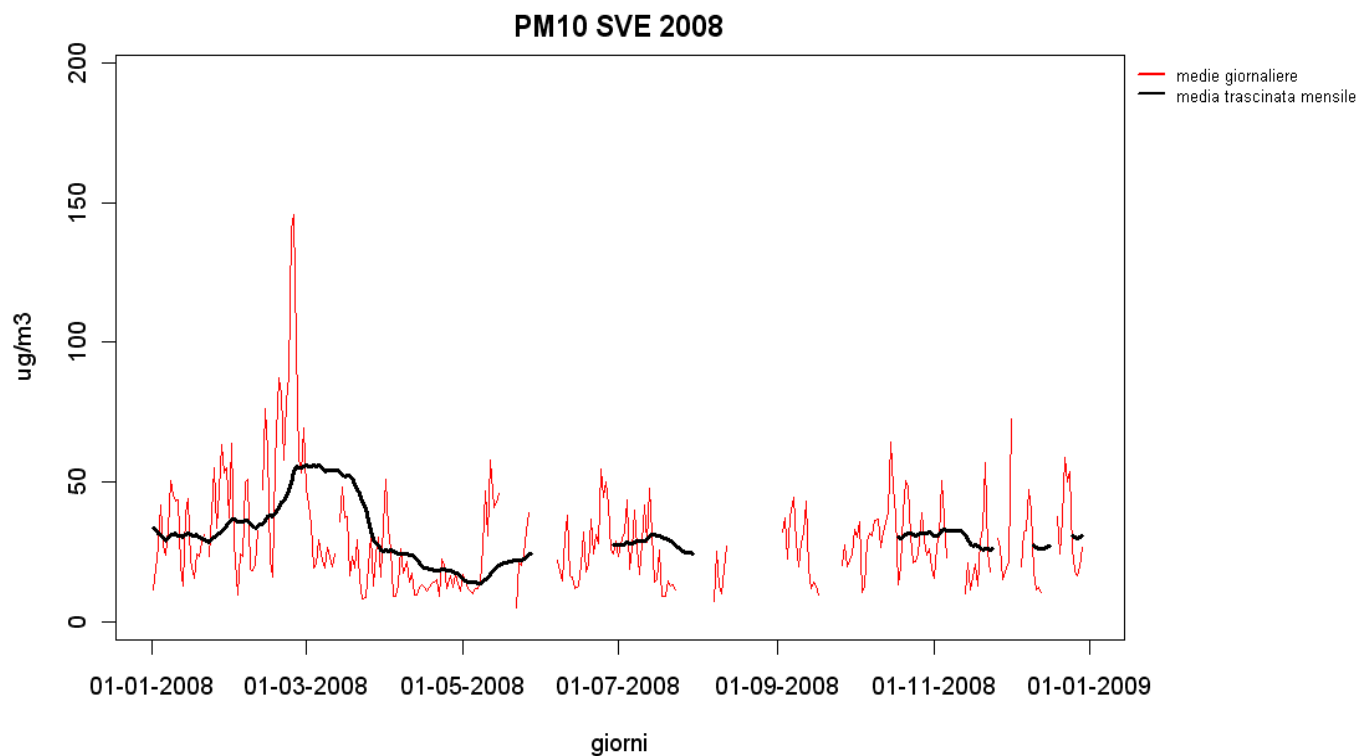


Figura 27 – Andamento delle medie trascinata mensili nell'anno 2008 nella stazione di via Svevo.

Andamento delle concentrazioni di PM10 nel periodo 2005-2008.

Che tutta l'area della Provincia e della città di Trieste possa risultare ubiquitariamente interessata dalla distribuzione territoriale della frazione PM10 del materiale particolato trova una ulteriore conferma dalla osservazione delle successive sei figure (dalla n. 28 alla n. 33) che rappresentano i valori della media trascinata annuale (linea nera) rapportati al valore limite annuale di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nel periodo 2005 – 2008 indicato con la linea rossa.

In tutte le stazioni considerate gli andamenti dei valori medi risultano sostanzialmente confrontabili, con una tendenza al decremento delle concentrazioni nel corso dell'ultimo anno ma soprattutto, in tutto l'intervallo temporale esaminato, si evidenzia il rispetto del valore del limite annuale per la protezione della salute umana con periodo di mediazione pari all'anno civile, di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

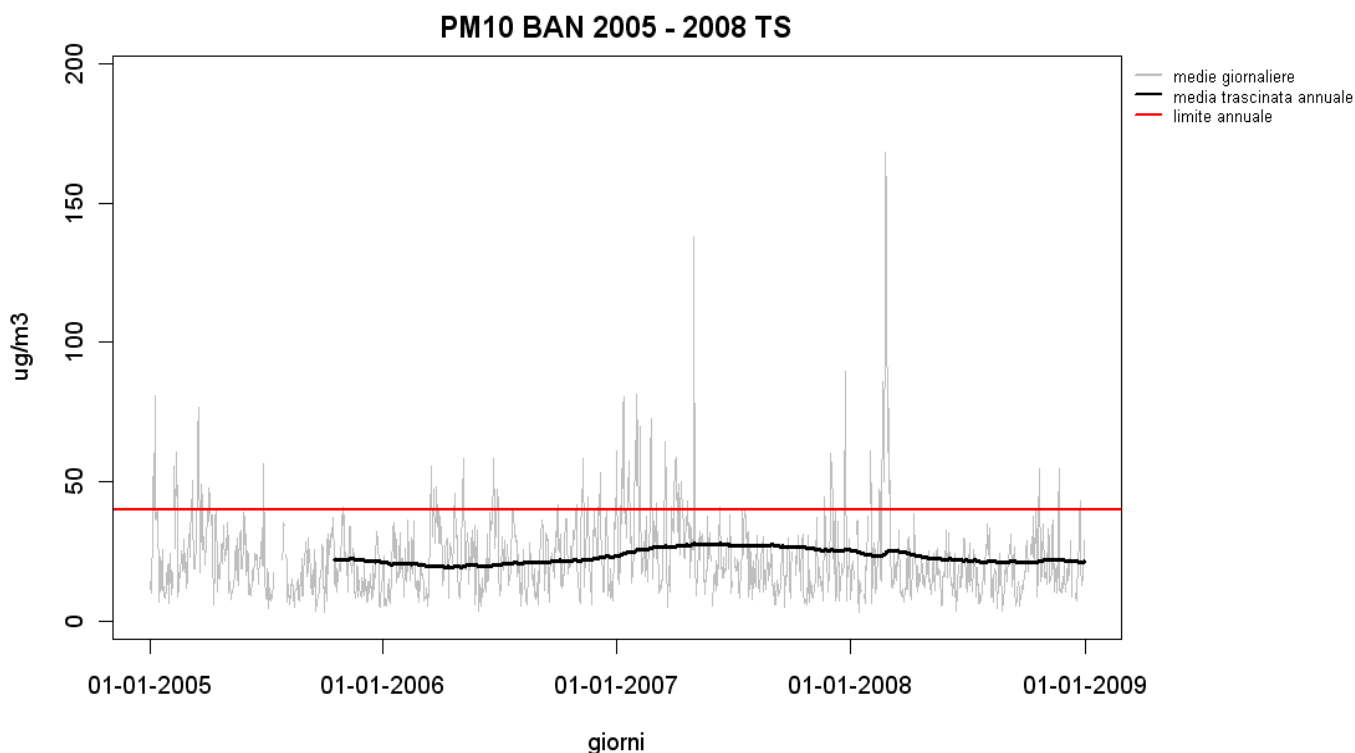


Figura 28 – Andamento delle medie traccinate annue nel periodo 2005-2008 nella stazione di via Tor Bandena.

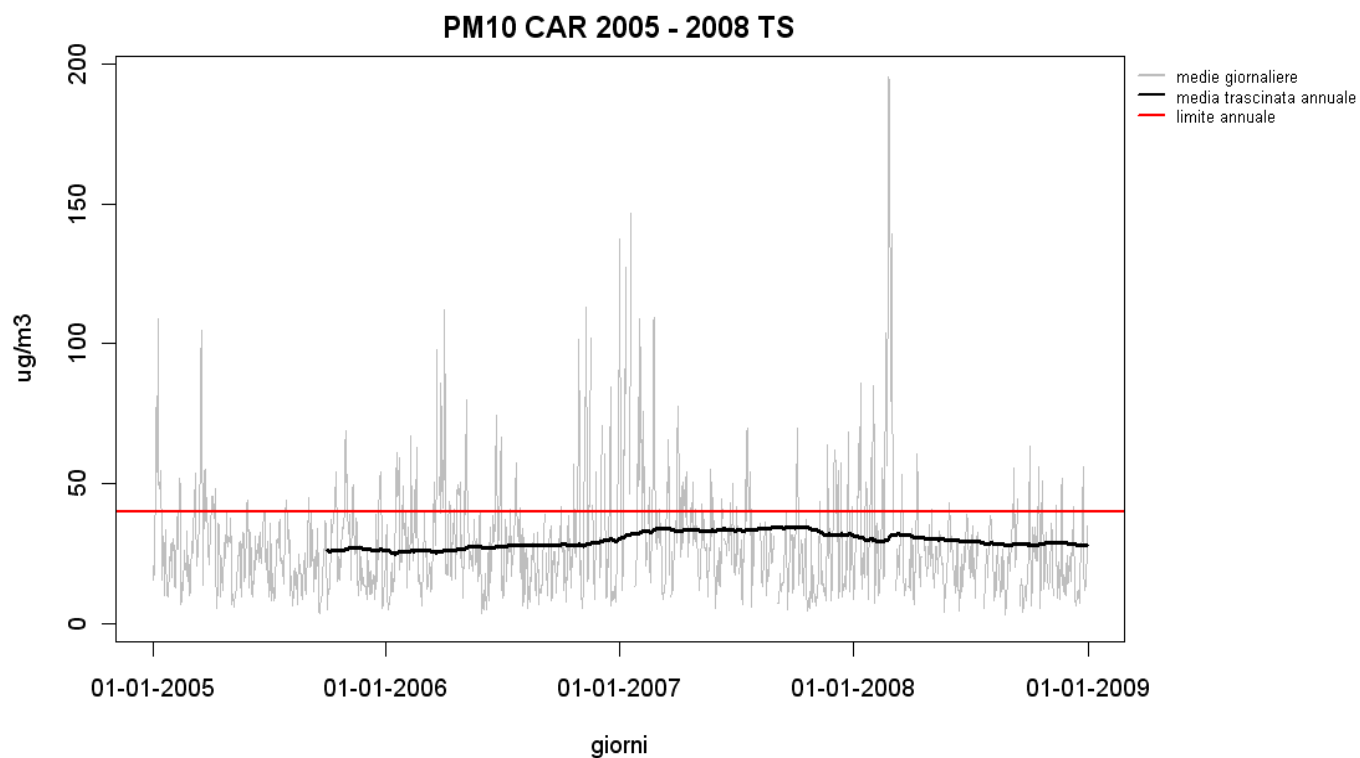


Figura 29 – Andamento delle medie trascinate annue nel periodo 2005-2008 nella stazione di via Carpineto.

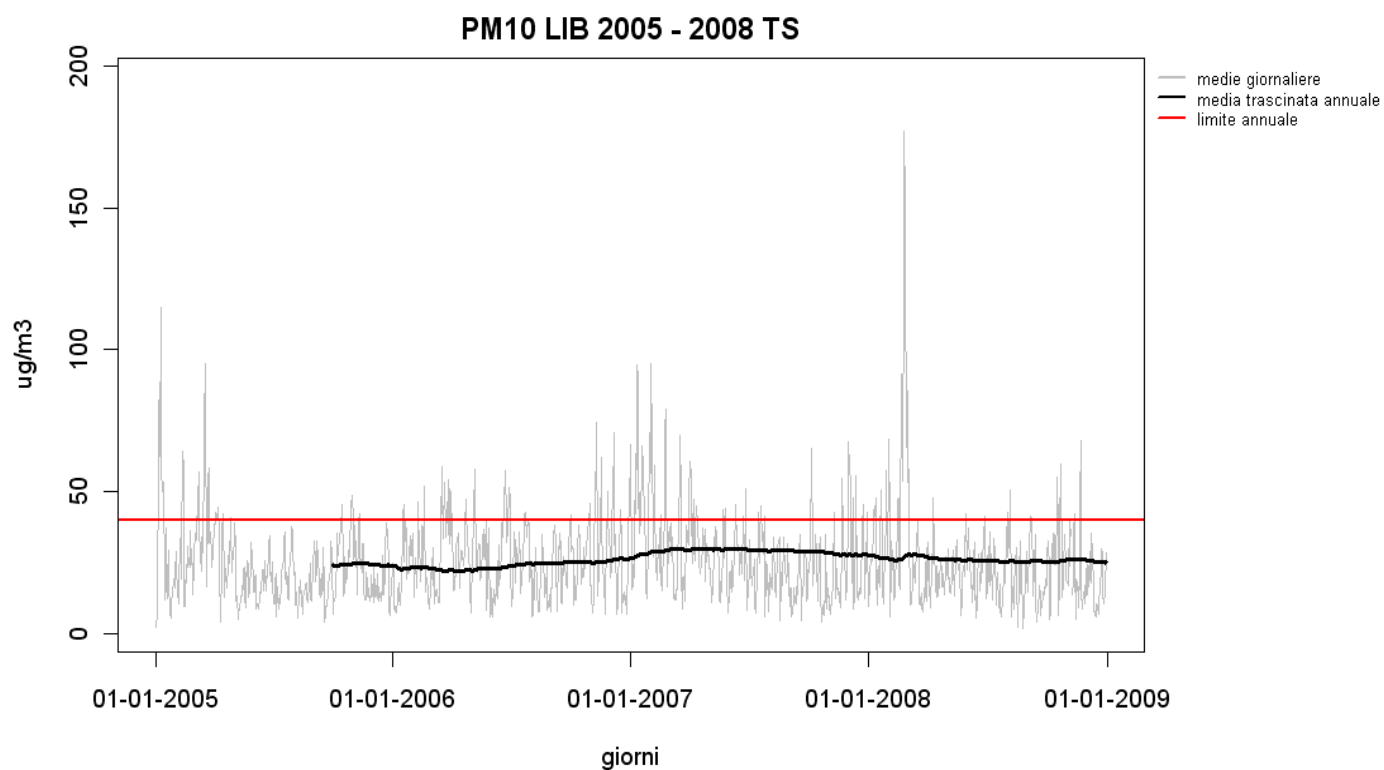


Figura 30 - Andamento delle medie trascinate annue nel periodo 2005-2008 nella stazione di piazza Libertà.

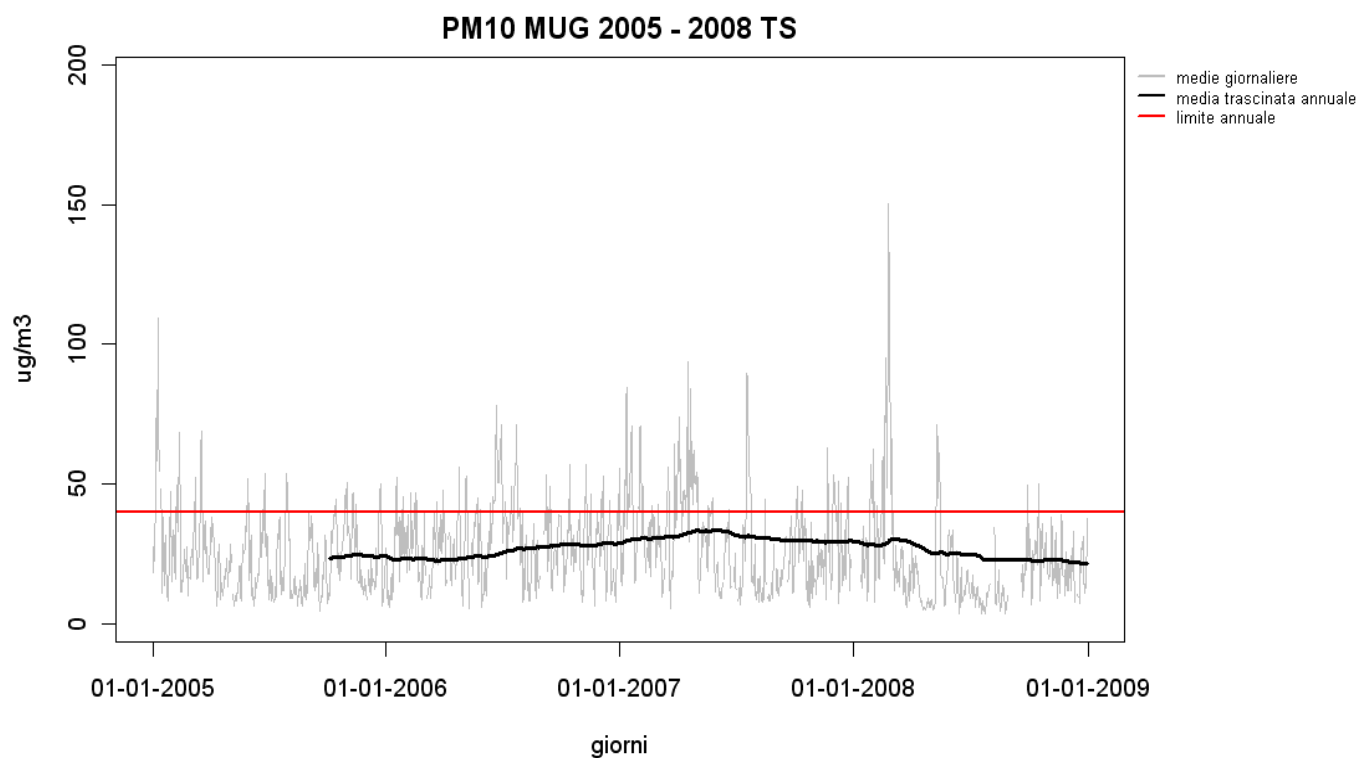


Figura 31 – Andamento delle medie traccinate annue nel periodo 2005-2008 nella stazione di Muggia.

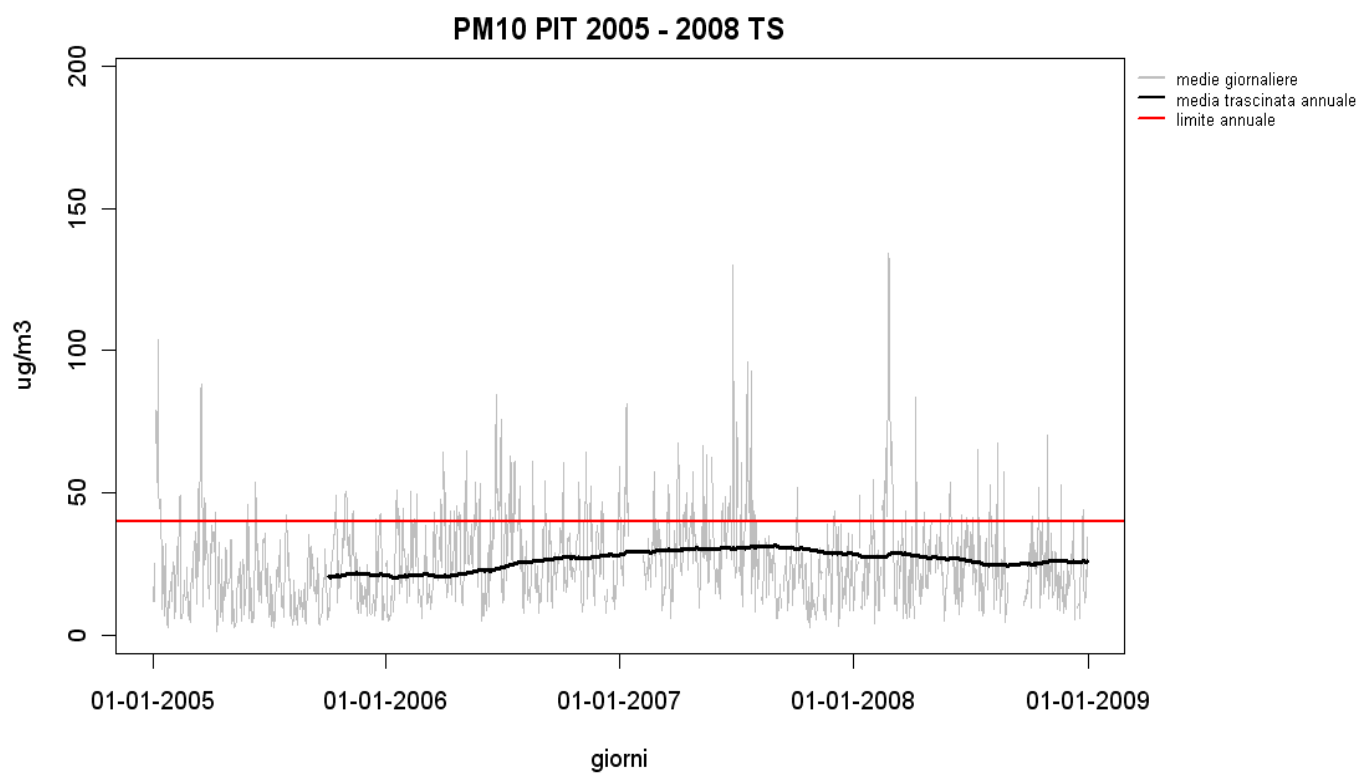


Figura 32 - Andamento delle medie traccinate annue nel periodo 2005-2008 nella stazione di via Pitacco.

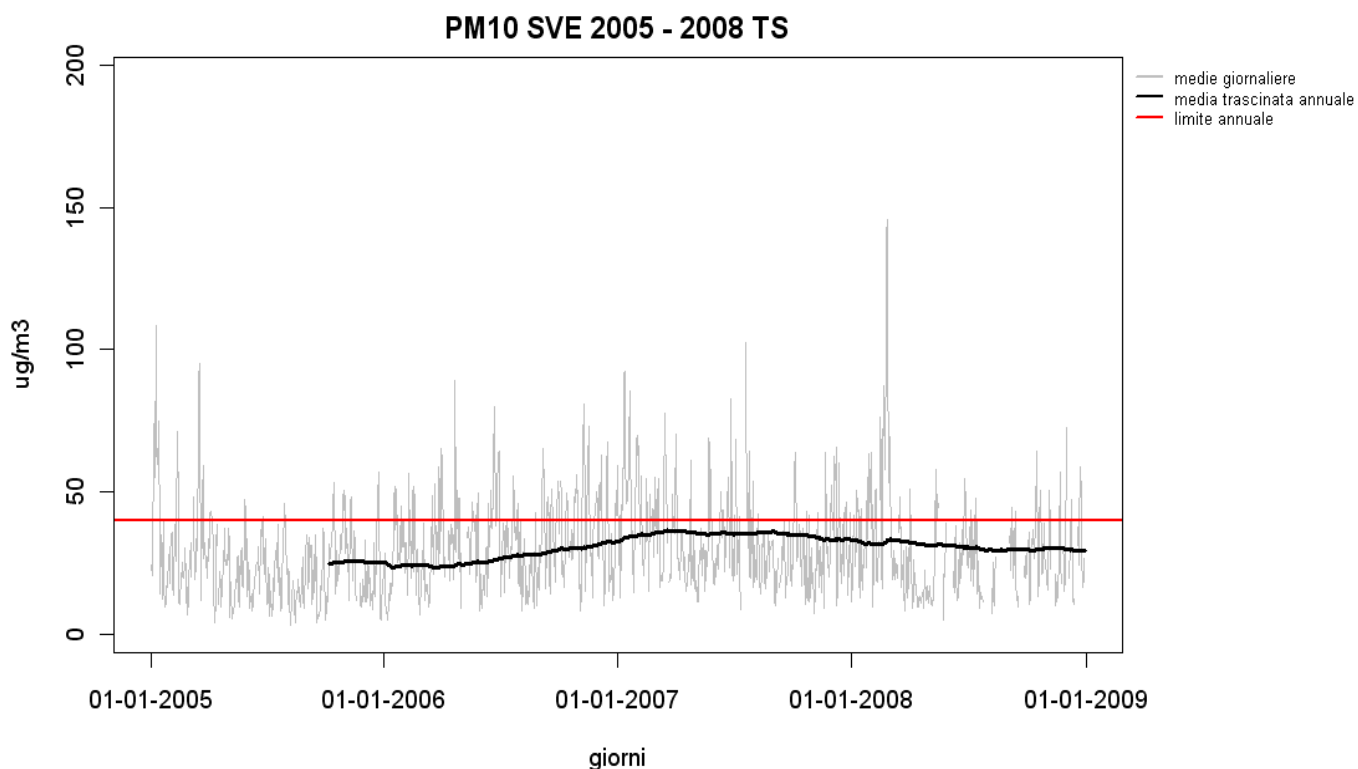


Figura 33 – Andamento delle medie traccinate annue nel periodo 2005-2008 nella stazione di via Svevo.

Le considerazioni sopra espote trovano ulteriore conferma dalla osservazione nella successiva figura n. 34 che permette di evidenziare per il periodo 2005 – 2008 per l'appunto il decremento dei valori delle medie annuali nell'anno 2008 ed il rispetto del valore limite di 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

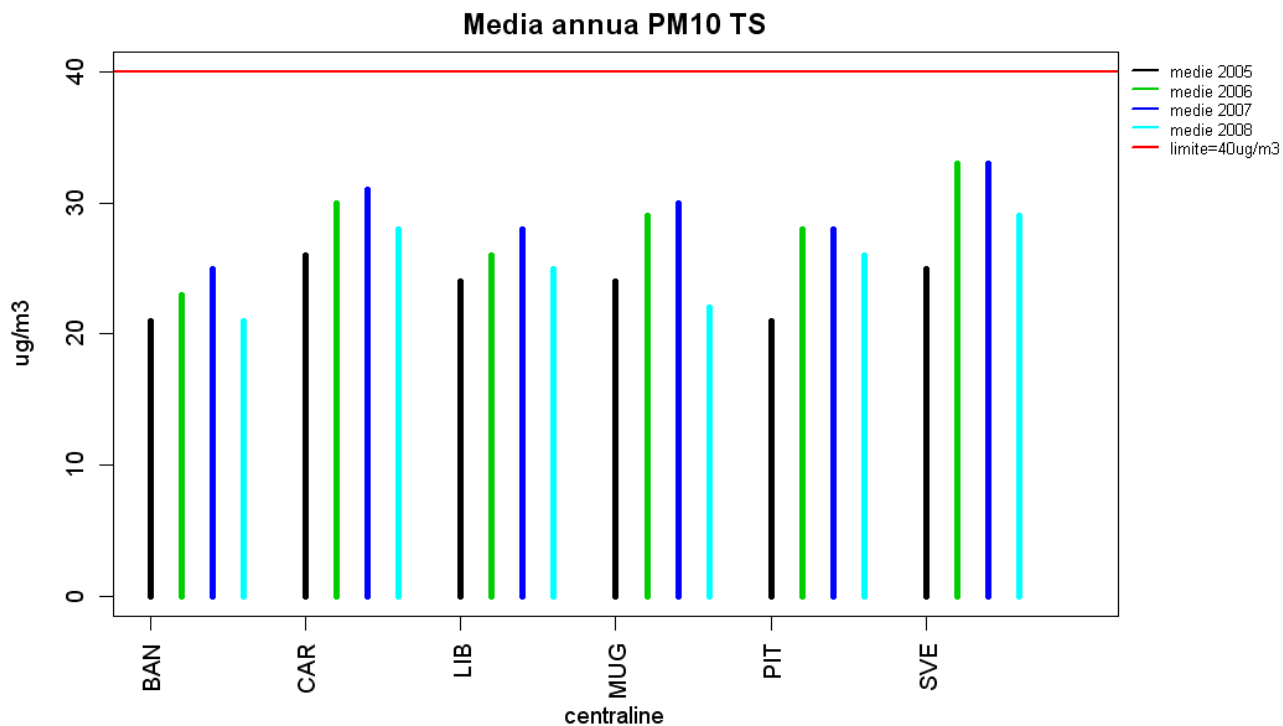


Figura 34 – Andamento dei valori medi annui nel periodo 2005-2008.

Anche la successiva figura n.35, che per certi aspetti integra quella precedente riportando peraltro il trend del numero di superamenti del valore della media giornaliera di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superarsi per più di 35 volte, ben evidenzia, il sostanziale e significativo decremento che si è osservato, seppur a livelli di concentrazione diversi, praticamente in tutte le stazioni considerate e soprattutto dopo un periodo nel corso del quale i valori di concentrazione avevano evidenziato, al contrario, un costante incremento.

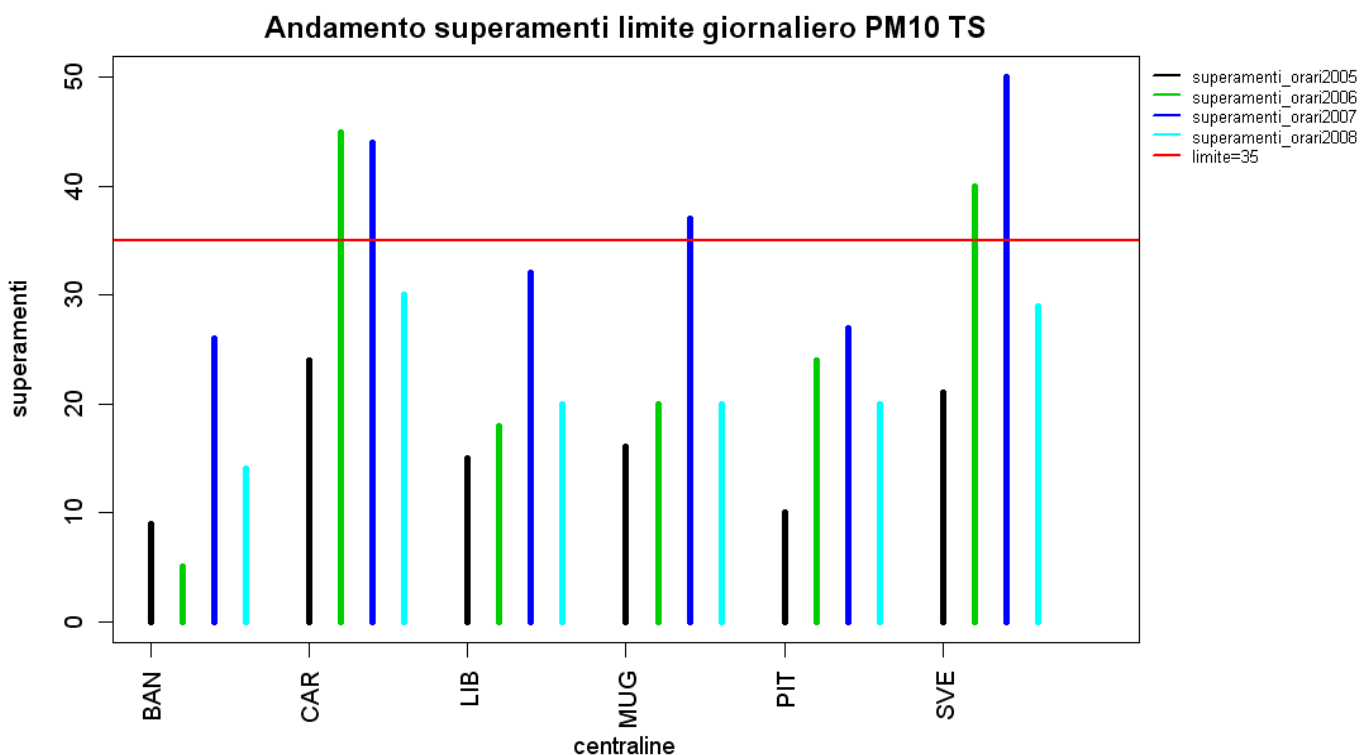


Figura 35 – Andamento del numero di superamenti del valore limite giornaliero nel periodo 2005-2008.

3.10.4.5 Ozono (O_3)

Caratteristiche chimico-fisiche [4, 5, 21]

L'ozono è un gas altamente tossico dotato di odore pungente caratteristico. Esso è naturalmente presente in una fascia al di sopra della troposfera, all'incirca fra i 15 ed i 50 Km di altitudine, praticamente corrispondente con la stratosfera, denominata per l'appunto ozonosfera, e la sua concentrazione si mantiene sostanzialmente costante mediante un equilibrio chimico tra le reazioni di formazione e quelle di fotolisi che avvengono per assorbimento della radiazione solare. Grazie a questo fenomeno l'ozono è in grado di proteggere la terra da più del 90% delle radiazioni UV dannose per la vita sul nostro pianeta.

Per contro, l'ozono nella troposfera (la fascia dell'atmosfera a diretto contatto con la superficie terrestre) rappresenta un inquinante gassoso secondario¹ ed un potente agente ossidante, che si forma da una complessa serie di reazioni, che coinvolgono l'azione della radiazione solare su biossido di azoto (NO₂) ed idrocarburi.

Nella troposfera, le principali reazioni di formazione e distruzione dell'ozono sono le seguenti:



Altre reazioni implicanti la partecipazione dell'ossigeno atomico nella troposfera non possono competere con la (2) a causa dell'abbondante concentrazione di O₂ che comporta un'elevata velocità di collisione e quindi di reazione fra l'ossigeno molecolare e quello atomico. Va anche osservato che il biossido d'azoto è la sola fonte di ossigeno atomico quantitativamente significativa.

Poiché nella troposfera la concentrazione di O₂ è tale da poter essere considerata costante rispetto a tali processi, la concentrazione delle altre specie risulta governata da un equilibrio di tipo dinamico, dipendente, in particolare, dalla presenza di radiazione solare nello spettro UV-A.

Le reazioni (1), (2) e (3) costituiscono il cosiddetto "ciclo fotolitico" di NO₂: se l'equilibrio dinamico non viene perturbato da fattori esterni, le concentrazioni di ozono, NO₂ ed NO entrano in poco tempo in uno stato stazionario e non subiscono notevoli variazioni. La quantità di ozono presente allo stato stazionario risulta direttamente proporzionale alla concentrazione di NO₂ ed inversamente correlata alla concentrazione di NO. La comprensione di come tale equilibrio venga alterato, in presenza di un'atmosfera inquinata, richiede che si prendano in considerazione i processi di ossidazione di alcuni fra i principali gas presenti nella troposfera. In questi meccanismi di reazione, infatti, si verifica l'ossidazione di NO ad NO₂; l'aumento di concentrazione di NO₂ e la diminuzione della concentrazione di NO perturbano gli equilibri delle reazioni (1), (2) e (3) nella direzione della formazione di ozono.

In particolare, è importante comprendere in tali reazioni il ruolo svolto dai radicali liberi e dai fenomeni di trasporto.

L'ozono contribuisce alla formazione di quantità considerevoli di aerosol organici ed inorganici è stata, infatti, rilevata l'esistenza di correlazioni tra i livelli di O₃ ed acido solforico, nitrico, solfati e nitrati.

Sorgenti [4, 5, 21]

I meccanismi di sintesi di ozono, che implicano l'assorbimento della radiazione solare (hν) da parte del biossido di azoto ed il riutilizzo dell'ozono stesso da parte monossido di azoto (NO), sono caratterizzati da reazioni il cui equilibrio si sposta verso concentrazioni elevate di O₃ in presenza di radicali idrossilici e composti organici volatili, di origine sia naturale che antropica.

La massima concentrazione di O₃ che si può sviluppare in un'atmosfera inquinata dipende non solo dalle concentrazioni assolute dei composti organici volatili e degli ossidi di azoto (NO_x),

¹ non emesso, cioè, direttamente in atmosfera da specifiche sorgenti, ma derivante da processi fisico-chimici di trasformazione di altre sostanze.

ma anche dai rapporti relativi tra le rispettive concentrazioni. Pertanto, le concentrazioni di O₃ sono relativamente basse in aree urbane ad alta densità di traffico, dove il monossido di azoto prodotto reagisce rapidamente con tale inquinante sottraendolo all'aria. Paradossalmente, si misurano concentrazioni più elevate di O₃ in aree urbane quali parchi e giardini, quartieri residenziali con traffico ridotto e nelle limitrofe aree suburbane e rurali, soprattutto nel periodo estivo e nelle ore pomeridiane, in presenza di più intense radiazioni ultraviolette, temperature più elevate e ridotta ventilazione.

Effetti sulla salute e sull'ambiente [19, 20, 21]

Essendo un forte ossidante, O₃ reagisce con numerosi composti biochimici, quali vitamine, acidi grassi e gruppi sulfidrilici, dando luogo alla formazione di radicali liberi presso le cellule epiteliali delle vie respiratorie e provocando una risposta infiammatoria acuta nel polmone. In numerosi studi controllati sull'uomo, è stato riportato un significativo danno alla funzionalità polmonare, generalmente accompagnata da disturbi respiratori acuti, quali tosse, irritazione della gola, respirazione profonda dolorosa, difficoltà di respiro, dolore sotto-sternale e raramente nausea e mal di testa, mentre tra i disturbi di tipo cronico è da segnalare l'aggravamento dell'asma.

Assorbito per via inalatoria, penetra nell'apparato respiratorio dove è in grado di danneggiare le proteine strutturali e di causare danno e morte delle cellule. A seguito di ciò si determina una diminuzione transitoria della funzione polmonare ed infiammazione delle vie aeree profonde: numerosi studi epidemiologici associano l'esposizione ad ozono ad un incremento del numero di ricoveri ospedalieri per disturbi respiratori, asma inclusa.

Normativa

La vigente normativa in materia (D.Lgs. 21 maggio 2004, n. 183) fissa i seguenti limiti:

- **soglia di informazione:** 180 µg/m³, con periodo di mediazione di 1 ora [D.M. 183/2004, All. II];
- **soglia di allarme:** 240 µg/m³, con periodo di mediazione di 1 ora (“Ai fini dell'applicazioni dell'articolo 5, comma 3, il superamento della soglia deve essere misurato o previsto per tre ore consecutive”) [D.M. 183/2004, All. II];
- **valore bersaglio per la protezione della salute umana:** 120 µg/m³ “da non superare più di 25 giorni per anno civile come media su 3 anni” (“se non è possibile calcolare la media di 3 [...] anni in quanto non è disponibile un insieme completo di dati relativi a più anni consecutivi, i dati annuali minimi necessari per la verifica della rispondenza ai valori bersaglio sono i seguenti: per il valore bersaglio per la protezione della salute umana, i dati validi relativi ad un anno, [...]”), usando come parametro la media su 8 ore massima giornaliera (“la massima concentrazione media su 8 ore rilevata in un giorno è determinata esaminando le medie consecutive su 8 ore, calcolate in base a dati orari e aggiornate ogni ora. Ogni media su 8 ore in tal modo calcolata è assegnata al giorno nel quale la stessa termina; conseguentemente, la prima fascia di calcolo per ogni singolo giorno è quella compresa tra le ore 17.00 del giorno precedente e le ore 24.00 del giorno stesso; l'ultima fascia di calcolo per ogni giorno è quella compresa tra le ore 16.00 e le ore 24.00 del giorno stesso.”) [D.M. 183/2004, All. I].

Riferimento normativo	Denominazione	Periodo di mediazione	Valore di riferimento
D.Lgs. 21 maggio 2004, n. 183	soglia di informazione	media oraria	180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	soglia di allarme	media oraria	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	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	2010: 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Andamento delle concentrazioni di O₃ nell'anno 2008

Con riferimento alla vigente normativa, nel corso dell'anno 2008 i rilevamenti di Ozono non hanno evidenziato né in Piazza Libertà né nella postazione di Monte S.Pantaleone alcun superamento dei valori della soglia di allarme (240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) e dei valori della soglia di informazione (180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Come precedentemente ampiamente descritto, si tratta di un inquinante fotochimico che abbisogna pertanto di radiazione solare per dar luogo alle reazioni che portano alla sua formazione.

Gli andamenti dei valori medi giornalieri riportati in colore rosso e la media trascinata mensile (in colore nero) relativa sempre all'anno 2008 vengono riportati invece nelle due successive figure relative rispettivamente alla postazione di Piazza Libertà e di Monte S.Pantaleone. In entrambe le postazioni si evidenzia il sensibile incremento delle concentrazioni nei mesi estivi, con una flessione nel periodo di fine giugno, più accentuata in Piazza Libertà e verosimilmente attribuibile ad una temporanea diminuzione della radiazione solare (vedi figura 9).

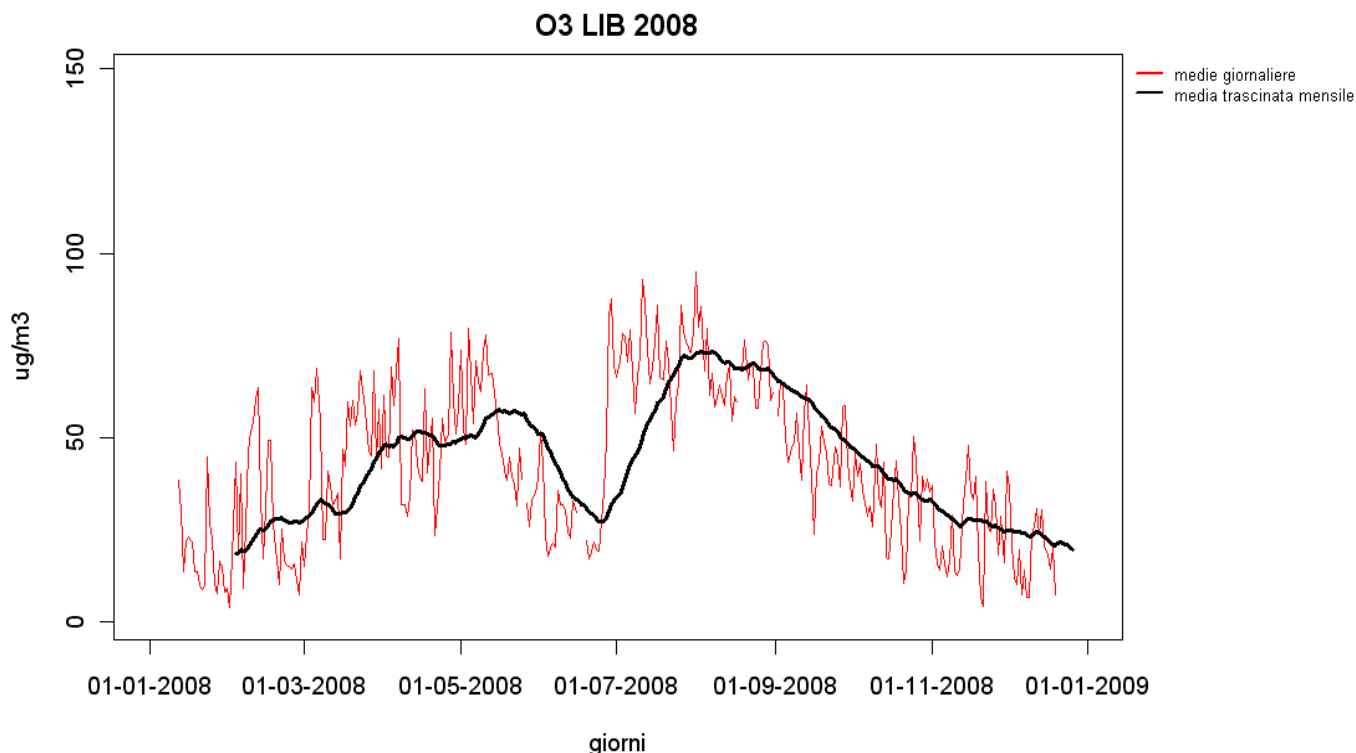


Figura 36 – Andamento delle medie trascinate mensili di Ozono nel corso dell'anno 2008 nella stazione di piazza Libertà.

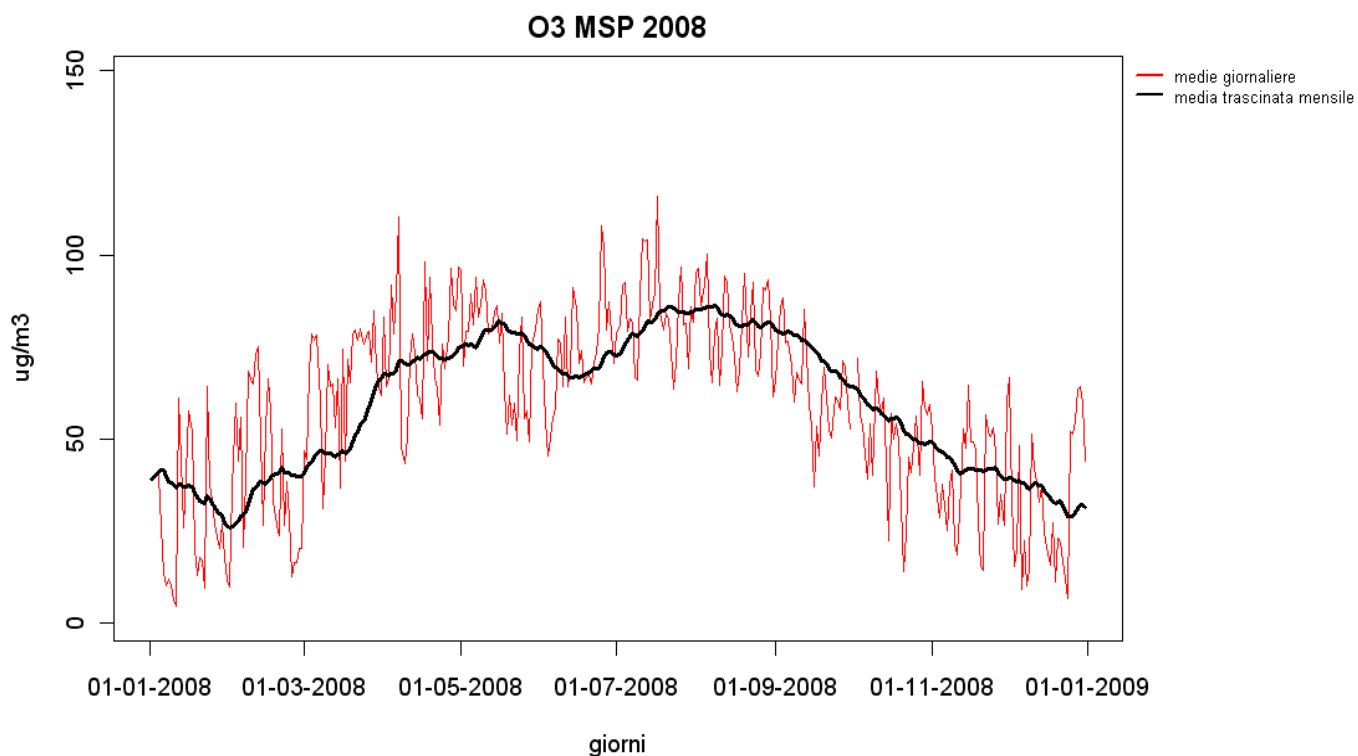


Figura 36 – Andamento delle medie traccinate mensili di Ozono nel corso dell'anno 2008 nella stazione di Monte San Pantaleone.

L'evidenza che le concentrazioni di Ozono risultino strettamente correlate alla radiazione solare, trova ulteriore conferma nelle due successive figure n.37 e n. 38 che mostrano in entrambe le postazioni di piazza Libertà e Monte San Pantaleone un andamento ciclico con caratteristici picchi nel periodo tarda primavera – estate - inizio autunno pur a livelli di concentrazione sicuramente diversi e maggiori nella zona di Monte San Pantaleone.

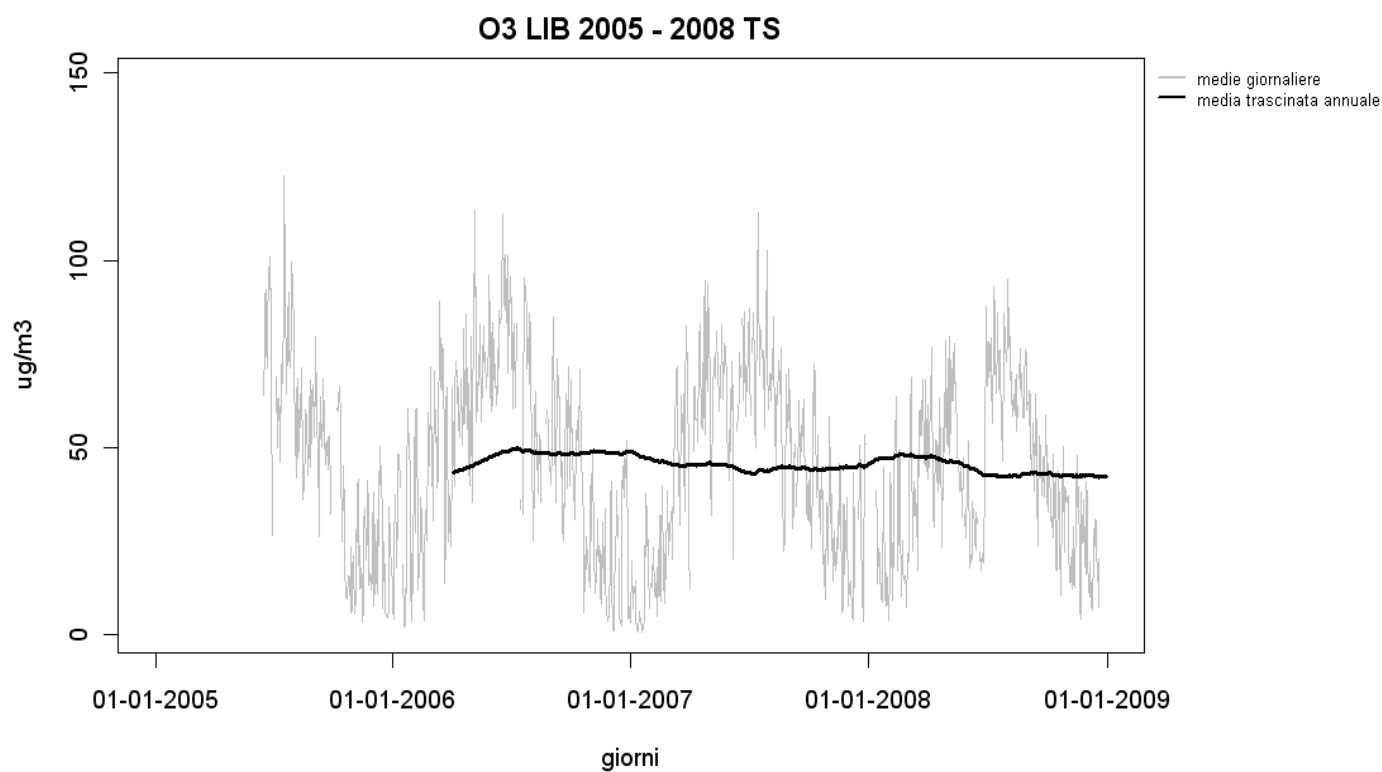


Figura 37 - Andamento dei valori delle medie traccinate annue nel periodo 2005-2008 nella stazione di piazza Libertà

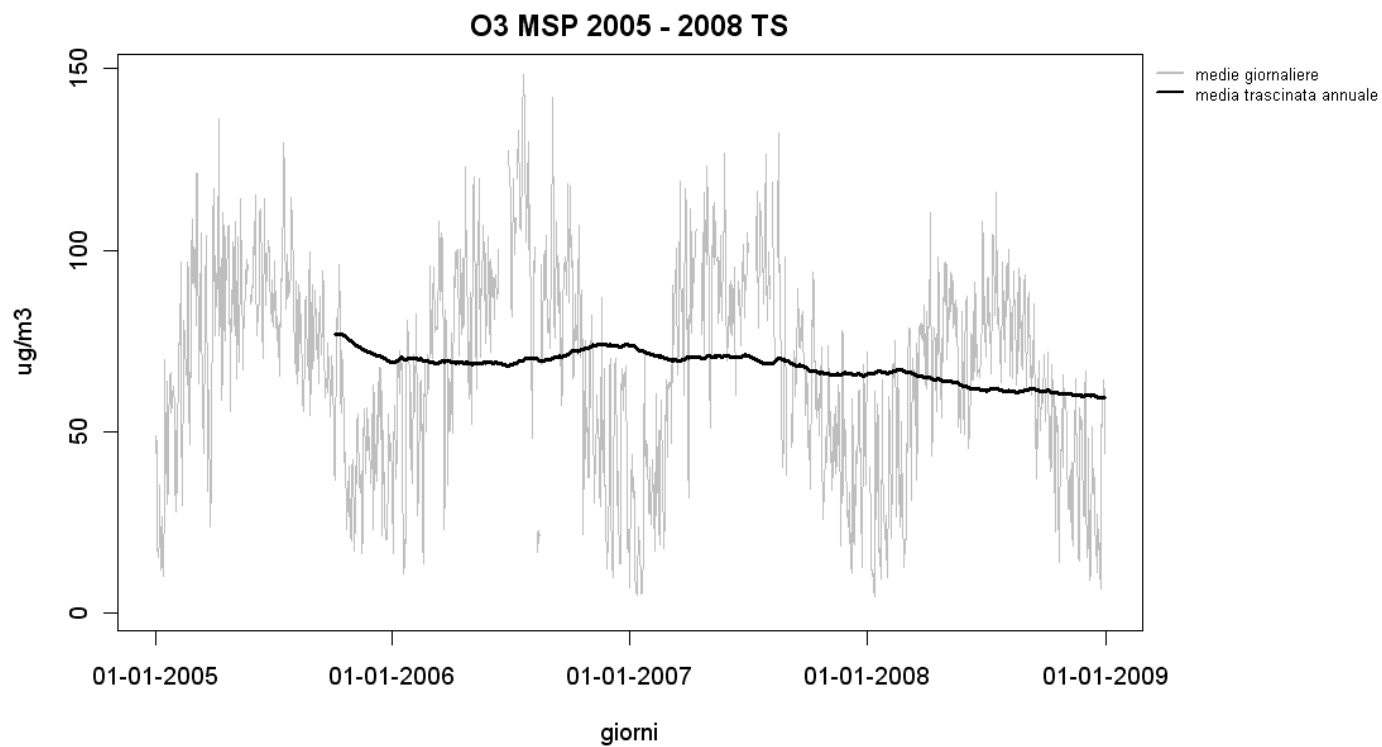


Figura 38 - Andamento dei valori delle medie traccinate annue nel periodo 2005-2008 nella stazione di Monte S. Pantaleone.

3.10.4.6 Benzene (C₆H₆)

Caratteristiche chimico-fisiche [20]

Il benzene (C₆H₆) a temperatura ambiente è un liquido incolore, ha un punto di ebollizione relativamente basso ed un'elevata tensione di vapore, che ne determina una rapida evaporazione a temperatura ambiente. E' debolmente solubile in acqua e miscibile con la maggior parte dei solventi organici.

Il benzene è presente nell'aria principalmente nella fase di vapore, con tempi di permanenza variabili tra poche ore ed alcuni giorni, in funzione del clima, dell'ambiente e della concentrazione relativa di altri inquinanti. La principale via di degradazione è costituita dalla reazione con radicali idrossilici, ma il benzene può anche essere rimosso dall'aria attraverso la pioggia.

E' il capostipite di una famiglia di composti organici definiti aromatici per l'odore caratteristico ed è un componente naturale del petrolio (1-5% in volume) e dei suoi derivati di raffinazione.

E' una molecola stabile e relativamente inerte e non ha un ruolo significativo nei processi di inquinamento secondario.

Sorgenti [20]

Il benzene è un componente naturale del petrolio greggio e la benzina lo contiene per 1-5% del volume. Nell'Unione Europea la concentrazione massima consentita è il 5%, mentre in Italia il tenore massimo consentito, ai sensi del D.Lgs. 21-3-2005 n. 66, è l'1%. Il benzene viene ottenuto in gran parte dal petrolio ed utilizzato per la sintesi chimica di altri idrocarburi aromatici di sostituzione. Il benzene viene emesso durante la sua stessa produzione e dai forni a coke. Oltre alle sorgenti industriali, le emissioni provengono anche da differenti fonti di combustione, quali motori, combustione di legname ed utilizzo di combustibili fossili. La principale fonte è costituita da emissioni esauste ed evaporazione dai motori dei veicoli, nonché da perdite per evaporazione durante la manipolazione, la distribuzione e l'immagazzinamento della benzina. Concentrazioni elevate di benzene si possono riscontrare in varie circostanze, come durante il rifornimento di carburante delle auto: anche il fumo di sigaretta rappresenta un'importante fonte di benzene negli ambienti chiusi.

Effetti sulla salute e sull'ambiente[20]

Studi clinici ed epidemiologici hanno evidenziato che l'esposizione a lungo termine al benzene può provocare leucemia, a causa della quale, nei lavoratori esposti, è stata dimostrata una maggiore incidenza di mortalità, e, pertanto, il benzene è stato classificato come cancerogeno (di Gruppo 1) per l'uomo dallo IARC (International Agency for Research on Cancer). L'esposizione cronica al benzene, comunque, può comportare la depressione del midollo osseo, che si manifesta come leucopenia, anemia e/o trombocitopenia, che portano a pancitopenia ed anemia aplastica. I dati ottenuti da studi in vivo, infine, indicano che il benzene ha proprietà mutagene.

Il benzene è un cancerogeno per l'uomo di cui non è possibile individuare una concentrazione di esposizione minima di sicurezza. L'Organizzazione Mondiale della Sanità ha stimato in 6 casi aggiuntivi di leucemia per milione di persone il rischio massimo aggiuntivo derivante dall'esposizione nel corso dell'intera vita, ad una concentrazione di benzene nell'aria di 1 µg/m³.

Normativa

La normativa vigente (D.M. 60/2002) fissa il seguente limite:

- **valore limite per la protezione della salute umana:** $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con periodo di mediazione corrispondente all'anno civile e con margine di tolleranza pari al "100% del valore limite all'entrata in vigore della direttiva 2000/69 (13/12/2000). Tale valore è ridotto il 1° gennaio 2006, e successivamente ogni 12 mesi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% al 1° gennaio 2010" [D.M. 60/2002, All. V]. Gli esempi di interesse relativi al margine di tolleranza sono riportati in tabella.

Riferimento normativo	Denominazione	Periodo di mediazione	Valore di riferimento
D.M. 2 aprile 2002, n.60	valore limite per la protezione della salute umana	media annua	2004: $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 2005: $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 2006: $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 2007: $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$
		media annua	2010: $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Relativamente al metodo di riferimento per il campionamento e l'analisi del benzene, "nelle more dell'approvazione di un metodo normalizzato, basato sulle norme CEN, il metodo di riferimento è quello indicato all'allegato VI del decreto del Ministro dell'ambiente 25 novembre 1994", con misure che devono essere effettuate, in modo discontinuo, per almeno 15 giorni ogni mese [D.M. 60/2002, All. XI, sez. VI].

Per quanto attiene alle determinazioni analitiche effettuate nel corso dell'anno 2008, i risultati acquisiti sono ancora in corso di elaborazione, per cui per completezza delle informazioni presenti in questa relazione, vengono presentati i risultati relativi all'anno 2007.

Risultati delle concentrazioni di Benzene nell'anno 2007.

Nel corso dell'anno 2007 le rilevazioni delle concentrazioni di questo inquinante sono proseguite nelle stazioni di campionamento situate in piazza Garibaldi e via Battisti.

I valori di concentrazione acquisiti in queste postazioni vengono presentati nelle successive figure n. 58 e n. 59 che riportano i valori medi su base annuale (media trascinata).

Dalla loro osservazione si conferma anche per l'anno trascorso una situazione del tutto rassicurante, dal momento che le concentrazioni riscontrate risultano ampiamente in linea con i limiti attualmente vigenti che risultano essere stati per l'anno 2007 pari a $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Valori Medi (media Trascinata) e relativo grafico delle concentrazioni di Benzene
rilevate nel corso del 2007 in Piazza Garibaldi
Benzene espresso in microgrammi su metro cubo

valore limite : 8 microgrammi/metrocubo (D.M. 60/2002)

data	Piazza GARIBALDI
Jan-07	6.3
Feb-07	6.4
Mar-07	6.4
Apr-07	6.4
May-07	6.2
Jun-07	6.0
Jul-07	5.9
Aug-07	5.9
Sep-07	6.0
Oct-07	6.0
Nov-07	5.9
Dec-07	6.0

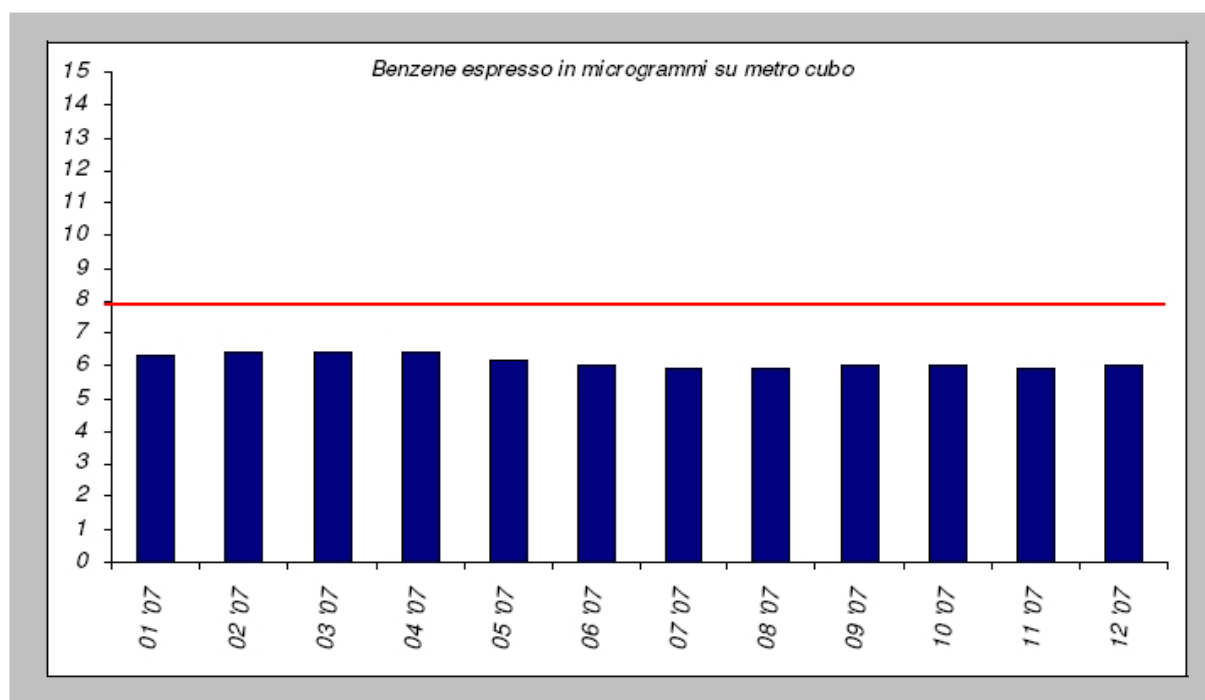


Figura 39 - Valori medi (media trascinata) delle concentrazioni di Benzene rilevate in Piazza Garibaldi nel corso dell'anno 2007.

Valori Medi (media Trascinata) e relativo grafico delle concentrazioni di Benzene rilevati nel corso del 2007 in Via Battisti

Benzene espresso in microgrammi su metro cubo

valore limite : 8 microgrammi/metrocubo (D.M 60/2002)

data	Via BATTISTI
Jan-07	6.8
Feb-07	7.0
Mar-07	7.0
Apr-07	7.0
May-07	7.0
Jun-07	6.7
Jul-07	6.5
Aug-07	6.6
Sep-07	6.6
Oct-07	6.5
Nov-07	6.7
Dec-07	6.8

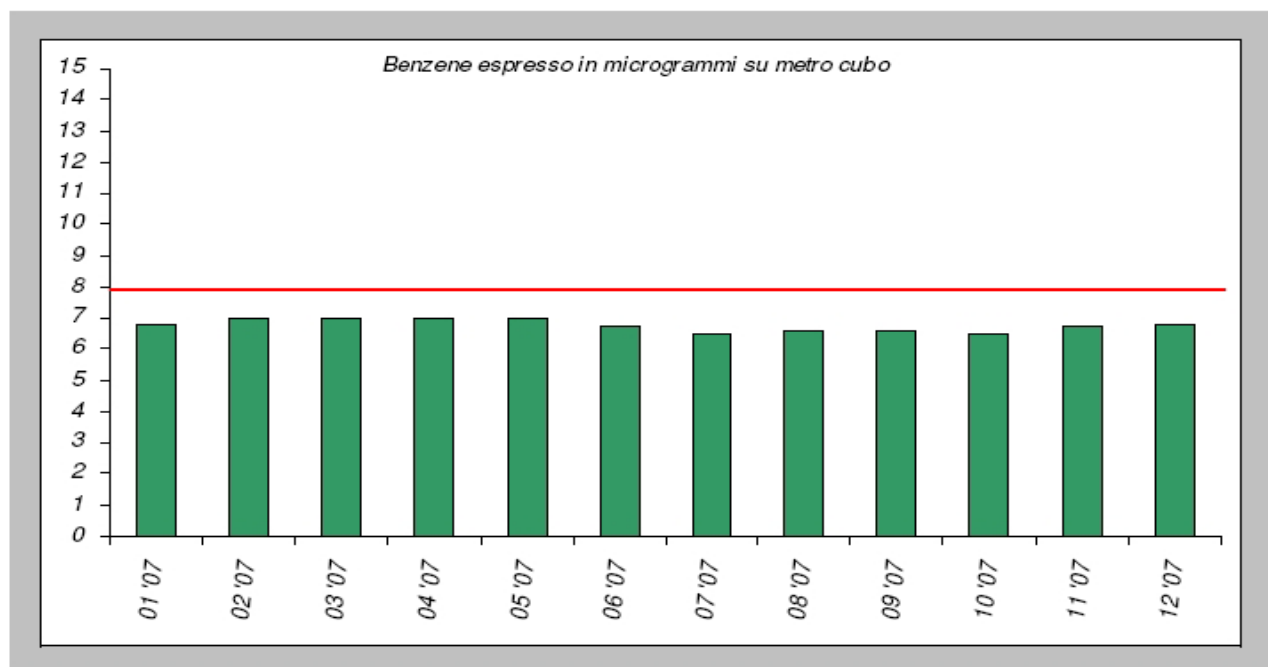


Figura 40 - Valori medi (media trascinata) delle concentrazioni di Benzene rilevate in via Battisti nel corso dell'anno 2007.

Proseguendo in una iniziativa già avviata in anni precedenti allo scopo di produrre una più dettagliata mappatura delle concentrazioni di questo inquinante nell'area urbana, anche nel corso dell'anno 2007 sono state effettuate, in 21 postazioni della città di Trieste, una serie di determinazioni mediante l'utilizzo di campionatori passivi di tipo diffusivo (radielli). Viene di seguito indicata l'ubicazione delle postazioni accanto alle quali viene riportato il valore medio della concentrazione di benzene relativa al periodo gennaio – dicembre 2007, espresso in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

• Piazza Foraggi	3.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
• Piazza Garibaldi	5.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
• Via Canova	5.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
• Piazza Dalmazia	3.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
• Via Battisti	5.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
• Piazza Libertà	2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
• Largo Mioni	2.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
• Piazza Borsa	3.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
• Via Fabio Severo	4.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
• Via Rossetti	4.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
• Via dell'Istria-Osp. Pediatrico	2.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
• Piazzetta Belvedere-Roiano	2.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
• Monte S.Pantaleone	1.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
• Via Commerciale	2.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
• Via D'Alviano	3.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
• Via Baiamonti	2.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
• Via Carpineto	2.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
• Piazzale Valmaura	3.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
• Via Pitacco	2.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
• Corso Italia	5.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
• Via Gallina	3.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

L'utilizzo di questa metodologia di monitoraggio che consente, a bassi costi e senza l'utilizzo dei classici campionatori una significativa estensione del territorio urbano monitorato, ha consentito di confermare su un'area sensibilmente più estesa, quanto evidenziato nelle postazioni di piazza Garibaldi e via Battisti per cui la situazione, relativamente a questo parametro esaminato, che può essere definita, per il momento, del tutto tranquillizzante. Infatti il valore medio delle 21 postazioni esaminate, pari a 3.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ risulta non solo significativamente inferiore al valore limite per la protezione della salute umana pari a 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ previsto per l'anno 2007 ma anche a quello di 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ che è l'obiettivo da raggiungere nell'anno 2010. Va inoltre segnalato che solamente in 4 postazioni (corso Italia, piazza Garibaldi, via Battisti e via Canova) ove rilevante è la presenza della componente traffico, si è superato, seppur di poco il valore di 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ che è l'obiettivo di qualità da raggiungere nell'anno 2010. Nella successiva figura n. 60 viene rappresentata la distribuzione territoriale del posizionamento dei radielli con riportate i relativi valori medi di concentrazione.



Figura 41 - Valori medi delle concentrazioni di Benzene rilevate nella città di Trieste nel corso dell'anno 2007 mediante l'utilizzo di campionatori passivi (radielli).

3.10.4.7 Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA).

Caratteristiche chimico-fisiche [3, 18, 20].

Gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) costituiscono un esteso gruppo di composti organici, caratterizzati chimicamente da 2 o più anelli aromatici fusi, di cui il benzo(a)pirene è uno dei più conosciuti. Sono relativamente poco solubili in acqua e fortemente lipofili. La maggior parte degli IPA a bassa tensione di vapore presenti nell'aria viene adsorbita al materiale particolato. Qualora si dissolvano in acqua o vengano adsorbiti alle polveri sottili, gli IPA possono essere soggetti a fotodecomposizione per esposizione alla luce ultravioletta della radiazione solare. In atmosfera, gli IPA possono reagire con altri inquinanti, quali ozono, ossidi di azoto e biossido di zolfo. Il benzo(a)pirene (BaP) viene spesso utilizzato quale indicatore di esposizione dell'intera classe degli IPA. Le concentrazioni atmosferiche di IPA nelle città presentano un'elevata variabilità stagionale. In Italia si sono rilevate concentrazioni medie mensili 10 volte superiori in inverno rispetto all'estate. Per tale motivo è necessario utilizzare le concentrazioni medie annuali per stimare sul lungo periodo l'esposizione individuale.

Sorgenti [3, 14, 16, 18, 20]

Gli IPA si formano principalmente come prodotti di processi pirolitici, soprattutto dalla combustione incompleta di materiali organici nell'ambito di attività industriali ed antropiche in genere - quali la lavorazione di carbone e petrolio greggio, la combustione di rifiuti, il traffico veicolare, la cottura di alimenti ed il fumo di tabacco - come pure nel corso di processi naturali quali la carbonizzazione. Esistono diverse centinaia di specie di IPA. Le sorgenti principali degli IPA presenti nell'aria atmosferica sono i processi di combustione degli autoveicoli e del riscaldamento domestico. Per quanto riguarda i processi di combustione degli autoveicoli, i motori a benzina senza catalizzatore (specie quelli dei motorini a due tempi) e quelli diesel presentano concentrazioni di emissione sovrapponibili e piuttosto elevate; la presenza del catalizzatore nei veicoli a benzina riduce del 90% le concentrazioni di BaP (benzo(a)pirene) nei gas di scarico.

Gli IPA nelle emissioni veicolari possono derivare da composti già presenti nel carburante, da neoformazione durante la combustione, da perdite di oli lubrificanti. E' importante ricordare che la quantità di IPA emessi aumenta con il contenuto di idrocarburi aromatici nel carburante, sia benzina che gasolio. A tal proposito l'utilizzo di benzine "verdi", generalmente a maggiore tenore in idrocarburi aromatici, in assenza di idoneo convertitore catalitico, comporta un peggioramento delle emissioni in IPA. La ripartizione degli stessi IPA tra fase volatile e fase particellare, nei gas di scarico, dipende anche dalla tipologia veicolare: nelle emissioni dei veicoli a benzina gli IPA più leggeri sono associati principalmente alla fase vapore. Nelle emissioni di veicoli diesel, dove si riscontra una più alta percentuale di materiale particellare, gli IPA sono invece soprattutto legati alle particelle.

La sostituzione del carbone con gli oli combustibili e con il metano per il riscaldamento domestico ha ridotto di molto l'emissione di IPA da tale sorgente. Insediamenti industriali all'interno o nelle vicinanze dell'area urbana possono dare origine ad emissioni quantitativamente importanti. Il fumo di sigaretta è un'importante fonte di inquinamento da IPA in ambienti confinati.

Effetti sulla salute e sull'ambiente [20]

Gli IPA sono fortemente liposolubili e vengono assorbiti da polmone, intestino ed epidermide dei mammiferi, compreso l'uomo.

Alcune di queste sostanze, quali (benzo(a)pirene, benzo(a)antracene, dibenzo(a,h)antracene, benzo(b,j,k) fluorantene), vengono classificate, analogamente al benzene, come cancerogene di categoria 1, R45 dalla C.E., nel Gruppo 1 (sostanze per le quali esiste una accertata evidenza in relazione all'induzione di tumori nell'uomo) dall' International Agency for Research on Cancer.

In particolare, una esposizione diretta e prolungata agli Idrocarburi Policiclici Aromatici può indurre la formazione di neoplasie a livello polmonare, della cute, laringe, esofago e stomaco.

Diversi studi hanno dimostrato che la frazione solubile del petrolio, contenente IPA caratterizzati da 4 a 7 anelli aromatici condensati, presente negli scarichi delle automobili (sia a benzina che diesel), degli impianti di riscaldamento a carbone domestici e nel fumo di sigaretta, possiede il potenziale cancerogeno quasi totale degli IPA derivanti da tali fonti. Inoltre dati ottenuti da studi sperimentali indicano che varie specie di IPA hanno ulteriori effetti tossici a livello immunitario, riproduttivo e genetico e probabilmente influiscono sull'insorgenza dell'aterosclerosi.

La principale via di esposizione è quella alimentare, a causa della formazione di IPA durante il processo di cottura o per la deposizione degli IPA presenti nell'aria su cereali, frutta e verdura, sebbene il contributo relativo degli IPA atmosferici sui livelli riscontrati negli alimenti, per ricaduta, non sia stato ben definito.

Il benzo[a]pirene (BaP) rappresenta la specie IPA maggiormente studiata e gran parte delle informazioni sulla presenza nell'aria e sulla tossicità degli IPA riguardano tale composto, che viene considerato come indicatore delle altre specie IPA cancerogene presenti.

Normativa.

Per questa categoria di inquinanti, la normativa di riferimento (D.Lgs. 152/2007) prevede un **valore obiettivo** di 1 ng/m^3 per il Benzo(a)pirene. "Il valore obiettivo è riferito al tenore totale dell'inquinante presente nella frazione PM10 del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile. La media annuale calcolata deve essere espressa con una cifra decimale" e "il valore obiettivo si intende superato anche se pari a quello indicato [...], ma seguito da una qualsiasi cifra decimale diversa da zero" [D.Lgs. 152/2007, All. I]. Ad esempio, un valore medio annuo pari a 1.1 ng/m^3 rappresenta un superamento del valore obiettivo. Nelle zone e negli agglomerati in cui si evidenziano superamenti del valore obiettivo, le misure adottabili secondo la direttiva devono perseguire il raggiungimento del valore obiettivo entro il 31 dicembre 2012 [D.Lgs. 152/2007].

Riferimento normativo	Denominazione	Periodo di mediazione	Valore obiettivo
D.Lgs. 3 agosto 2007, n. 152	valore obiettivo	media annua	31/12/2012: 1 ng/m^3

Per quanto attiene alle determinazioni analitiche effettuate nel corso dell'anno 2008, i risultati acquisiti sono ancora in corso di elaborazione, per cui per completezza delle informazioni presenti in questa relazione, vengono presentati i risultati relativi all'anno 2007 e precedenti..

Risultati delle concentrazioni di Idrocarburi Policiclici Aromatici nel periodo 1/1/2006 – 31/12/2007.

Anche nel corso dell'anno 2007, come avvenuto nel corso degli anni precedenti, questa serie di composti è stata monitorata nelle postazioni di piazza Garibaldi e via Carpineto. In quest'ultima postazione le determinazioni degli Idrocarburi Policiclici Aromatici sono state effettuate sulla frazione fine PM₁₀ del particolato totale sospeso. Per completezza di informazione e per una pronta evidenza delle concentrazioni temporali di questo inquinante, i risultati vengono presentati nell'arco temporale di due anni (1/12/2006 – 31/12/2007).

Nelle successive figure n. 61 e n. 62 vengono presentati i risultati relativi a piazza Garibaldi: in particolare in figura viene riportato il grafico dei valori medi mensili, nel periodo gennaio 2006 – dicembre 2007, di Benz(a)pyrene, espressi in nanogrammi/mc mentre nella successiva figura viene evidenziato, sotto forma di istogramma, l'andamento, per lo stesso composto e nella stessa unità di misura, della media mobile dei valori mensili riferiti all' analogo periodo.

In analoga forma grafica, nelle figure n. 63 e n.64 vengono presentati i dati relativi a via Carpineto.

Grafico dei valori medi mensili delle concentrazioni di Benz(a)pyrene espresso in nanogrammi/metro cubo rilevate nel corso del periodo 1/1/06 - 31/12/07

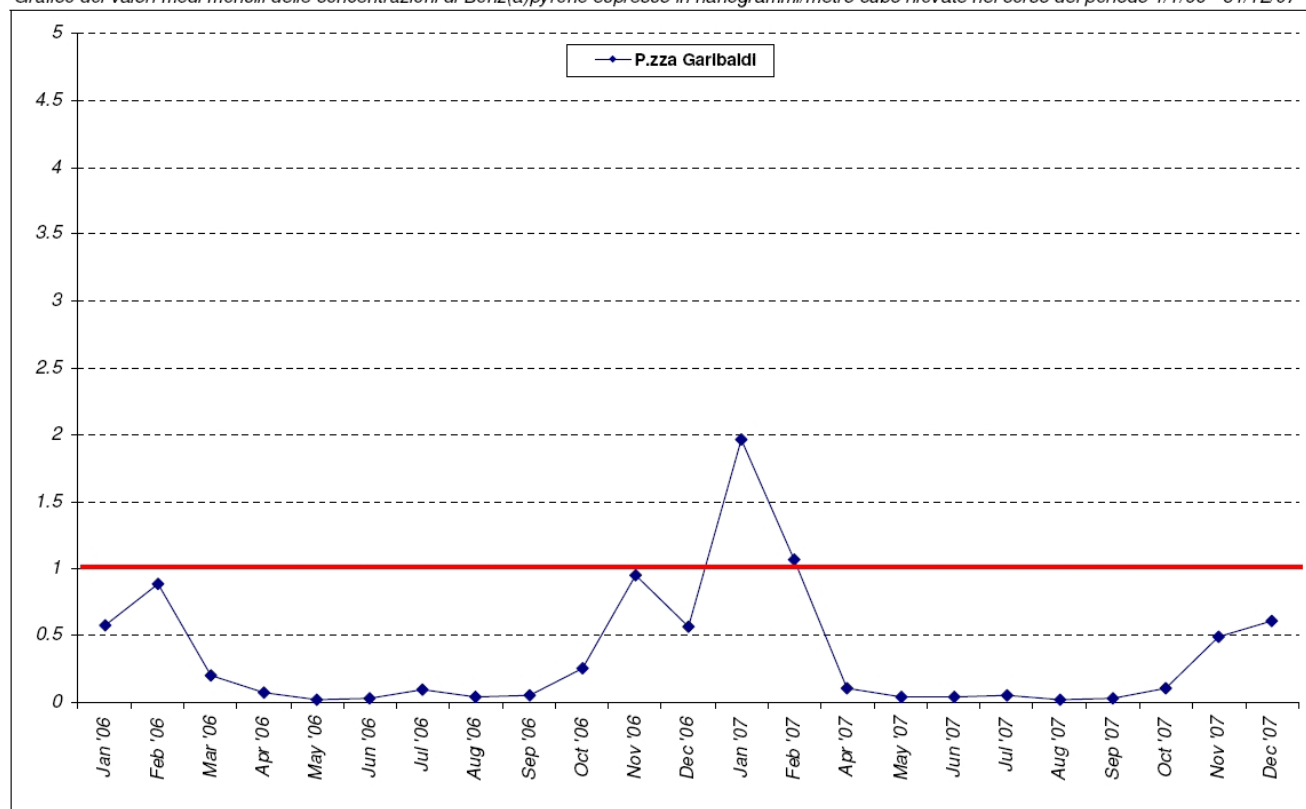


Figura 42 - Valori medi mensili delle concentrazioni di Benz(a)pyrene rilevate in piazza Garibaldi nel periodo 1/1/2006 – 31/12/2007.

Figura 5

Istogrammi rappresentativi della media mobile dei valori mensili delle concentrazioni di Benz(a)pyrene espressi in nanogrammi/metro cubo rilevate nel corso del periodo 1/1/06 - 31/12/07

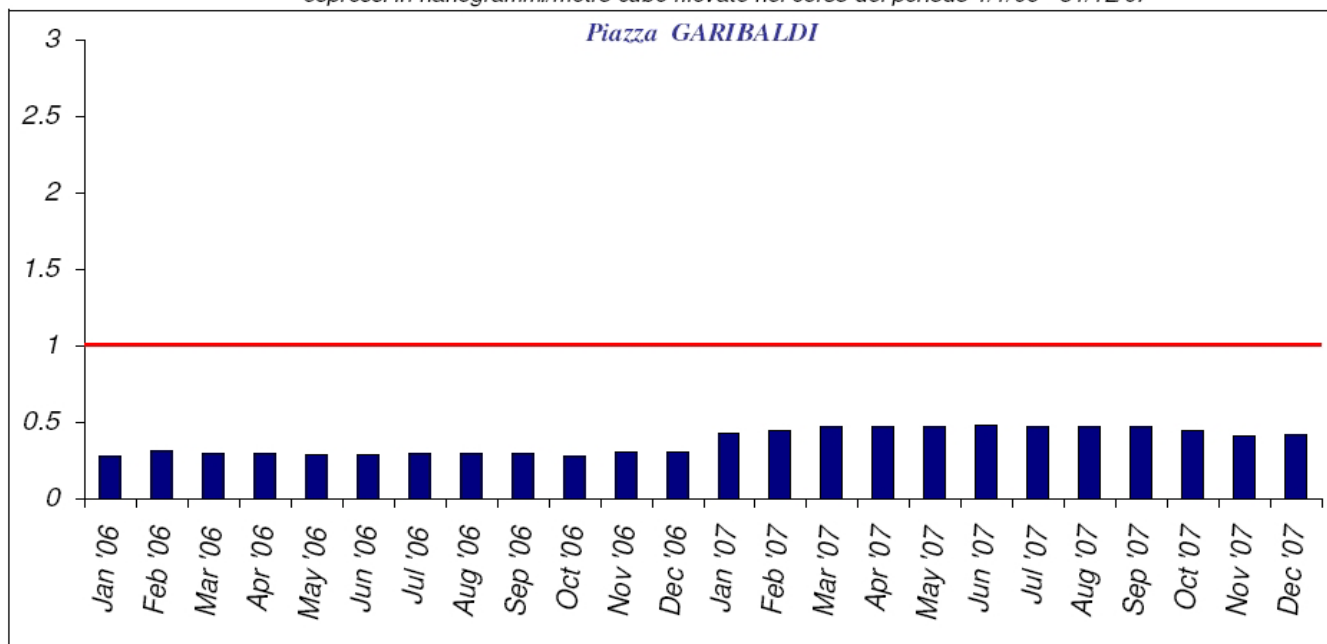


Figura 43 - Andamento delle concentrazioni di Benz(a)pyrene, espresse come media mobile, rilevate in piazza Garibaldi nel periodo 1/1/2006 – 31/12/2007.

Grafico dei valori medi mensili delle concentrazioni di Benz(a)pyrene espresso in nanogrammi/metro cubo rilevate nel corso del periodo 1/1/06 - 31/12/07

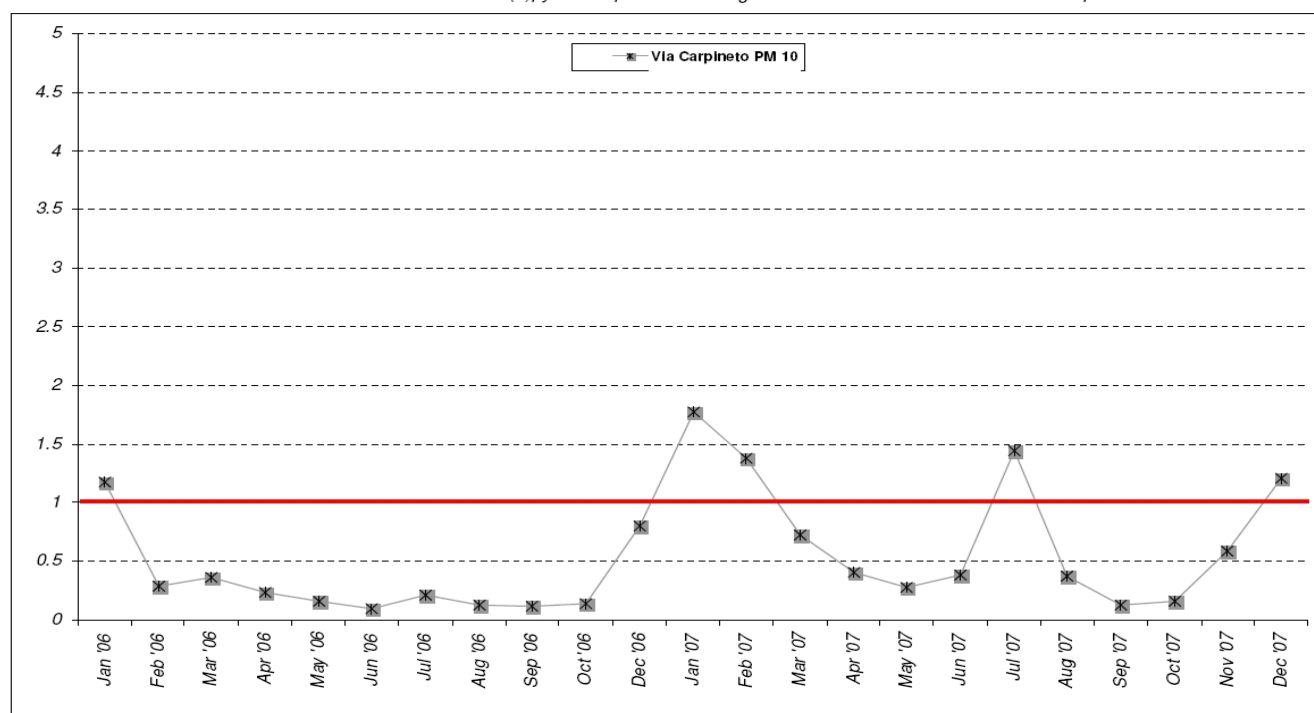


Figura 44 - Valori medi mensili delle concentrazioni di Benz(a)pyrene rilevate in via Carpineto nel periodo 1/1/2006 – 31/12/2007.

Istogrammi rappresentativi della media mobile dei valori mensili delle concentrazioni di Benz(a)pyrene espresse in nanogrammi/metro cubo rilevate nel corso del periodo 1/1/06 - 31/12/07

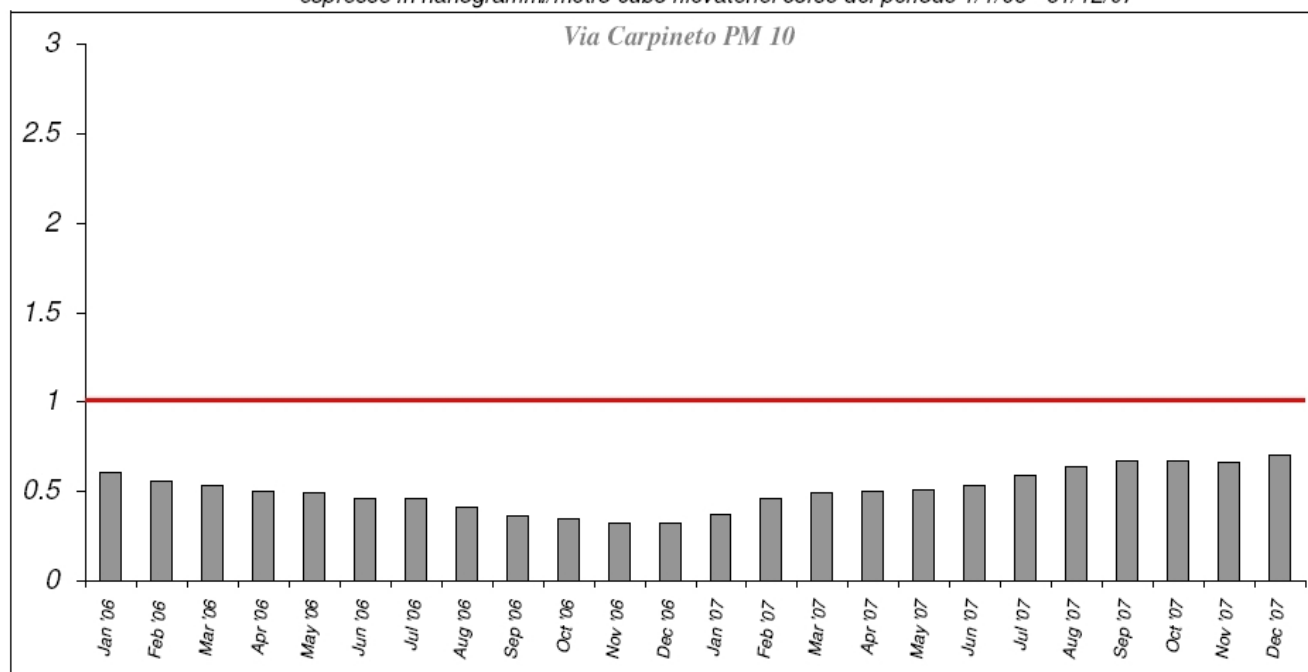


Figura 45 - Andamento delle concentrazioni di Benz(a)pyrene, espresse come media mobile, rilevate in via Carpineto nel periodo 1/1/2006 – 31/12/2007.

L'osservazione delle quattro figure sopra riportate consente di rilevare che i valori delle medie mobili, sia in piazza Garibaldi che in via Carpineto, sono risultate, nel periodo esaminato, assolutamente tranquillizzanti rientrando ampiamente nel previsto valore di 1 ng/m³ inteso come "obiettivo di qualità" previsto dal D.Lgs. 152/2007.

Una valutazione dettagliata dei valori medi mensili ribadisce le osservazioni già effettuate negli anni precedenti che indicavano un tipico incremento delle concentrazioni nel periodo invernale, fenomeno questo osservato sia in piazza Garibaldi che in via Carpineto: in quest'ultima postazione si rileva peraltro anche un incremento, per certi versi anomalo ed inatteso, delle concentrazioni nel mese di luglio 2007, attribuibile verosimilmente ad emissioni dell'adiacente stabilimento siderurgico associate a particolari condizioni di ventilazione. Probabilmente è da associarsi a tale riscontro la tendenza all'incremento delle concentrazioni che si osserva in via Carpineto in particolare nella seconda metà dell'anno trascorso.

3.10.4.8 Emissioni odorose e percezione da parte della popolazione di sostanze osmogene.

Un ulteriore problematica frequentemente evidenziata nell'area urbana di Trieste, ed in particolare nel rione di Servola che in misura maggiore risente delle emissioni dello stabilimento siderurgico della Lucchini, è la percezione da parte della popolazione residente di odori sgradevoli. Quando ciò si verifica, è pressoché immediata la segnalazione, da parte dei residenti, dell'episodio agli organi di vigilanza o di pronta reperibilità del Dipartimento con una frequenza che viene

valutata, mediamente, nell'ordine di una decina per settimana. Non esiste, al momento, una normativa specifica in materia anche perché la soglia di percettibilità all'odore, che viene definita come la minima concentrazione di un composto odoroso che porta alla percezione dell'odore con una probabilità del 50%, è un fattore estremamente individuale e pertanto difficilmente quantificabile in termini assoluti. Va peraltro segnalato che sulla base della letteratura scientifica, specifica sulla materia, viene universalmente riconosciuto che le concentrazioni a cui gli odori vengono percepiti, sono nella generalità dei casi ben inferiori alle concentrazioni alle quali possono ingenerarsi rischi sanitari.

Tuttavia, pur escludendo, in linea di massima, potenziali rischi per la salute umana conseguenti alla percezione di sostanze osmogene, rimane il fatto del ripetuto e costante impegno, quasi giornaliero, al quale il personale del Dipartimento deve far fronte o per registrare il fenomeno o per dare risposte ai quesiti posti dalla popolazione interessata da simili tipologie di emissioni.

4 RUOLO DELLE CONDIZIONI METEOROLOGICHE NELLA DIFFUSIONE DI ALCUNI INQUINANTI.

E' facilmente intuibile come i fattori meteorologici ed in particolare il vento possano rivestire un ruolo rilevante se non fondamentale nella distribuzione di sostanze inquinanti presenti in atmosfera. In questo capitolo vengono presentate, a titolo esemplificativo, le distribuzioni in particolari condizioni di vento delle concentrazioni degli ossidi di azoto e degli ossidi di zolfo in una area specifica della Regione Friuli Venezia Giulia, evidenziando in particolare il contributo dello stabilimento siderurgico della Lucchini di Servola.

4.1 Il modello diffusionale utilizzato.(23)

La catena modellistica utilizzata per la preparazione delle mappe micrometeorologiche e di dispersione/trasporto degli inquinanti e' stata realizzata mediante il preprocessore meteorologico CALMET e mediante il modello di dispersione a puff CALPUFF. Il ruolo del preprocessore meteorologico CALMET e' quello di predisporre i campi meteorologici che poi vengono utilizzati dal modello CALPUFF come forzante per la dispersione/trasporto degli inquinanti.

Il preprocessore meteorologico CALMET (CALifornia METeo) viene attualmente utilizzato operativamente presso il C.R.M.A. dell'ARPA FVG per la generazione di mappe quotidiane sia diagnostiche che di previsione sul dominio regionale con la risoluzione spaziale di 2 km e la risoluzione temporale di un'ora. Le mappe diagnostiche che riportano le principali grandezze meteorologiche e indici di stabilità atmosferica sono generate a partire dai dati orari delle stazioni meteorologiche che costituiscono la mesonetwork gestita dall'ARPA-OSMER, inoltre sono utilizzati i dati di vento temperatura e umidità prodotto ogni sei ore dal radiosondaggio di Udine Campoformido (WMO 16044). Per quanto riguarda la copertura nuvolosa, invece, vengono utilizzati i dati di reanalisi preparati dal centro europeo per la modellistica e previsione atmosferica (ECMWF).

La prima valutazione sulla qualità delle mappe diagnostiche prodotte da CALMET è stata eseguita soggettivamente osservando il campo dei venti al suolo generato in alcune ore di alcune giornate campione. Si nota subito che le informazioni meteorologiche provenienti dalle stazioni della mesonetwork sono ben riprodotte nei pressi delle stazioni stesse, inoltre il contributo

dell'orografia, quale forzante del flusso, è visibile nella tipica divergenza dei flussi allo sbocco delle principali valli prealpine.

Il modello CALPUFF (CALifornia PUFF) è un modello di dispersione degli inquinanti a puff, che si innesta sul processore meteorologico.

Dopo che l'agenzia per l'ambiente statunitense (EPA) ebbe designato CALPUFF come uno dei modelli di riferimento nella propria Guideline on Air Quality Models, la Earth Tech fu indicata come il distributore ufficiale del modello. Lo sviluppo del modello è arrivato alla versione n. 6. Questo modello è stato predisposto al fine di simulare la dispersione delle emissioni, eventualmente più calde dell'ambiente circostante, provenienti da una sorgente continua puntiforme, areale o lineare.

4.2 Le distribuzioni degli Ossidi di Azoto ed Ossidi di Zolfo in condizioni meteorologiche diverse.

Nelle prossime figure viene chiaramente illustrato come diverse condizioni di vento possano determinare situazioni di distribuzione degli inquinanti considerati sostanzialmente diverse.

Nella figura n. 46, relativa alle ore 05 del giorno 22/07/2007, si evidenzia una ventilazione dai quadranti meridionali, come testimoniato dalla presenza dei vettori presenti nel grafico. Sono di seguito presentate le figure n. 47 e n. 48 che riportano allo stesso giorno ed alla stessa ora, le distribuzioni delle concentrazioni degli Ossidi di Azoto nell'area esaminata: in particolare la figura n. 47 è relativa a tutte le sorgenti puntuali mentre la successiva n. 48 riporta esclusivamente quelle provenienti dallo stabilimento siderurgico di Servola. Analoga presentazione viene fatta per gli Ossidi di Zolfo nelle figure n. 49 e 50 con le immissioni globali presentate in fig. n. 49 e quelle attribuibili solo alla Servola in fig. n. 50, sempre riferite entrambe alla condizione meteorologica del 27/7/2007 alle ore 05.

Una situazione meteorologica diversa, caratterizzata da condizioni di calma di vento, è presentata nella figura n. 51 e fa riferimento alle ore 08 del giorno 25/2/2008. Nelle successive figure n. 52, 53, 54 e 55, vengono presentati con le modalità e differenziazioni sopra descritte, le simulazioni delle dispersioni sempre degli Ossidi di Azoto e degli Ossidi di Zolfo.

Emergono le seguenti considerazioni:

- condizioni di vento anche modeste determinano una significativa diffusione degli inquinanti considerati con interessamenti di aree molto vaste ed anche molto distanti dalle sorgenti di emissione;
- relativamente al parametro Ossidi di Azoto, sulla base dei modelli di dispersione presentati e relativi a condizioni di vento diverse, lo stabilimento siderurgico di Servola non sembra costituire una sorgente significativa di immissione nell'ambiente di questa sostanza, se rapportata al contributo delle altre sorgenti presenti nell'area considerata. La modellistica, a tal proposito, conferma le valutazioni emerse dalla semplice osservazione dei valori di concentrazioni rilevati nelle singole centraline di rilevamento, dalle quali emergeva il ruolo preponderante della componente traffico nella presenza di questo gas nell'area urbana della città di Trieste;
- sicuramente diverse le considerazioni relative alle concentrazioni degli Ossidi di Zolfo per le quali lo stabilimento siderurgico di Servola sembra contribuire in misura influente sul totale delle concentrazioni.

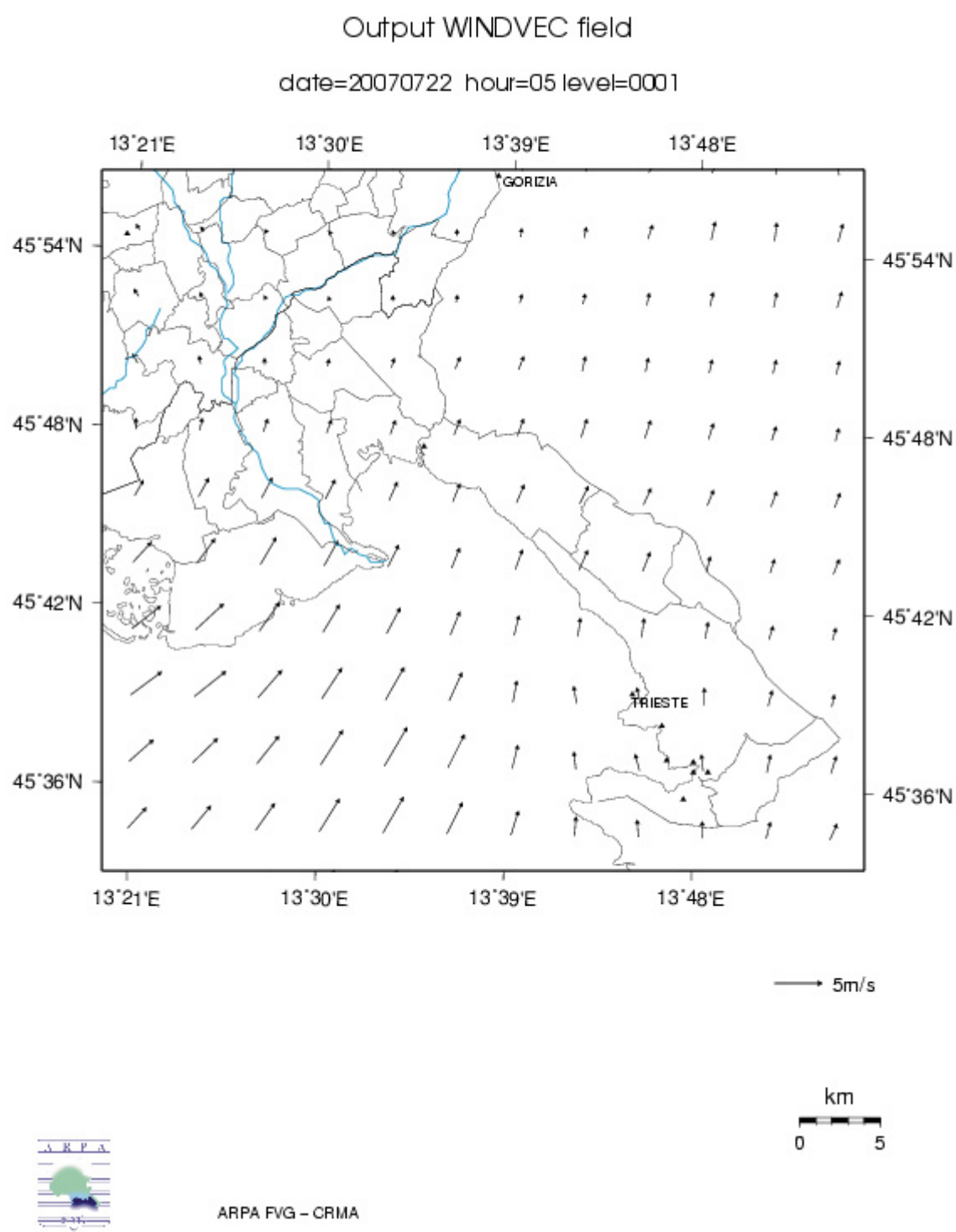


Figura 46 – Direzione ed intensità del vento rilevate il giorno 22/07/2007 alle ore 05 nell'area interessata.

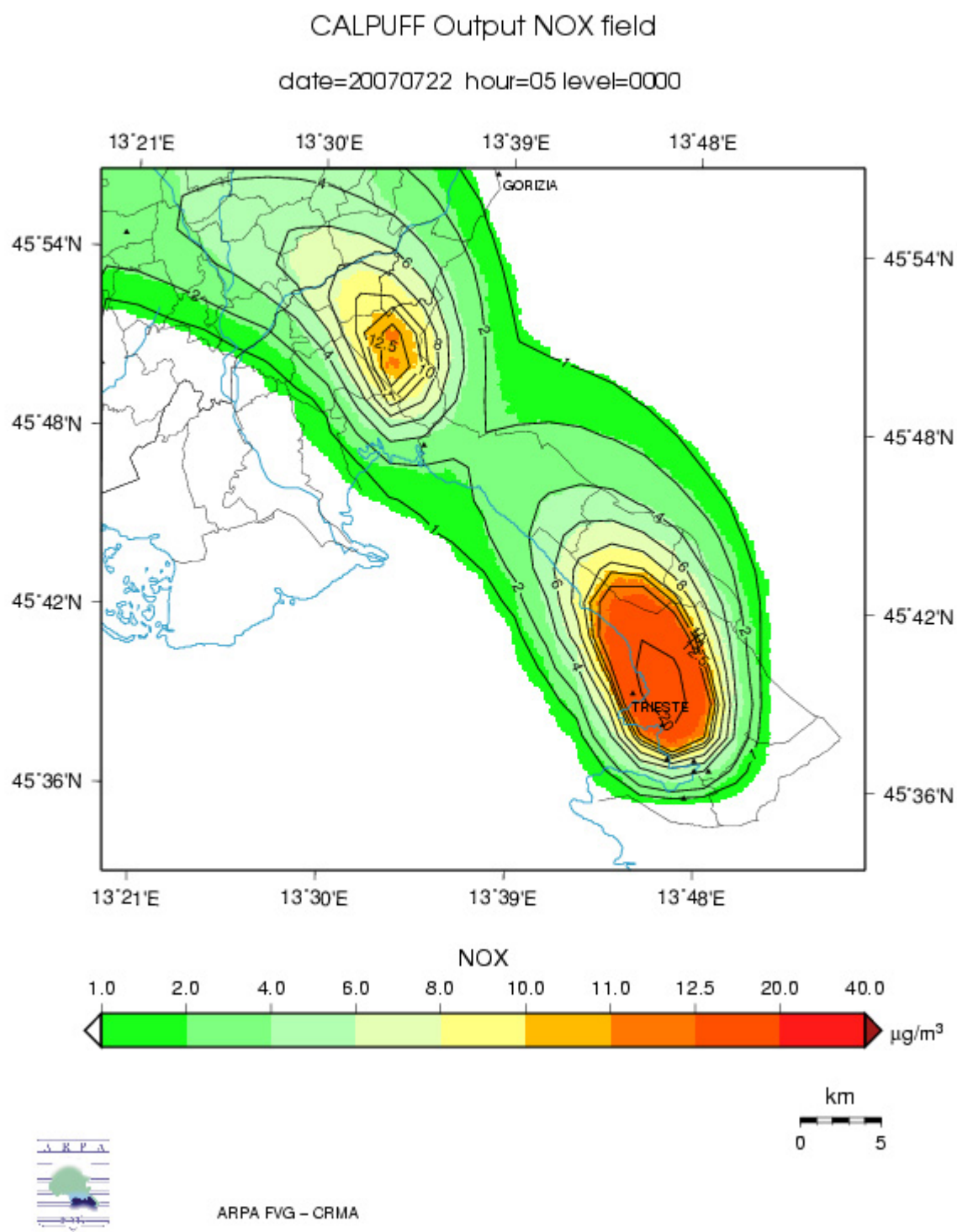


Figura 47 – Distribuzione nell'area interessata delle concentrazioni di NOx il giorno 22/07/2007 alle ore 05. Nel modello diffusionale sono state incluse tutte le sorgenti puntuali di Ossidi di Azoto.

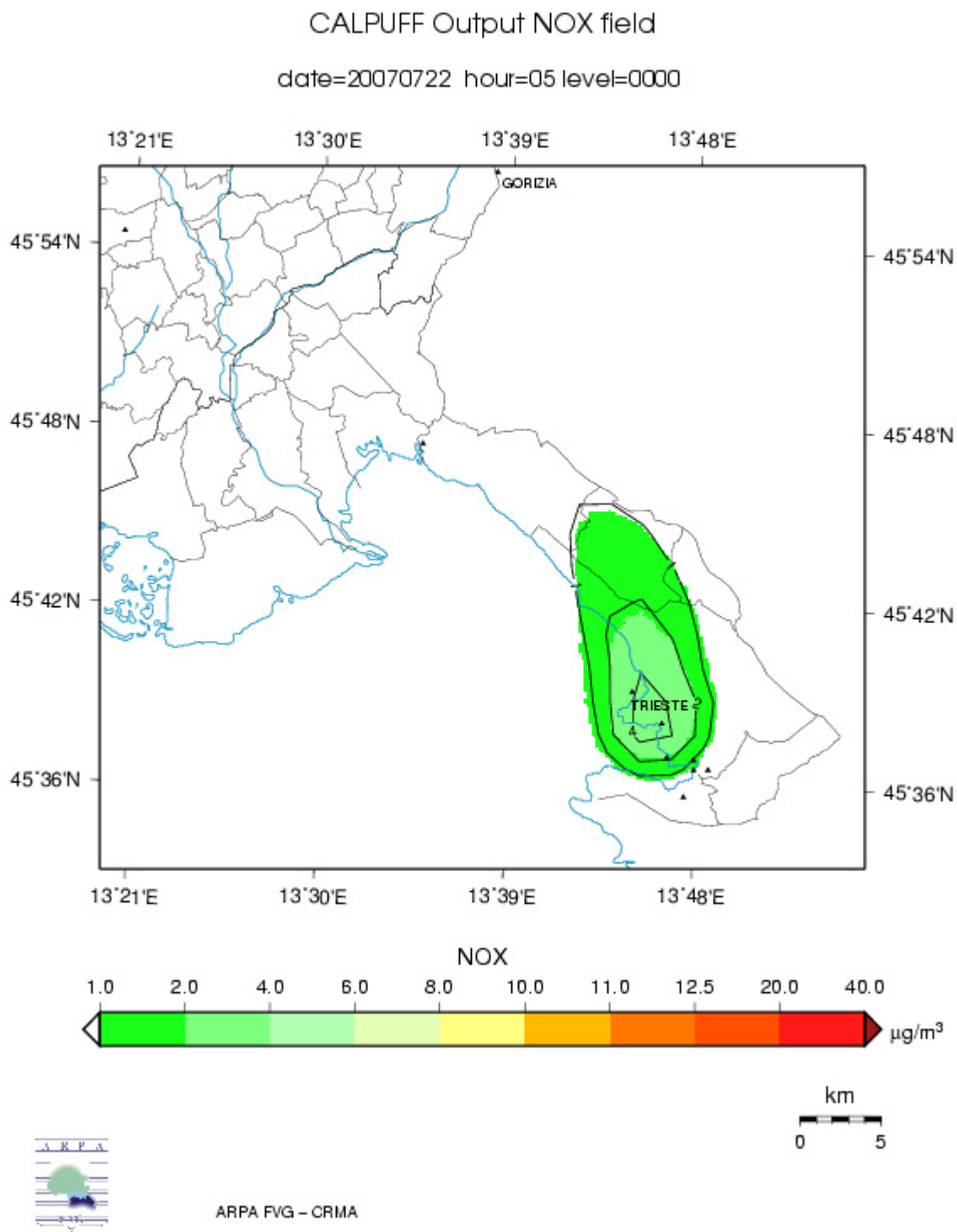


Figura 48 – Distribuzione nell'area interessata delle concentrazioni di NOx il giorno 22/07/2007 alle ore 05. Nel modello diffusionale sono state computate unicamente le immissioni in atmosfera di Ossidi di Azoto provenienti dallo stabilimento di Servola.

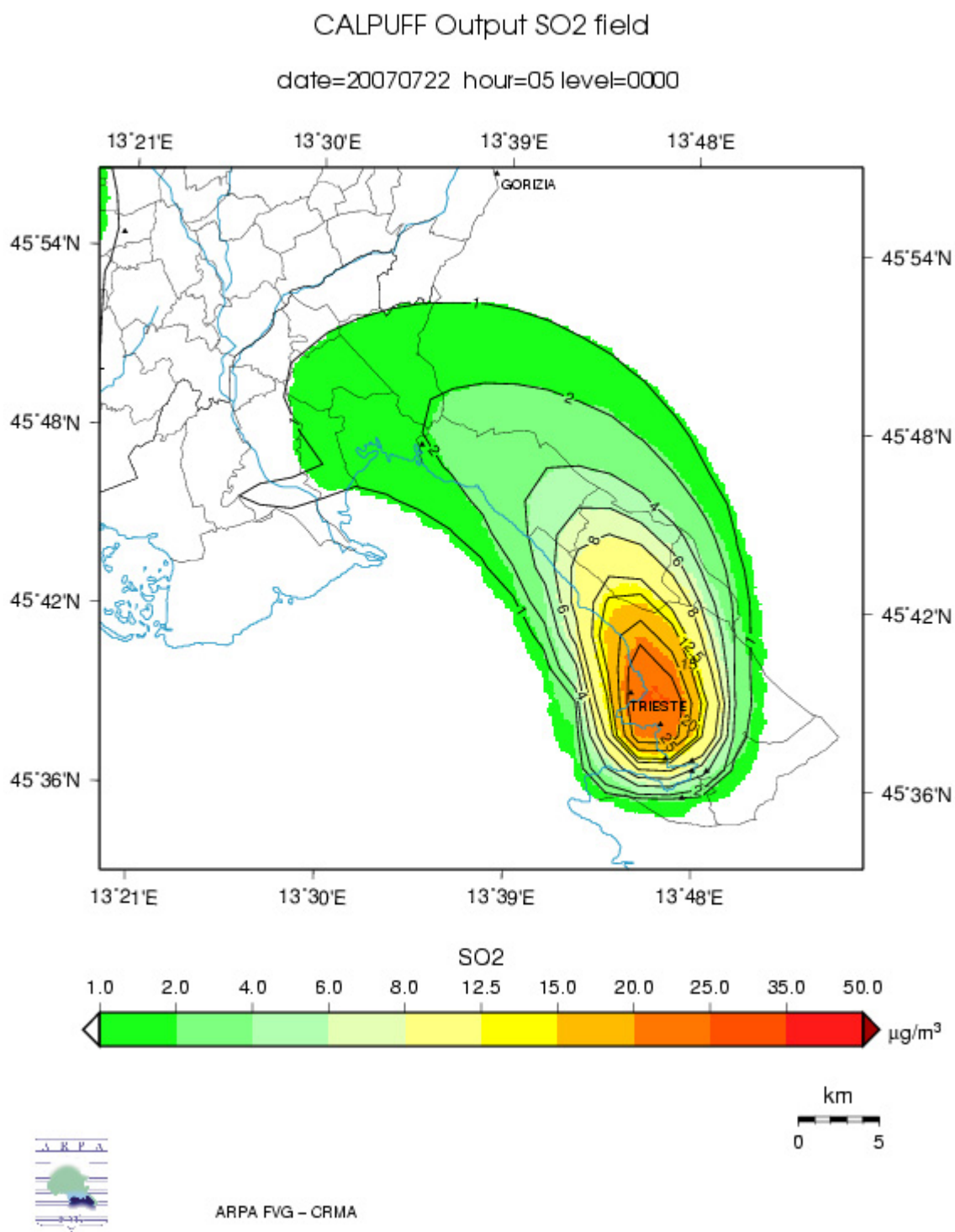


Figura 49 – Distribuzione nell'area interessata delle concentrazioni di SO₂ il giorno 22/07/2007 alle ore 05. Nel modello diffusionale sono state incluse tutte sorgenti puntuali di Ossidi di Zolfo.

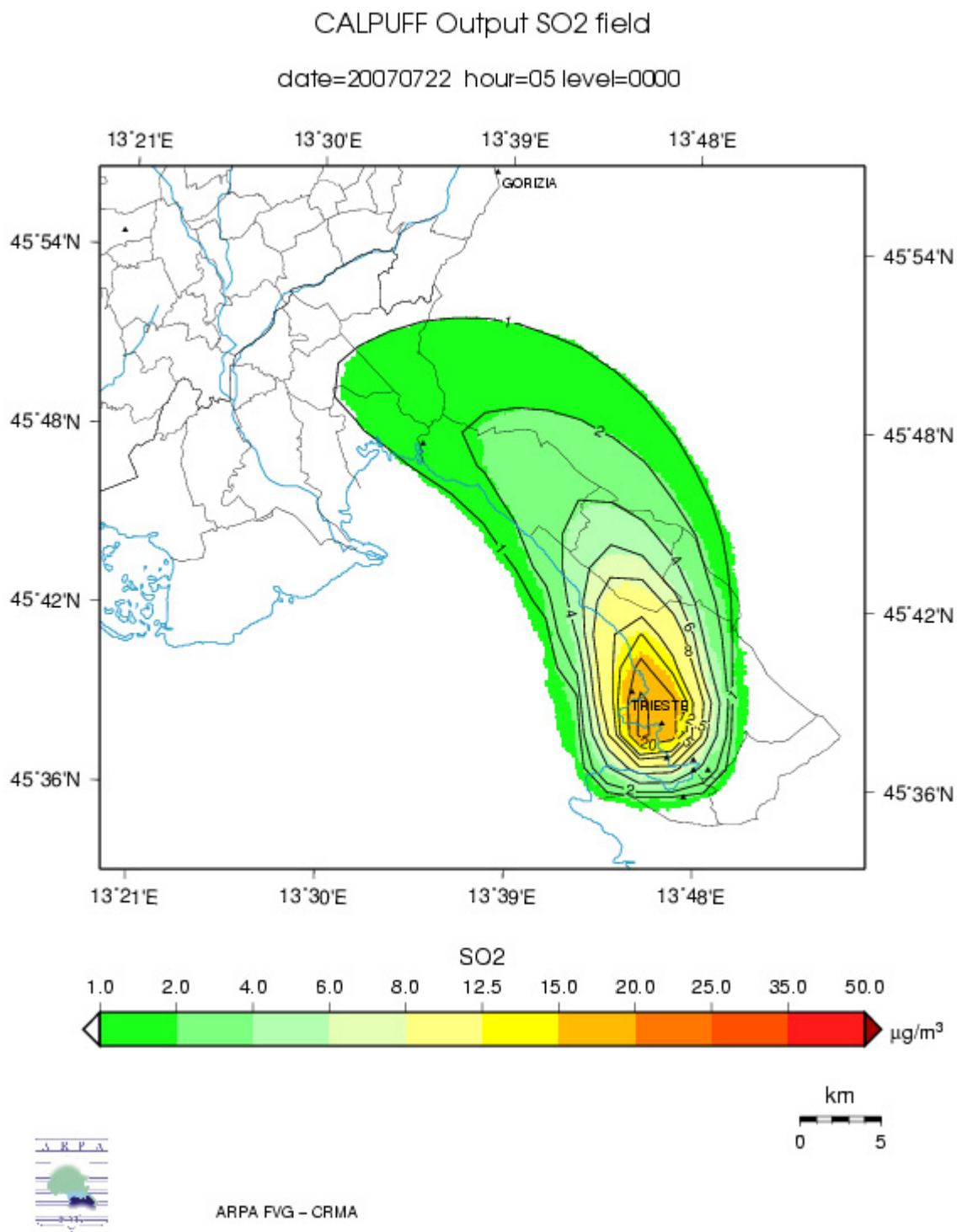


Figura 50 – Distribuzione nell'area interessata delle concentrazioni di SO₂ il giorno 22/07/2007 alle ore 05. Nel modello diffusionale sono state computate unicamente le immissioni in atmosfera di Ossidi di Zolfo provenienti dallo stabilimento di Servola.

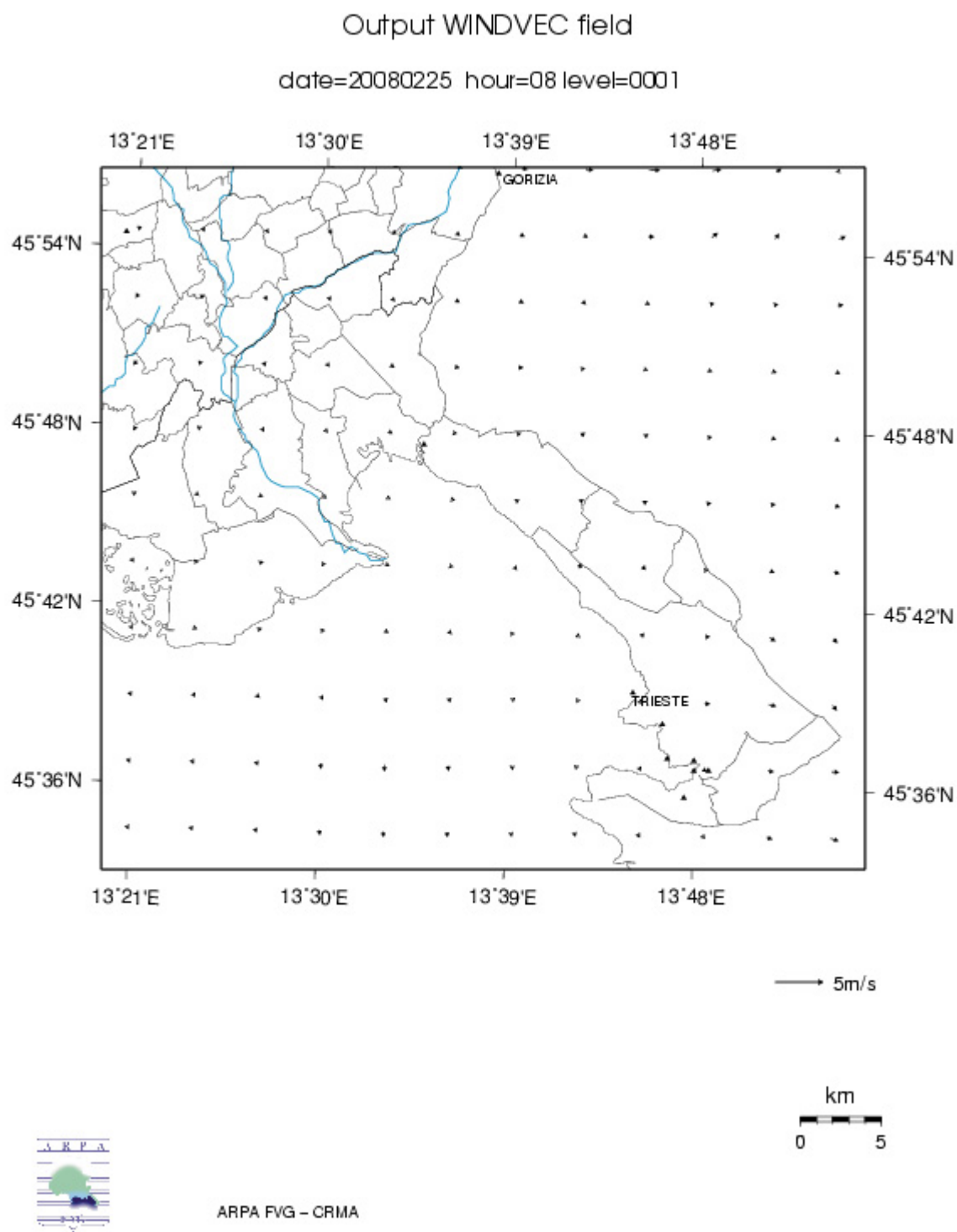


Figura 51 – Direzione ed intensità del vento rilevate il giorno 25/02/2008 alle ore 08 nell'area interessata.

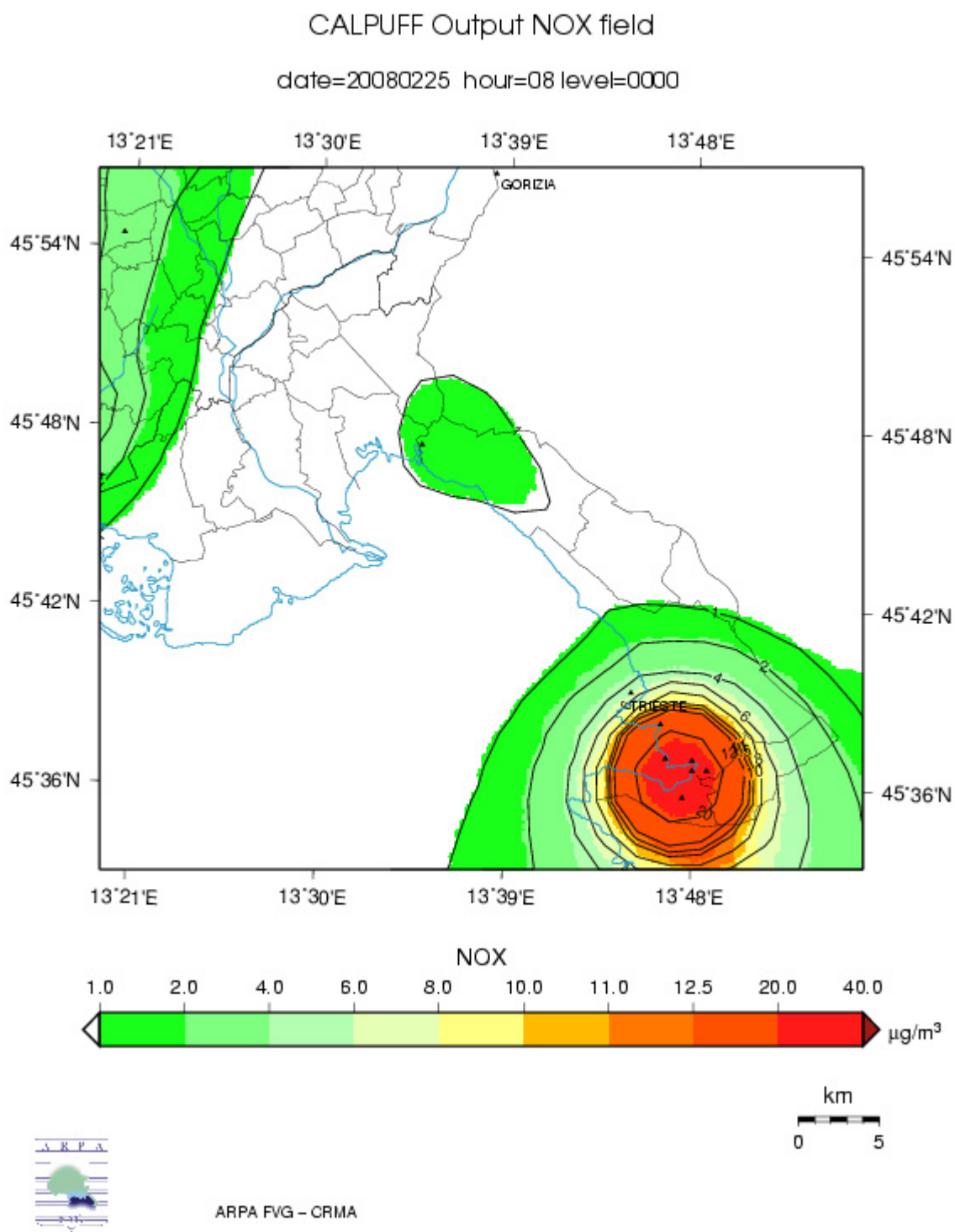


Figura 52 – Distribuzione nell'area interessata delle concentrazioni di NOx il giorno 25/02/2008 alle ore 08. Nel modello diffusionale sono state incluse tutte le sorgenti puntuali di Ossidi di Azoto.

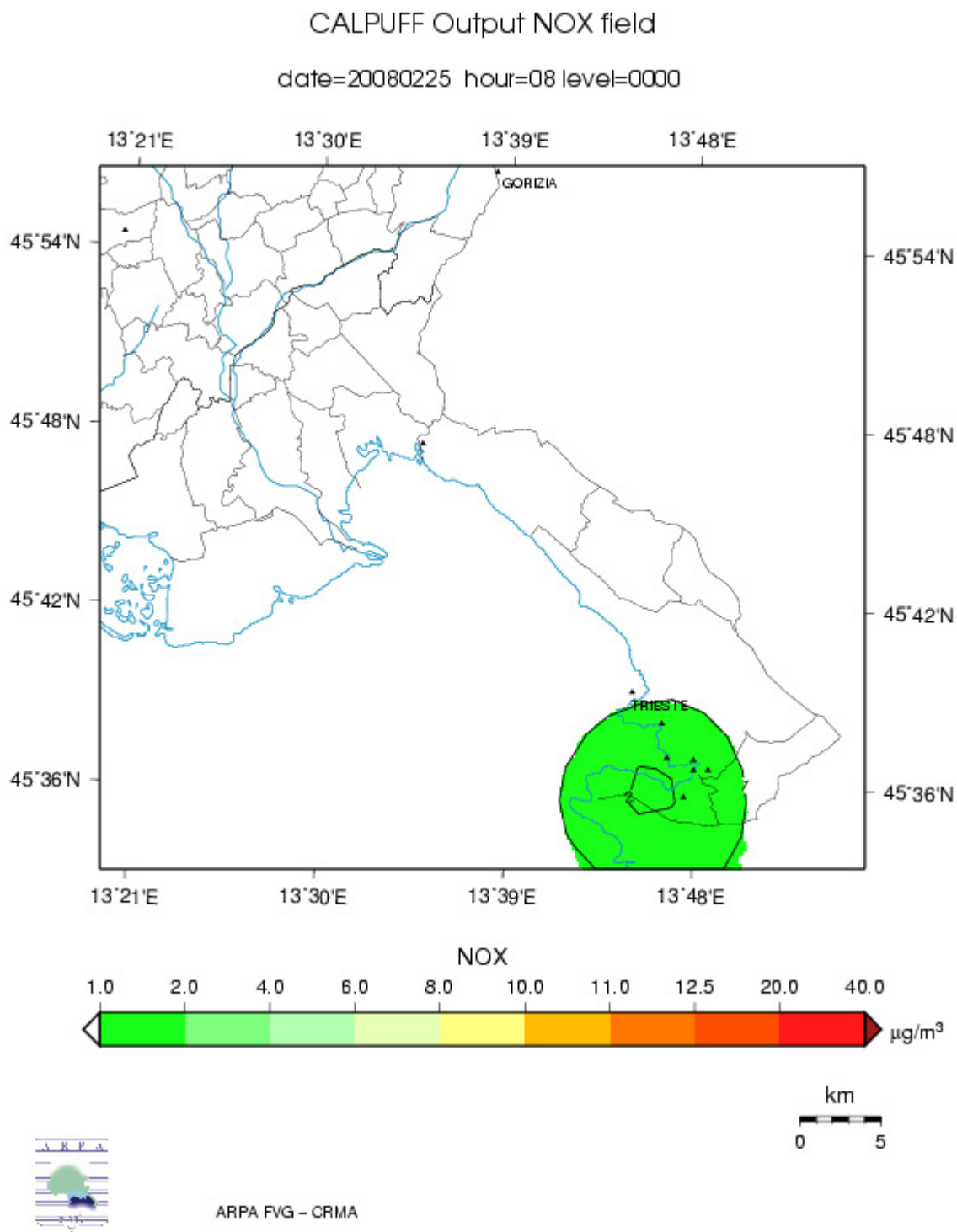


Figura 53 – Distribuzione nell'area interessata delle concentrazioni di NOx il giorno 25/02/2008 alle ore 08. Nel modello diffusionale sono state compute unicamente le immissioni in atmosfera di Ossidi di Azoto provenienti dallo stabilimento di Servola.

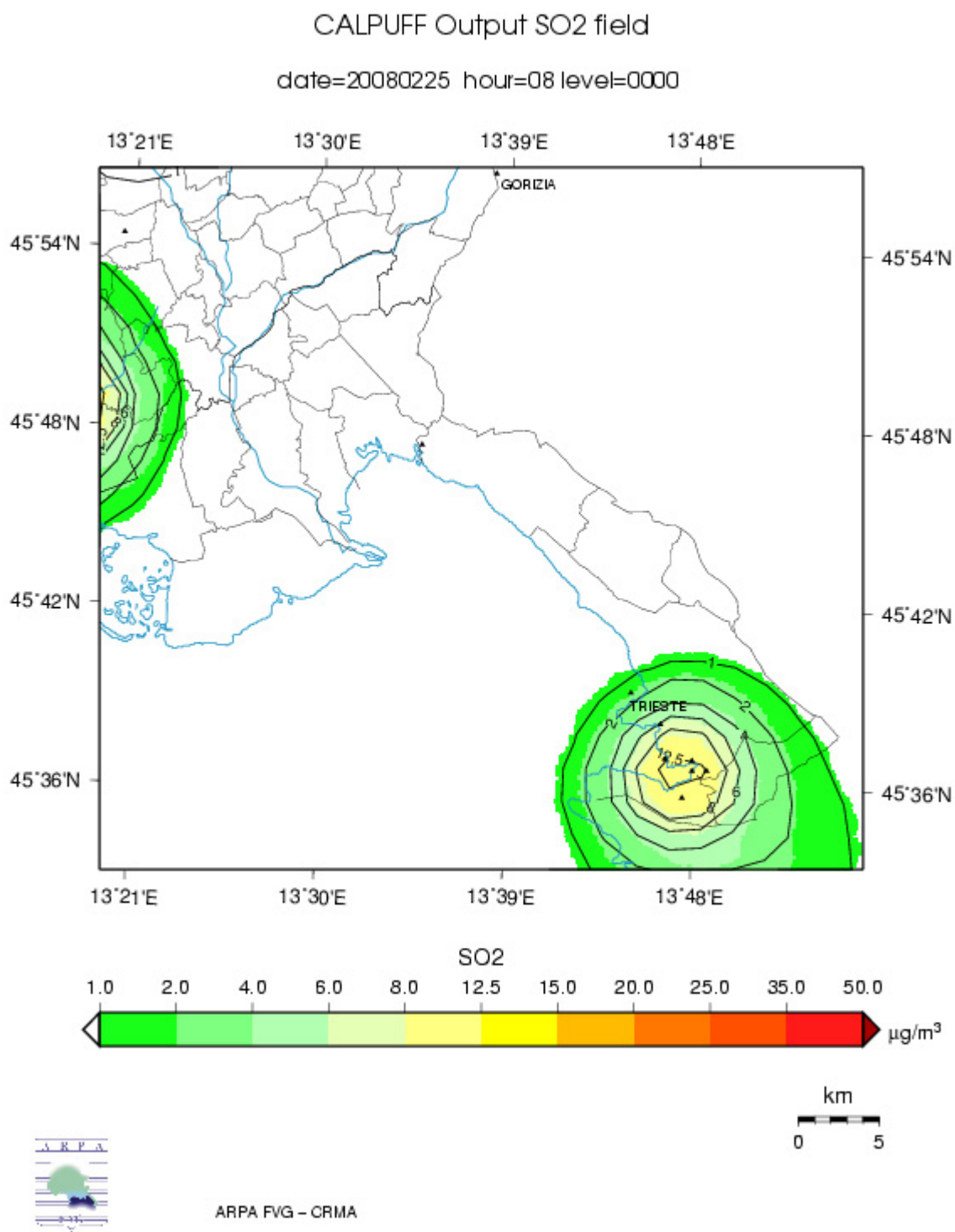


Figura 54 – Distribuzione nell'area interessata delle concentrazioni di SO₂ il giorno 25/02/2008 alle ore 08. Nel modello diffusionale sono state incluse tutte le sorgenti puntuali di Ossidi di Zolfo.

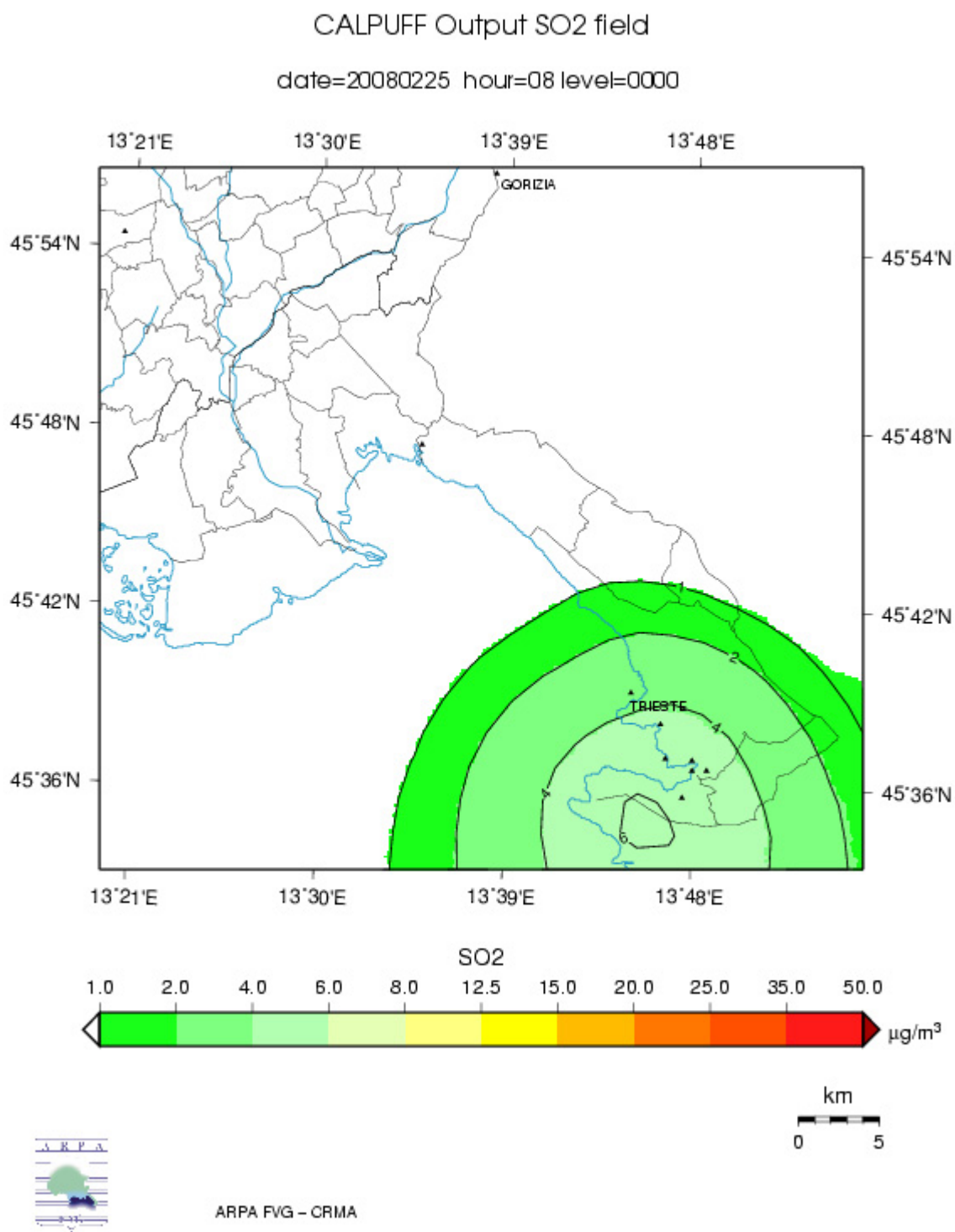


Figura 55 – Distribuzione nell'area interessata delle concentrazioni di SO₂ il giorno 25/2/2008 alle ore 08. Nel modello diffusionale sono state compute unicamente le immissioni in atmosfera di Ossidi di Zolfo provenienti dallo stabilimento di Servola.

5 DISTRIBUZIONE DELLE CONCENTRAZIONI DI PM 10 E BENZO (a) PYRENE NELLA ZONA DI SERVOLA.

Le ripetute criticità ambientali, da tempo segnalate nella zona di Servola a seguito dell'attività produttiva dello stabilimento siderurgico della ditta Lucchini, sono state la principale motivazione per cui, a partire dal secondo semestre dell'anno 2007, nell'ambito dell'attività di vigilanza ambientale attuata dal Dipartimento Provinciale di Trieste, si è stabilito di posizionare il Mezzo Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria in corrispondenza della Stazione R.F.I. di Servola in via S. Lorenzo in Selva, postazione collocata a ridosso del perimetro esterno dello stabilimento siderurgico della Lucchini s.p.a. Tale collocazione, individuata come strategica in ragione della sua efficacia nel registrare emissioni prevalentemente diffuse dallo stabilimento, è da ritenersi pertanto rappresentativa della tipologia degli inquinanti emessi in atmosfera dallo stabilimento siderurgico in questione.

Al fine di assicurare la validità dei dati acquisiti, nel periodo 12-30 ottobre 2007 gli analizzatori presenti sono stati oggetto di una campagna di interconfronto concordata con il Servizio di Metrologia Ambientale dell'APAT, mirata ad assicurare l'affidabilità e la comparabilità dei dati analitici prodotti in loco con quelli acquisiti su tutto il territorio nazionale nelle attività di monitoraggio e controllo della qualità dell'aria.

A partire dal mese di luglio 2007 a tutt'oggi, nella postazione in oggetto vengono con regolarità acquisiti i valori di concentrazione relativi ai seguenti inquinanti aerodispersi (PM10, benzene, SO₂, NO₂, CO, Idrocarburi Policiclici Aromatici).

Nei paragrafi successivi vengono presentate, utilizzando opportuni di dispersione, le distribuzioni delle concentrazioni di PM10 e del Benz(a)pyrene all'interno dell'area abitativa di Servola.

La scelta di tali parametri è stata stabilita sulla base delle informazioni presentate nel capitolo relativo al catasto delle emissioni e delle conoscenze sul ciclo tecnologico dello stabilimento siderurgico, che individuano per l'appunto la frazione PM10 del materiale particolato e il Benz(a)pyrene come tra i più rappresentativi e significativi tra quelli emessi dallo stabilimento Lucchini s.p.a..

5.1 Concentrazioni di PM10 rilevate presso la postazione R.F.I. e relativa elaborazione statistica e diffusione.

Nel corso dell'anno 2008 il valore medio delle concentrazioni di PM10 rilevate presso la stazione R.F.I. è risultato pari a 41 µg /m³ e pertanto lievemente superiore al previsto valore limite annuale per la protezione della salute umana che risulta essere 40 µg /m³. Di gran lunga superiore, al contrario, il numero dei superamenti del valore limite della media giornaliera per la protezione della salute umana (50 µg /m³) da non superarsi più di 35 volte/anno civile: nel corso dell'anno 2008 questo valore limite è risultato essere stato superato per ben 115 volte.

Le successive figure n. 56 e n. 57 ben rappresentano le considerazioni sopra esposte. Da sottolineare come anche nella stazione denominata R.F.I., si osservi, relativamente alla media trascinata mensile, lo stesso andamento già osservato in tutte le altre postazioni dell'area urbana.

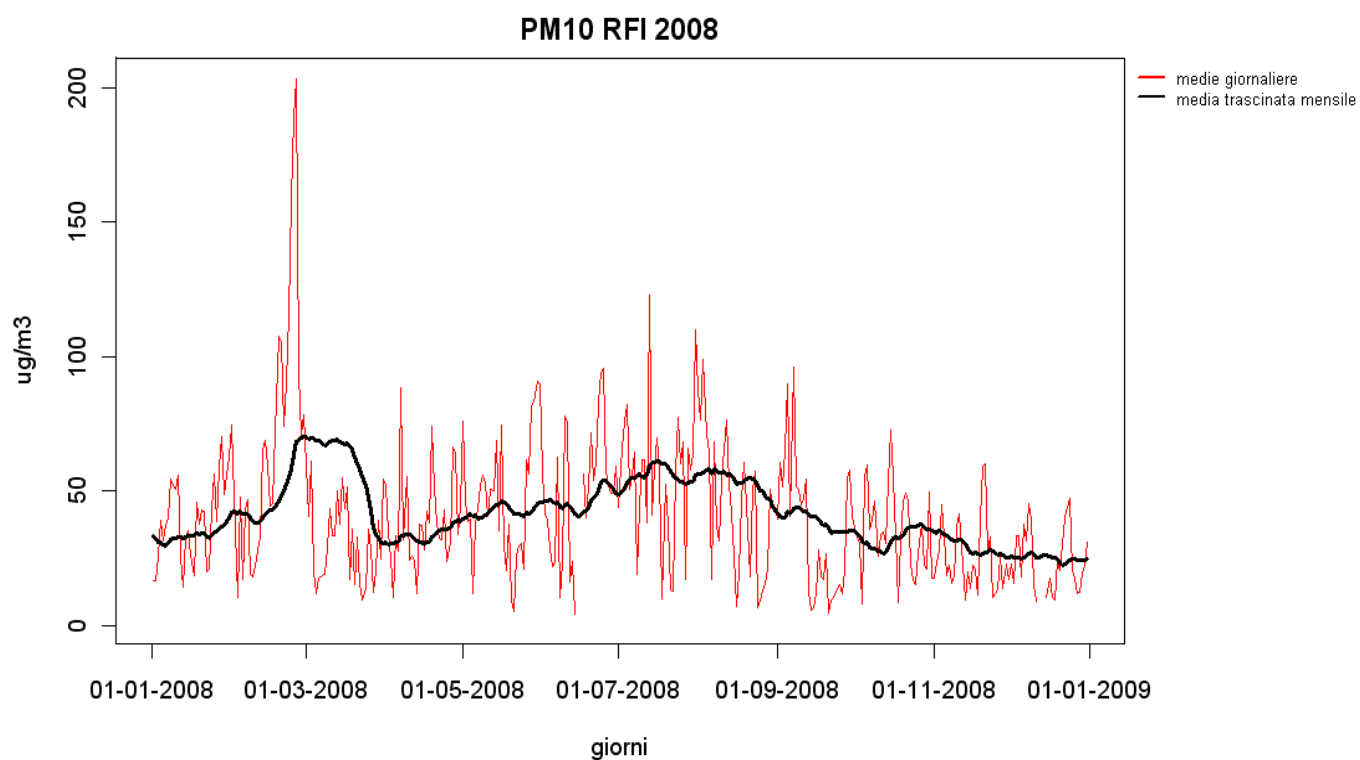


Figura 56 – Andamento delle medie traccinate mensili nell'anno 2008 nella stazione denominata R.F.I..

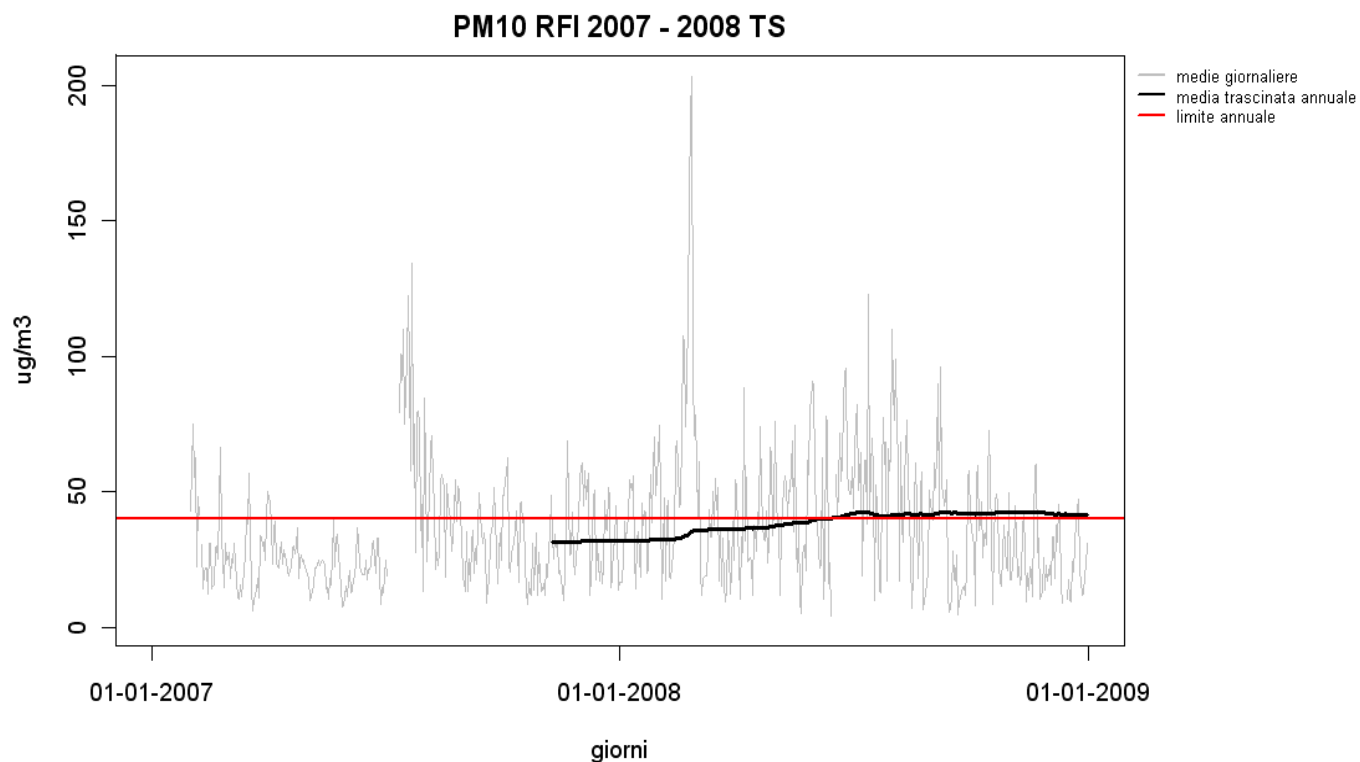


Figura 57 – Andamento delle medie traccinate annue nel periodo luglio 2007-2008 nella stazione denominata R.F.I.

Al fine di una migliore comprensione delle modalità di diffusione di questo inquinante nell'area abitativa del rione di Servola, sono state condotte una serie di elaborazioni sui dati di polveri sottili (PM10) misurati dalle centraline, ed in possesso di ARPA FVG.

Le elaborazioni, eseguite per alcuni giorni considerati rappresentativi delle diverse condizioni meteo-climatiche rinvenibili in zona, hanno fornito un quadro d'insieme delle caratteristiche della qualità dell'aria, ed hanno altresì evidenziato alcune criticità per quanto riguarda la strategia di campionamento necessaria ad un monitoraggio puntuale e nel contempo esteso all'intera area urbana della qualità dell'aria.

5.1.1 Analisi condotte e software utilizzato.

Le analisi condotte hanno riguardato la distribuzione spaziale e temporale delle concentrazioni di polveri sottili misurate dalle centraline di ARPA FVG.

Il periodo di tempo considerato è compreso tra il giorno 13/07/2007, data in cui sono iniziate le rilevazioni presso la centralina montata sul Mezzo Mobile di via S. Lorenzo in Selva (stazione RFI) ed il giorno 11/11/2008, data di estrazione del dataset per le elaborazioni dal Dataserver di ARPA.

I dati elaborati comprendono le concentrazioni orarie di PM10 misurate da 10 centraline presenti nell'area compresa tra piazza Libertà e l'abitato di Muggia. La scelta delle centraline è stata determinata dal fatto che le 10 centraline erano simultaneamente operative nel suddetto periodo di tempo.

Le elaborazioni sono state condotte principalmente grazie alla suite di elaborazione cartografica ArcGIS 9.2 della ESRI, della quale sono state utilizzate le potenzialità 3D dell'estensione 3DAnalyst ed i logaritmi di interpolazione spaziale offerta dall'estensione Geostatistical Analyst.

In particolare come modello di interpolazione dei dati relativi alle polveri sottili, dato il numero dei punti di misurazione, la disposizione spaziale di questi e le accentuate variazioni nelle concentrazioni misurate rispetto al dominio spaziale considerato, è stato utilizzato lo Spline.

Il modello spline stima i valori interpolati utilizzando una funzione matematica (deterministica) che minimizza la curvatura generale della superficie interpolata ed offre come risultato delle superfici che passano esattamente attraverso i valori misurati. E' per questo motivo da considerare come un modello di interpolazione di tipo deterministico ed esatto.

Concettualmente i punti misurati sono estrusi in proporzione al valore della loro magnitudine e lo spline adatta una "membrana di gomma" sui punti così estrusi, cercando di minimizzare la curvatura totale della superficie risultante.

Tale metodo si presta bene per creare superfici che variano in maniera "continua" come nel caso delle concentrazioni di inquinanti presenti in mezzi fluidi.

5.1.2 Elaborazione dei dati.

Lo stabilimento della ferriera di Servola è stato inquadrato nel contorno urbano e paesaggistico utilizzando i dati ufficiali del servizio centrale pianificazione territoriale, autonomie locali e sicurezza - Servizio sistema informativo territoriale e cartografia.

In particolare è stata ricostruita:

- la disposizione degli edifici industriali e civili, partendo dalle geometrie presenti nella Carta Tecnica Regionale Numerica a scala 1:5000 (volo 2003),
- l'orografia dell'intorno urbano, basata su un DTM a risoluzione 40m
- la visione di contorno, basata sulle ortofoto regionali (volo 2000) a risoluzione 50cm.

La validazione delle coordinate delle centraline di rilevamento della qualità dell'aria è stata perseguita attraverso posizionamento e visualizzazione su ortofoto.

I dati trattati riguardano, oltre alla stima degli andamenti medi per l'intero periodo considerato, la distribuzione media giornaliera per tre giornate considerate indicative di condizioni meteo climatiche particolari.

Sono state considerate le seguenti giornate:

- 17/07/2007, venti in regime di brezza e concentrazioni di PM10 relativamente basse in tutte le stazioni considerate;
- 19/07/2007, brezza notturna da terra e vento diurno da ovest con picchi delle concentrazioni di PM10 che raggiungono e superano i $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ per la maggior parte delle stazioni;
- 22/07/2007, vento di libeccio e concentrazioni di PM10 con picchi che raggiungono i $300\mu\text{g}/\text{m}^3$ nella stazione mobile posta nelle immediate adiacenze dell'impianto industriale e concentrazioni che raggiungono e superano i $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ nelle stazioni di via Carpineto e Pitacco.

Risultati:

Le centraline utilizzate per questo studio sono 9 e sono posizionate rispettivamente in Piazza Libertà d'Italia, via Tor Bandena, via Tacco, via Von Bruck, via Svevo, via Pitacco, via Carpineto, via S. Lorenzo in Selva (stazione R.F.I.) e presso l'abitato di Muggia, poco dopo la foce del Rio Ospo sul terrapieno prossimo a via di Trieste (fig. 58).

La disposizione delle centraline non è uniforme lungo gli assi nord-sud ed est-ovest, bensì si presenta asimmetrica con asse nord-sud di circa 6.5Km e asse est-ovest di circa 1.5Km. Tale disposizione influenza le analisi di interpolazione, non permettendo una descrizione estesa alle zone interne della baia di Muggia, quelle prossime a sant'Anna, Monte San Pantaleone, Mattonaia e Bagnoli.

Oltre a ciò, considerando le brezze predominanti, la centralina posta in prossimità di Muggia risulta fuori portata dei fumi provenienti dalla zona industriale di Servola.



Figura 58: posizionamento delle centraline di ARPA.

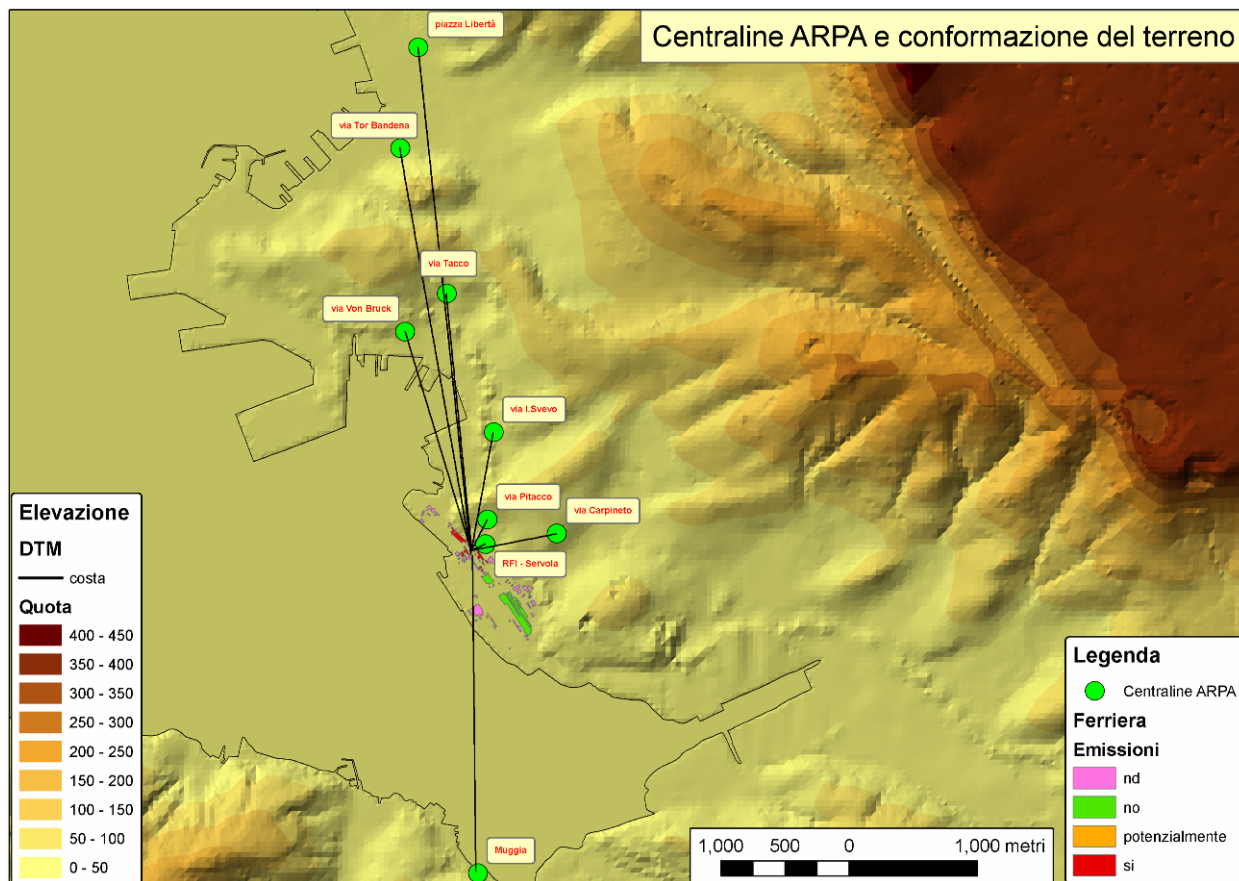


Figura 59: Conformazione del terreno e distribuzione delle centraline di misura PM10.

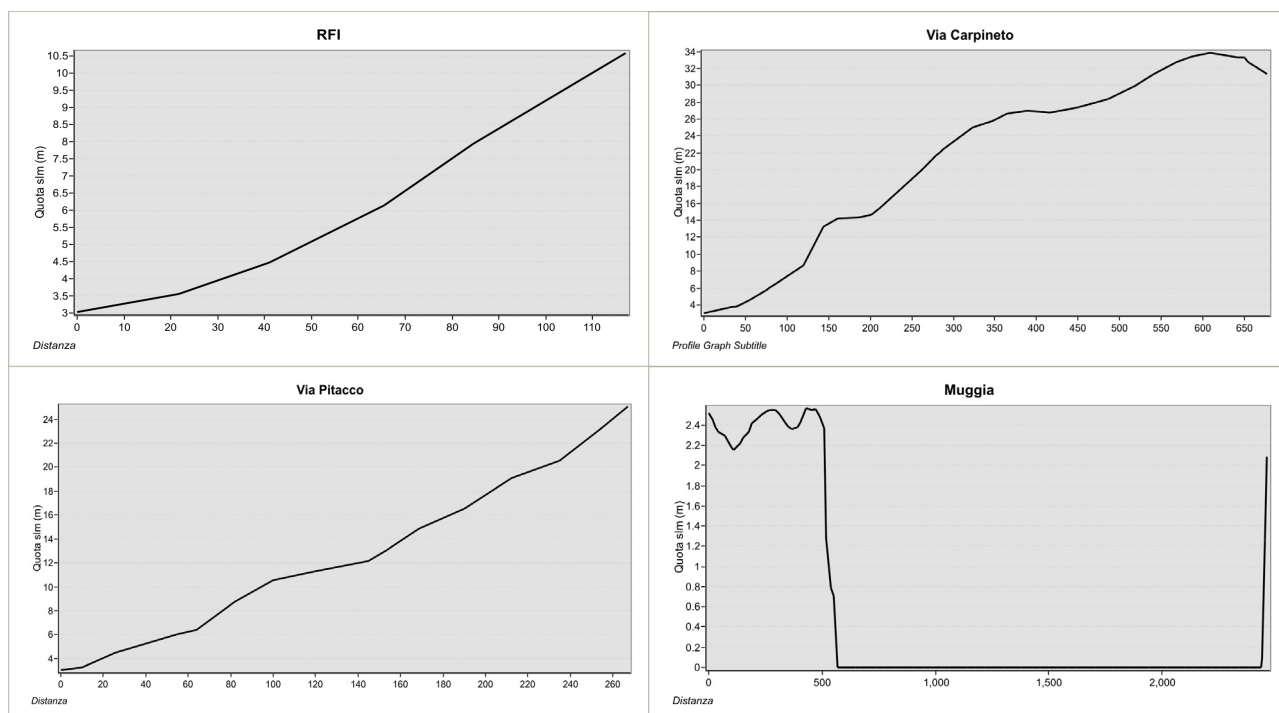


Figura 60: Profili del terreno per le stazioni RFI, Via Carpineto, Via Pitacco e per Muggia.

La conformazione del territorio attorno all'area industriale di Servola fa sì che i gas emessi debbano percorrere distanze e pendii differenti in rapporto alla posizione delle centraline considerate.

Dall'analisi del tragitto di un ipotetico gas che abbia origine in prossimità degli alto forni della ferriera e che si diriga in linea retta alle differenti centraline risulta come le più vicine e direttamente raggiungibili siano quelle di via San Lorenzo in Selva (RFI) e quelle di via Pitacco e di via Carpineto. Muggia risulta relativamente distante (circa 2Km) ma lo spazio compreso tra la zona industriale e la centralina non presenta asperità del terreno.

Le altre centraline sono a distanze crescenti ed i gas provenienti dalla ferriera debbono oltrepassare ostacoli di varia altezza. In particolare via Svevo, Tacco e Von Bruck sono oltre il costone del colle di Servola, via Tor Bandena e piazza della Libertà sono oltre il promontorio ed il Colle di San Giusto (figura n.61) .

Oltre alle asperità naturali del terreno i gas emessi dalla ferriera si scontrano con gli edifici civili che risultano densamente presenti al suo intorno (figura n. 62).

La distribuzione dei gas e delle polveri convogliate da questi risente pertanto dei molteplici fattori di cui sopra e le concentrazioni tenderanno a decrescere velocemente all'aumentare della distanza dall'origine.

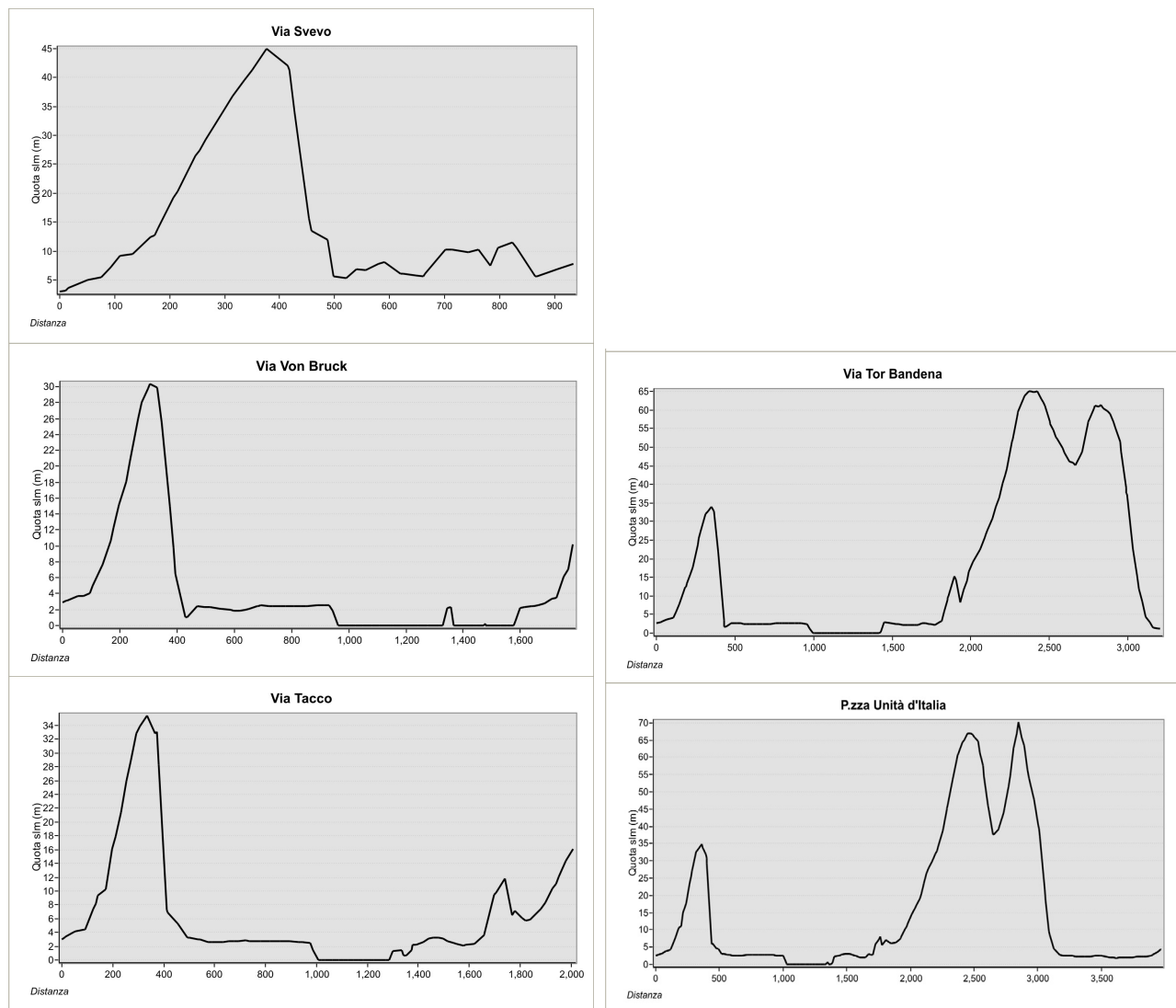


Figura 61: Profili terreno per Via Tor Bandena, Piazza Unità d'Italia, via Svevo, via von Bruck e via Tacco.

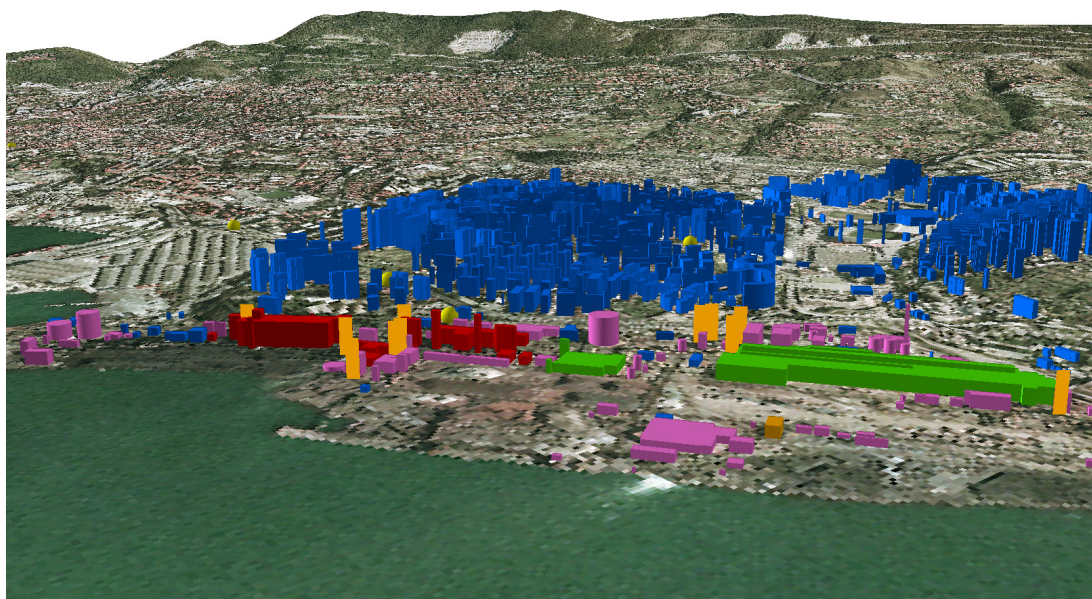
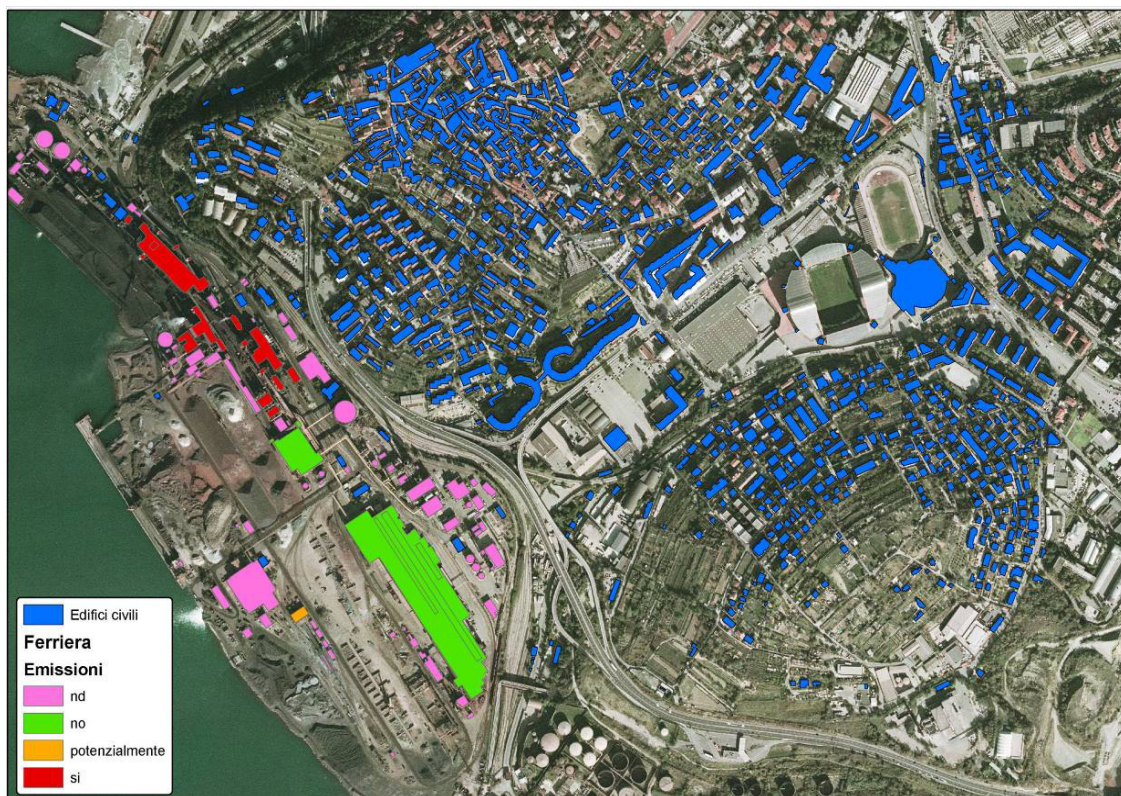


Figura 62: Edifici industriali e civili nella zona della ferriera di Servola.

Dall'analisi degli andamenti medi orari delle concentrazioni di polveri sottili per l'intero periodo preso in considerazione (13/07/2007 – 11/11/2008) emergono profili differenti nelle varie stazioni. La stazione RFI mostra un andamento sinusoidale regolare, con un minimo di concentrazione attorno alle cinque del mattino ed il massimo attorno alle sei del pomeriggio.

Tale andamento è probabilmente imputabile alla variazione della direzione del vento che, in regime di brezza, presenta due direzioni prevalenti; i dati sulle direzioni della brezza costiera misurate da OSMER in corrispondenza del molo Fratelli Bandiera evidenziano, infatti, due componenti principali; brezza da EST-SUD/EST durante le ore tardo-serali fino alla mattina e brezza da OVEST-NORD/OVEST durante la tarda mattinata fino al tardo pomeriggio. Le rimanenti centraline rilevano concentrazioni medie orarie di PM10 che, all'aumentare della distanza rispetto alla ferriera, presentano andamenti influenzati più dai picchi giornalieri di traffico che non dal variare giornaliero delle brezze costiere.

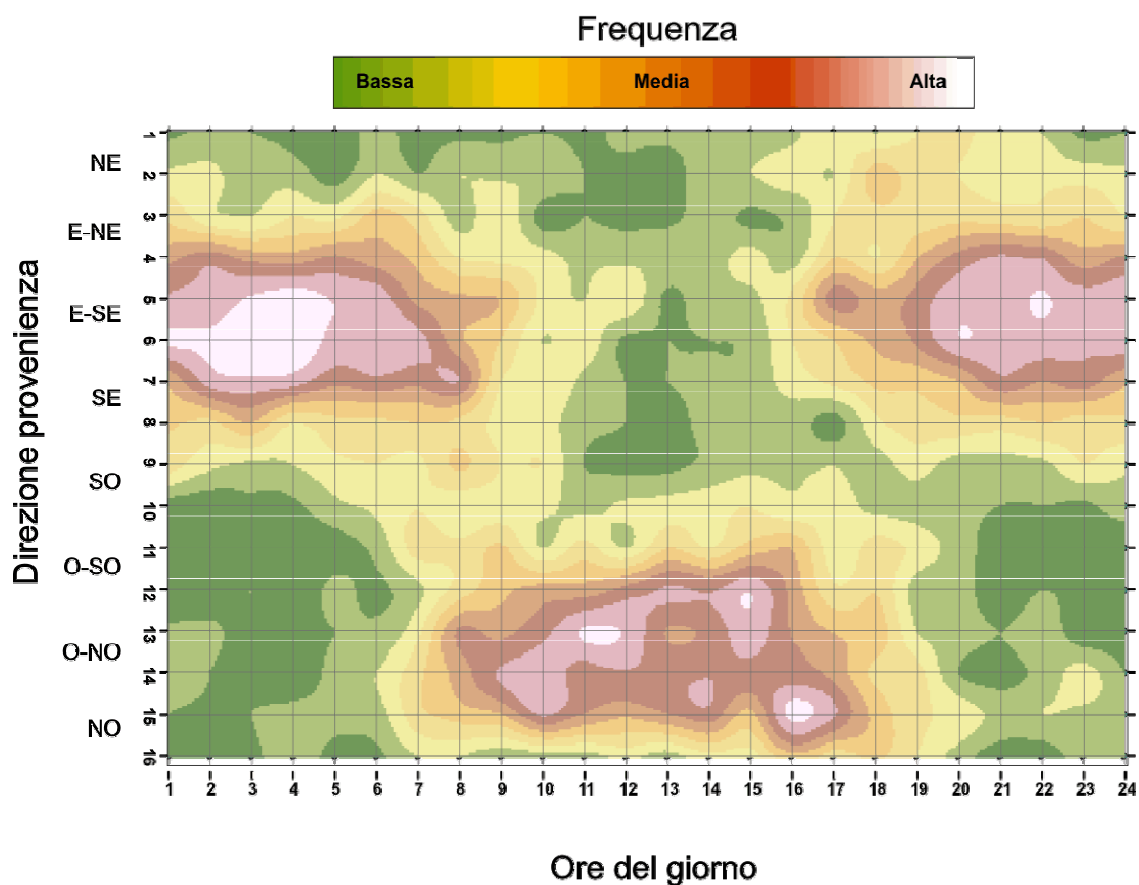
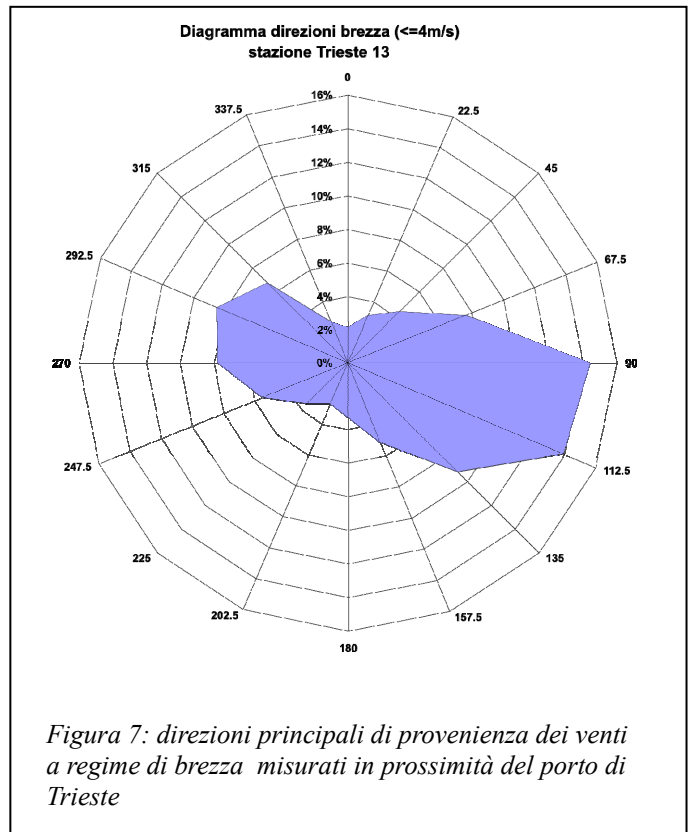


Figura 63: frequenza della provenienza della brezza rispetto alle ore della giornata

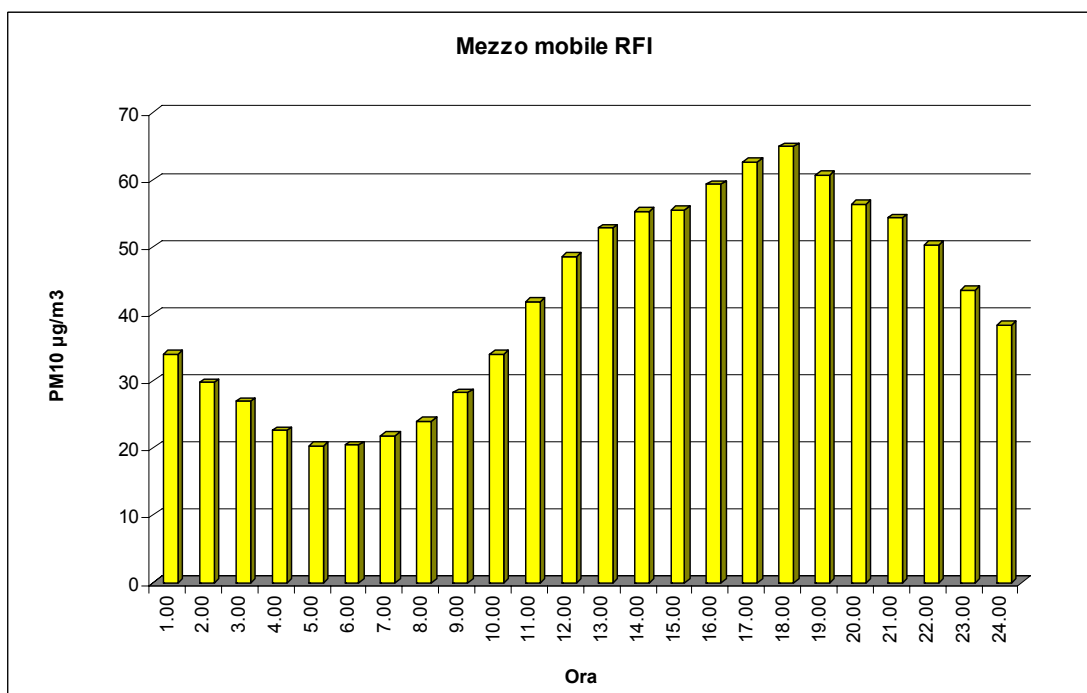


Figura 64: andamento medio orario (13/07/2007 – 11/11/2008) delle polveri sottili nella stazione RFI.

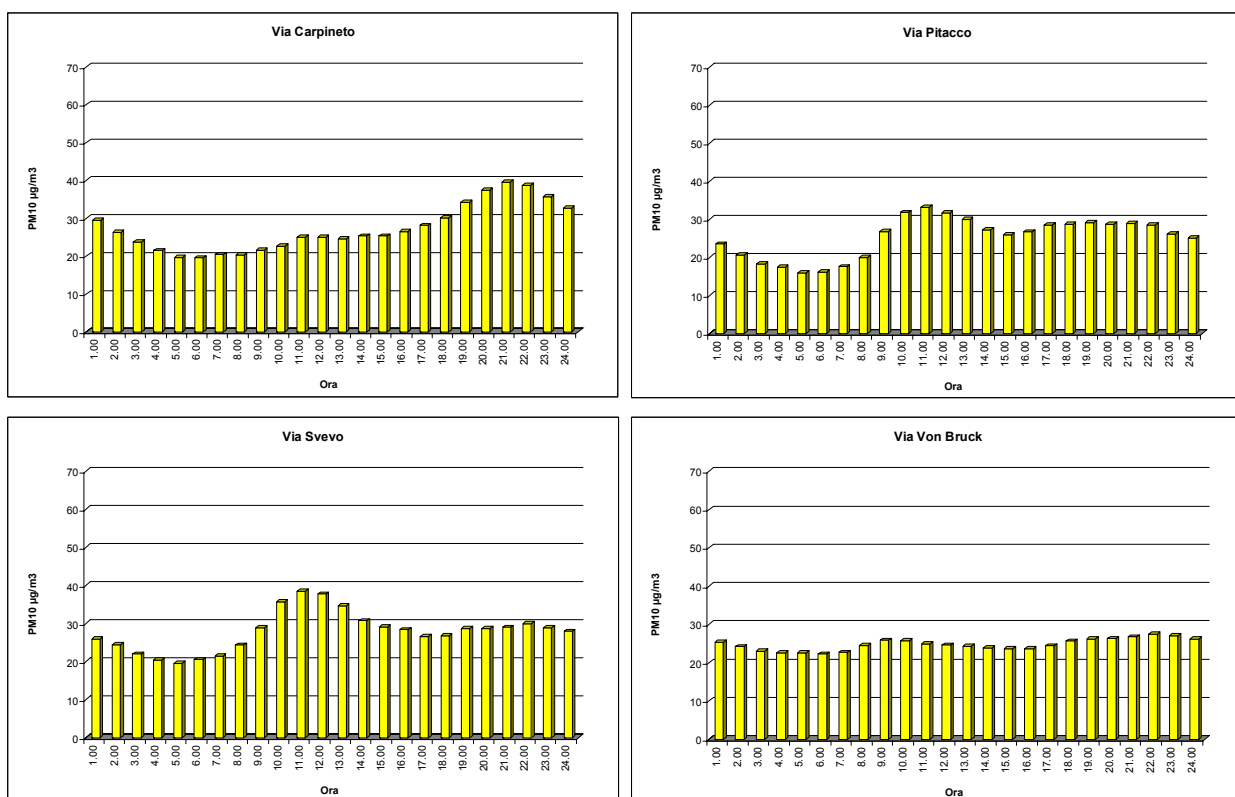


Figura 65: andamento medio orario (13/07/2007 – 11/11/2008) delle polveri sottili nelle stazioni prossime alla ferriera di Servola.

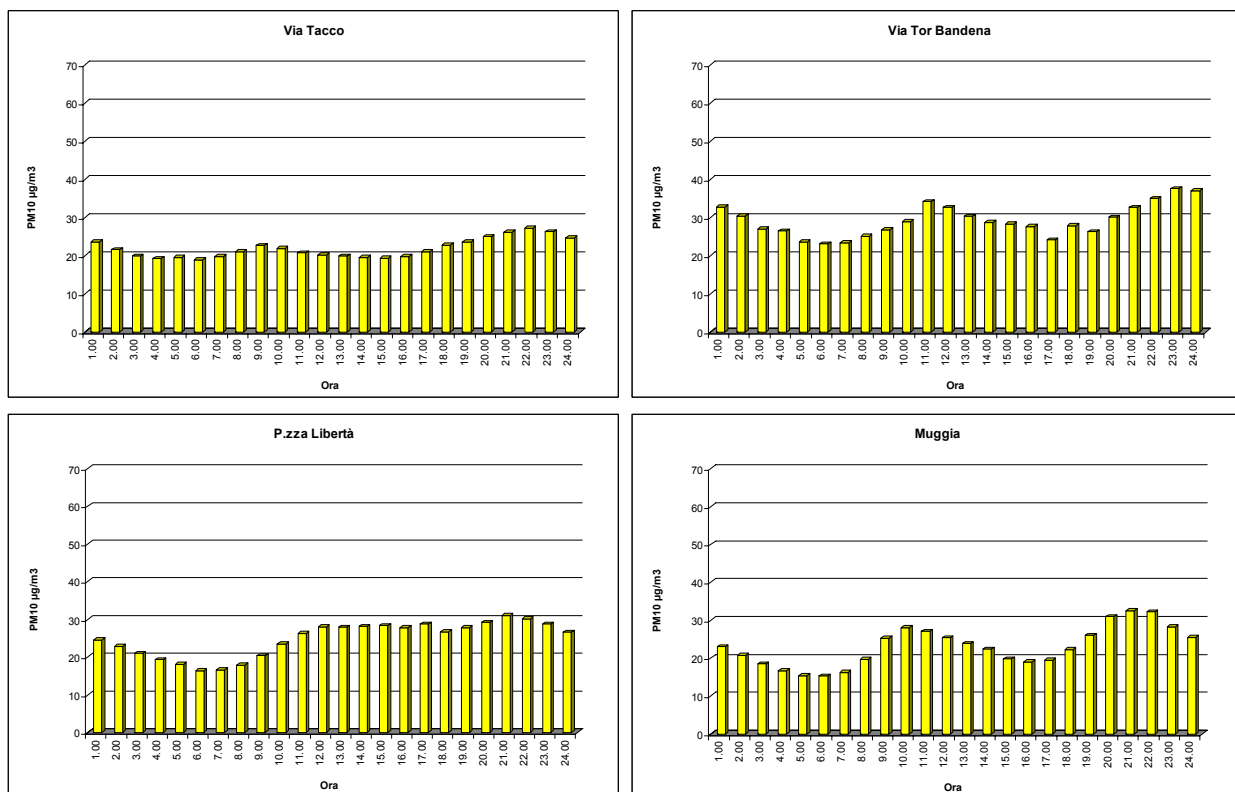


Figura 66: andamento medio orario (13/07/2007 – 11/11/2008) delle polveri sottili nelle stazioni più distanti rispetto alla ferriera di Servola.

Analisi di alcune giornate tipo

L'analisi delle concentrazioni delle polveri sottili è stata condotta in tre giornate tipo, il 17 luglio 2007, il 19 luglio 2007 ed il 22 luglio 2007; le concentrazioni medie delle quali sono riportate nella seguente tabella (dati in $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Data	17/07/2007	19/07/2007	22/07/2007
Via S.Lorenzo in S. (staz. RFI)	74.9	122.6	124.4
Muggia	48.0	88.5	62.0
P.zza Libertà	24.6	44.7	30.1
Via Carpineto	36.8	70.0	51.9
Via Pitacco	40.3	96.0	65.4
Via Svevo		102.4	31.6
Via Tacco	22.3	32.7	18.2
Via Tor Bandena	23.7	37.1	24.8
Via Von Bruck	25.5	34.2	19.6

17 luglio 2007, giorno con venti a regime di brezza (intensità media 1.8m/s, massima 4.5m/s) e leggero ristagno a livello urbano. Le concentrazioni medie di polveri sottili sono comprese tra i 22.3 ed i 74.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. I valori orari di PM10 evidenziano come le maggiori concentrazioni siano rinvenibili attorno alla ferriera di Servola, più precisamente in via Carpineto, Pitacco ed in corrispondenza della centralina di Muggia (fig. 67). Le interpolazioni mostrano un maggior ristagno a livello dell'intorno della ferriera ed in generale della baia di Muggia, le zone a nord dell'area industriale, oltre il colle di Servola evidenziano le concentrazioni minori osservabili in questa data (fig 68).

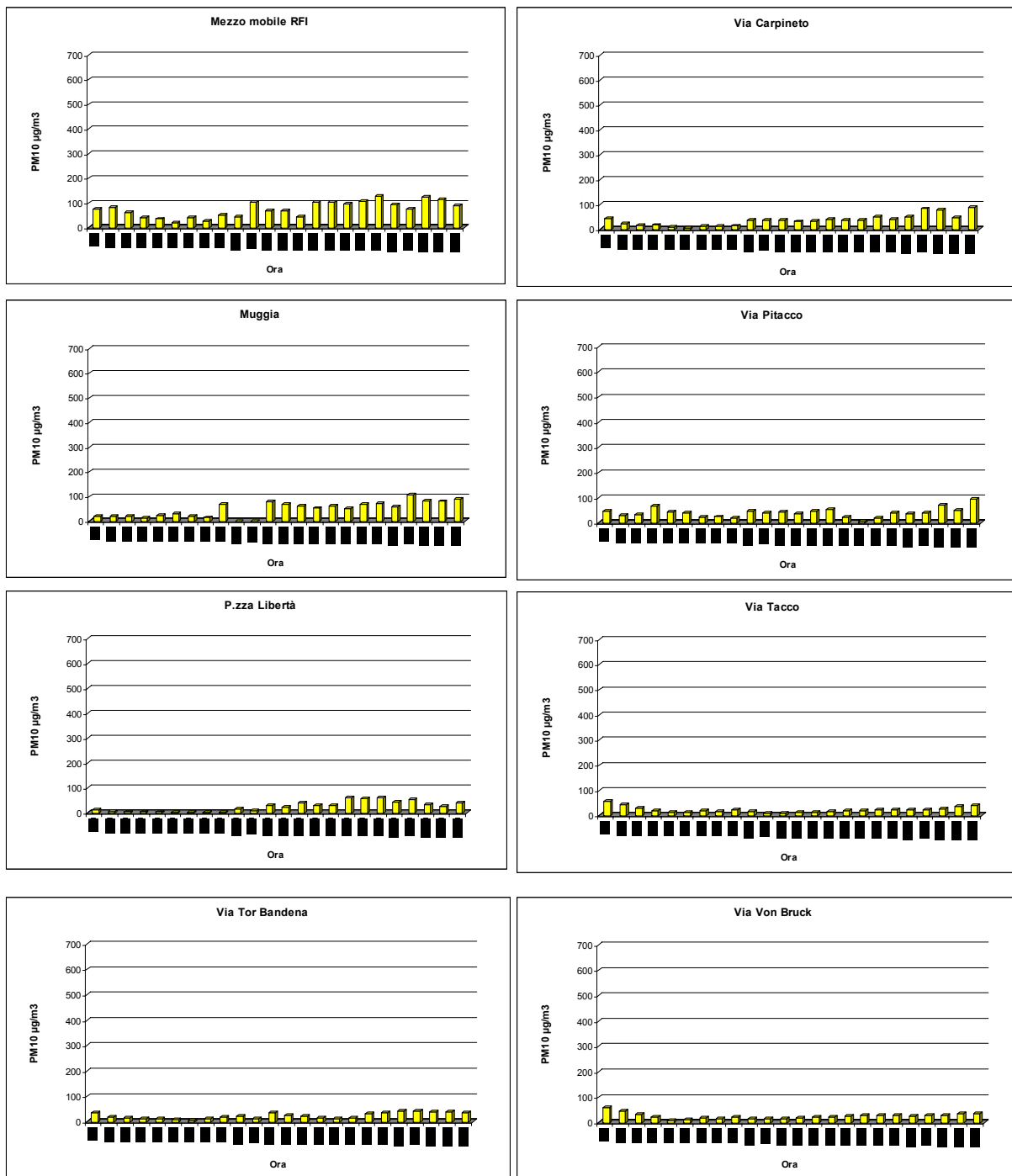
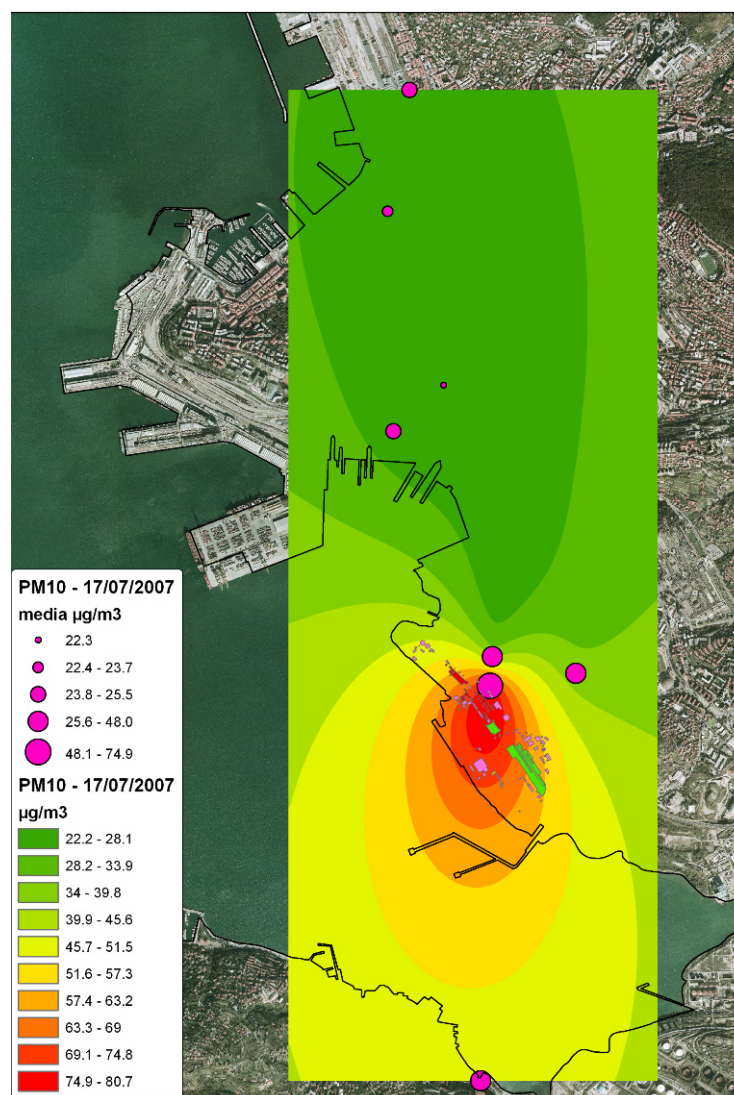


Figura 67: 17/07/2007 - andamenti orari delle concentrazioni di PM10 nelle diverse stazioni.



Gradiente

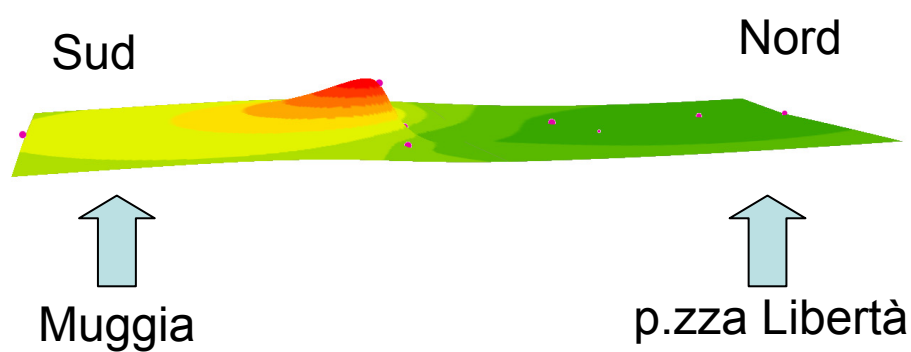


Figura 68:17/07/2007 - interpolazione dei valori di PM10 sull'area monitorata dalle centraline di ARPA

19/07/2007 brezza notturna da terra e diurna da ovest (intensità media 1.1m/s, massima 2.2m/s). Le concentrazioni medie di polveri sottili sono comprese tra i 32.7 ed i 102.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. I valori orari di PM10 evidenziano come le concentrazioni attorno alla ferriera di Servola siano maggiori rispetto alla giornata dei 17/07, e l'effetto si fa maggiormente sentire nelle stazioni adiacenti (fig. 69). Le stazioni adiacenti a quella di via S. Lorenzo in Selva presentano inoltre maggiormente marcati picchi della prima mattina e della sera, probabilmente dovuti all'aumentare del traffico urbano corrispondente a queste ore.

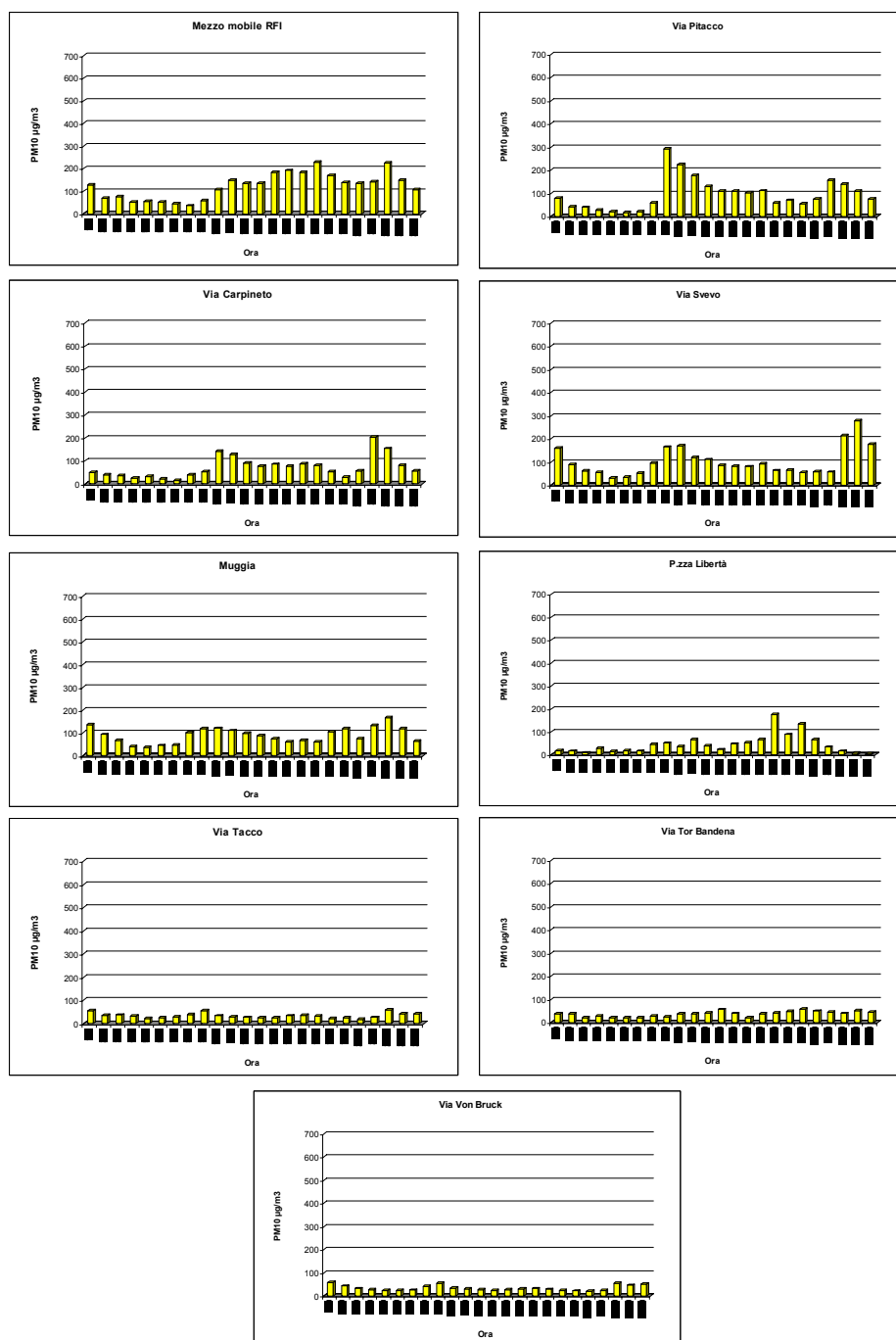
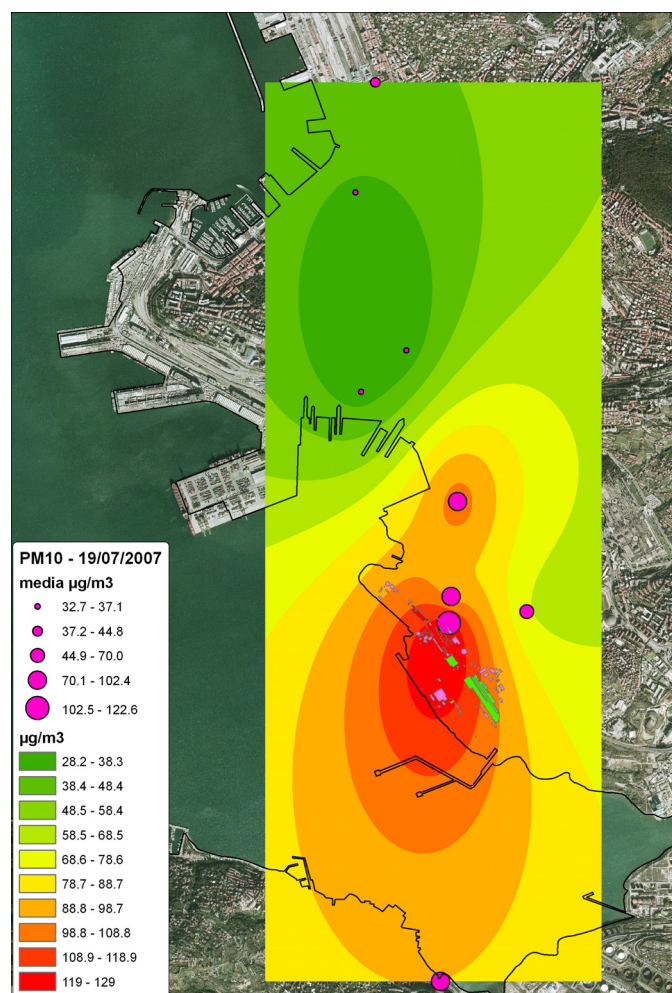


Figura 69: 19/07/2007 - andamenti orari delle concentrazioni di PM10 nelle diverse stazioni.

Le interpolazioni mostrano un ristagno, ancora maggiore rispetto alla giornata del 17/07, a livello dell'intorno della ferriera ed in generale della baia di Muggia (fig. 70).

L'area urbana di Trieste presenta concentrazioni di PM10 decisamente minori rispetto a quanto rinvenibile a livello di Servola e della baia di Muggia.



Gradiente 3D

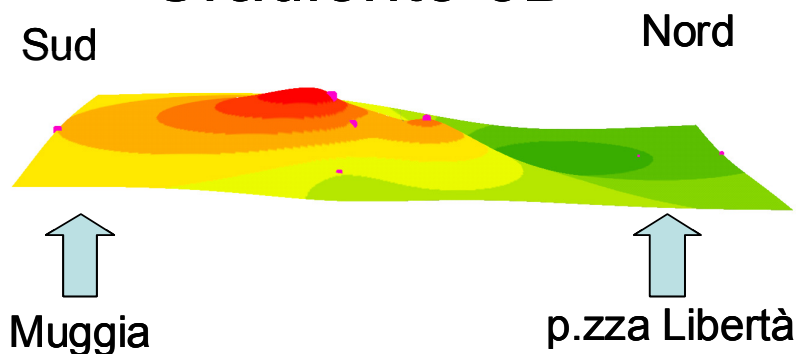


Figura 70: 19/07/2007 - interpolazione dei valori di PM10 sull'area monitorata dalle centraline di ARPA.

22 luglio 2007, giornata con evento di libeccio, vento proveniente da SO con media di 3m/s e massimo di 5.4m/s. Le concentrazioni si rinvergono decisamente elevate in corrispondenza della stazione RFI (media 124 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), abbastanza elevate in via Carpineto, via Pitacco, a Muggia e relativamente basse nelle rimanenti stazioni (fig. 71). Le interpolazioni evidenziano un picco di concentrazioni di PM10 a livello della stazione RFI. Con valori che decrescono rapidamente all'aumentare della distanza da questa stazione.

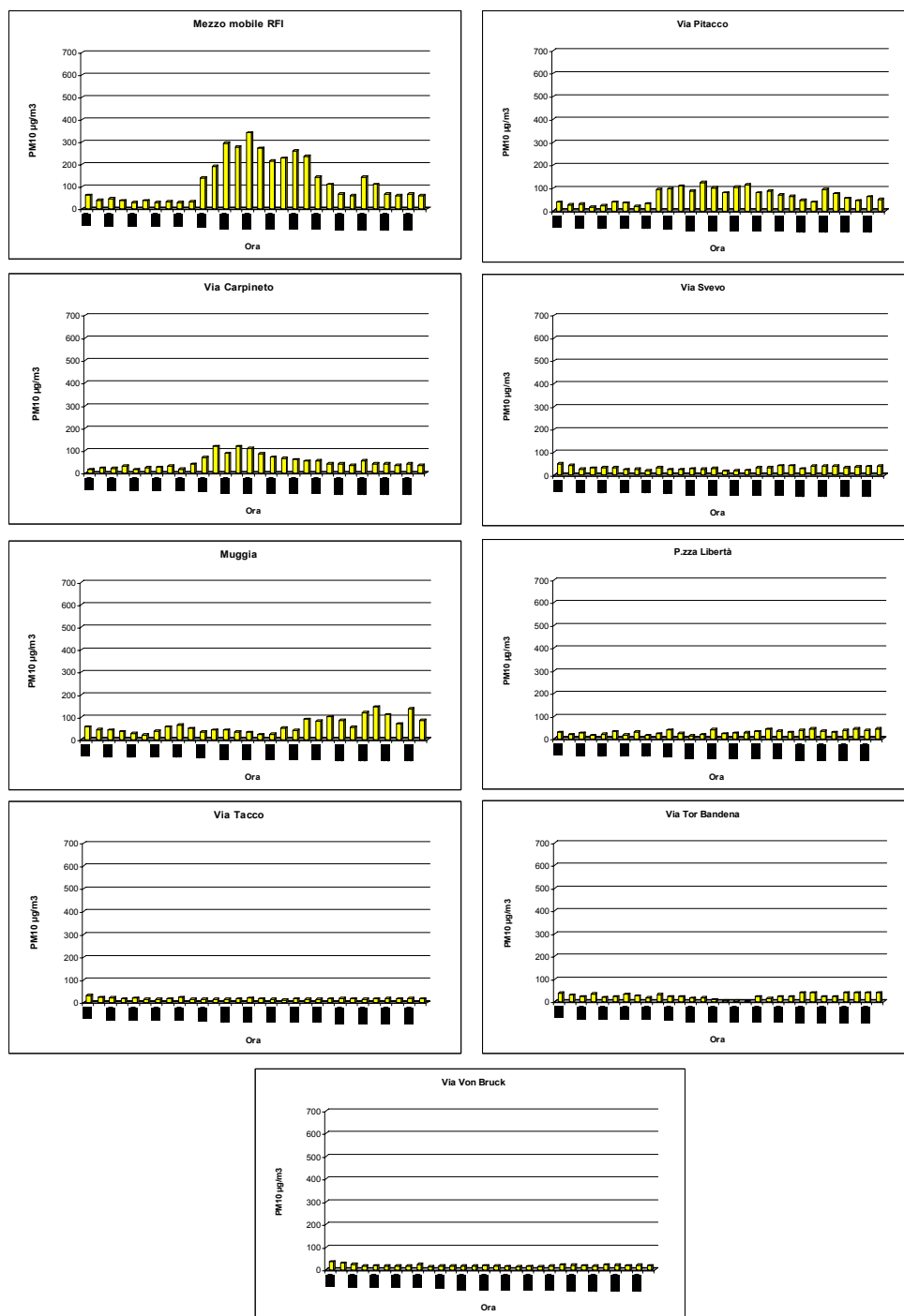


Figura 71: 22/07/2007 - andamento dei valori di PM10 nelle centraline di ARPA.

Tale effetto è probabilmente dovuto ad un'azione di dispersione e diluizione delle polveri sottili dovute al vento sostenuto (fig. 72).

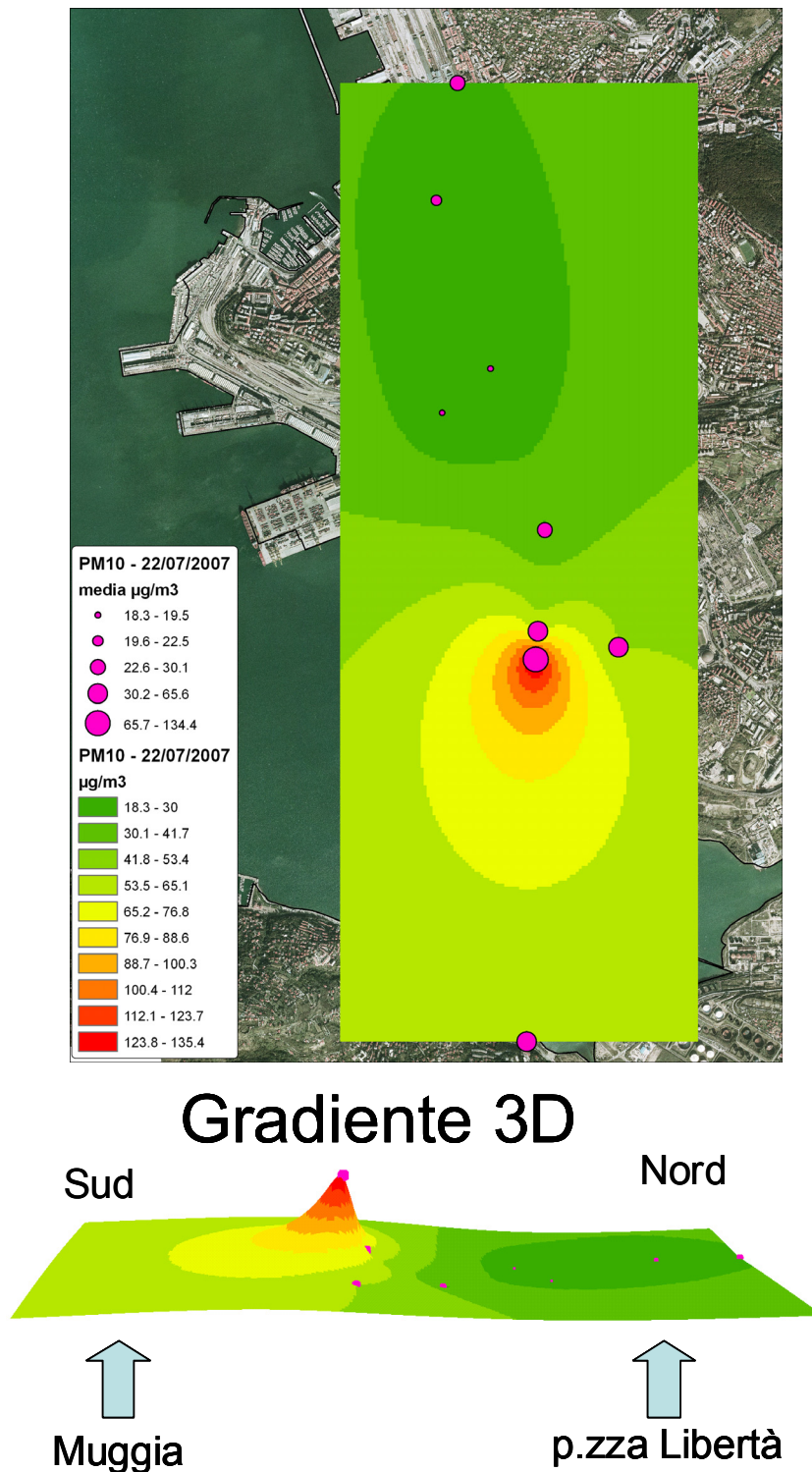


Figura 72: 22/07/2007 - interpolazione dei valori di PM10 misurati dalle centraline di ARPA.

In generale si nota un decremento abbastanza rapido delle concentrazioni di PM10, a distanze crescenti a partire dalla centralina RFI, in tutti i casi esaminati.

Le concentrazioni più elevate sono sempre rinvenibili nella stazione RFI, posta a NE dell'impianto siderurgico di Servola; le stazioni adiacenti sembrano risentire dell'effetto delle emissioni di quest'ultima in misura variabile a seconda delle condizioni meteo di contorno.

Tutte le stazioni risentono in misura variabile dell'effetto emissivo del traffico urbano; tale dato è particolarmente evidente considerando la centralina di Muggia, anche se tutte le altre centraline misurano picchi dovuti alle emissioni di scarico dei veicoli urbani.

Le stazioni in prossimità del centro di Trieste risentono molto poco delle elevate concentrazioni provenienti dalla zona industriale di Servola; per queste è presumibile l'unico impatto dovuto al traffico urbano, che in ogni caso comporta concentrazioni di PM10 sempre al di sotto dei valori medi concessi dalla normativa vigente.

5.2 Concentrazioni di Benzo(a)pyrene rilevate presso la postazione R.F.I. e relativa elaborazione statistica e diffusione .

Una più approfondita valutazione delle concentrazioni di Benz(a)pyrene rilevate nella zona di Servola e le relazioni con le caratteristiche meteorologiche (in particolare direzione ed intensità del vento) viene riportata nel successivo paragrafo.

La presente relazione, elaborata dal Centro Regionale di Modellistica Ambientale, sintetizza lo studio effettuato relativo all'impatto delle immissioni di Benzo[a]pyrene nell'area urbana prospiciente lo stabilimento della società LUCCHINI S.p.A. ubicato in v. di Servola, 1 – Trieste. I valori di Benzo[a]pyrene (BaP) registrati nelle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria poste nelle vicinanze dello stabilimento vengono messi in relazione con le caratteristiche meteorologiche registrate nell'area, in particolare con i valori registrati di direzione del vento.

5.2.1 Analisi dei dati di Benzo(a)pyrene misurati.

I dati di BaP, forniti dal dipartimento ARPA di Trieste sono dati giornalieri ottenuti dall'analisi dei campioni di polveri rilevati dalle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria situate in via Pitacco, via Carpineto, via Svevo e dai dati raccolti dal mezzo mobile posizionato presso la R.F.I. in via San Lorenzo in Selva.

Nella successiva tabella n. 9 sono riportati i dettagli relativi alle stazioni di monitoraggio.

Tabella n. 9 - Dati relativi alle stazioni di monitoraggio considerate per l'analisi.

Denominazione stazione	Coordinate (GBE)	Intervallo temporale complessivo
Via Svevo	5053711-2424973	01.01.2006 – 30.11.2008
Via Pitacco	5053030-2424925	01.01.2006 – 30.11.2008
Via Carpineto	5052922-2425467	01.01.2006 – 15.11.2008
Via S. Lorenzo in Selva (R.F.I.)	5052941-2424909	13.07.2007 – 30.11.2008

In figura 73 si riporta la planimetria dell'area di interesse con indicazione delle stazioni di monitoraggio considerate

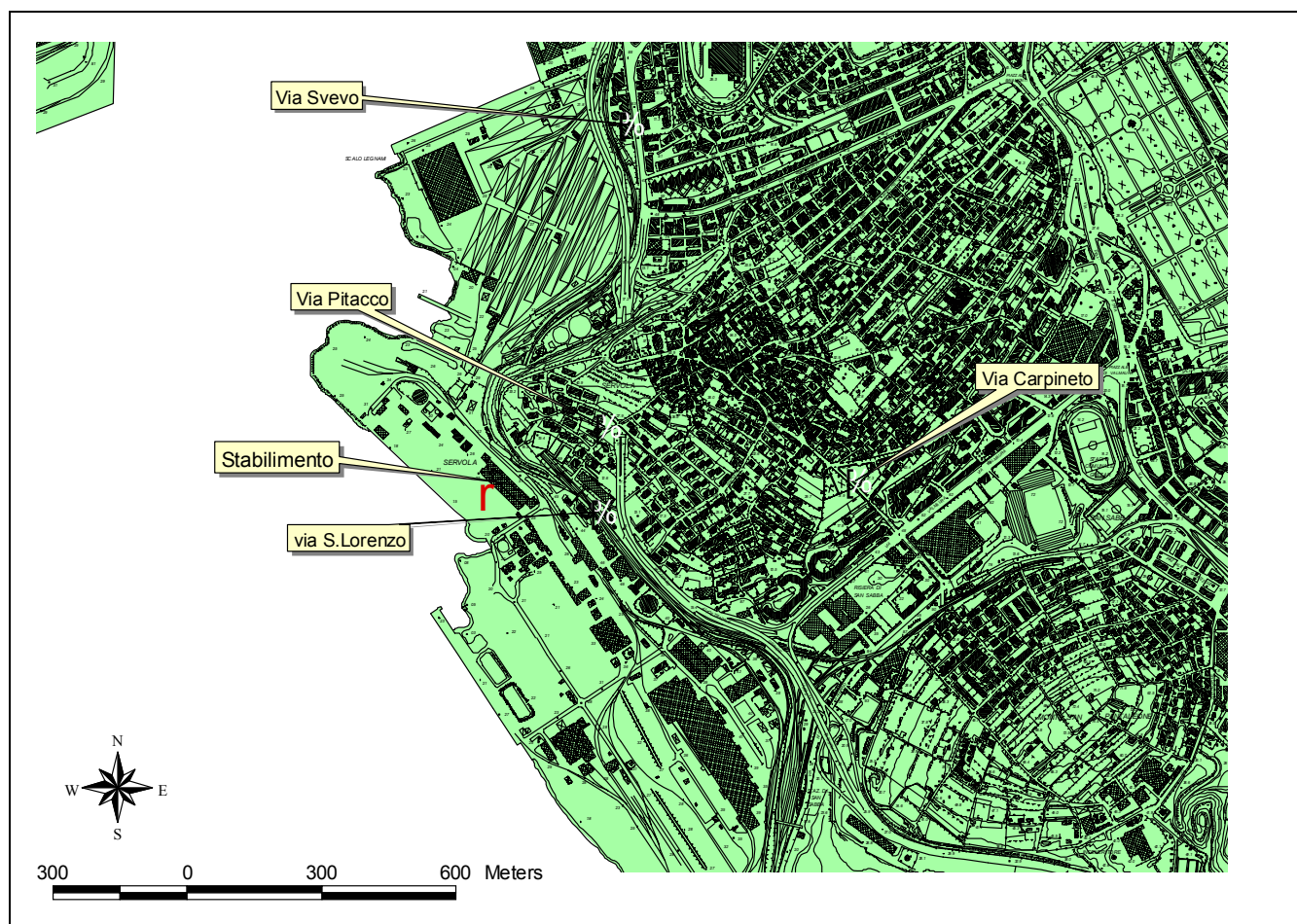


Figura 73: planimetria dell'area di interesse con indicazione dei punti di monitoraggio e del centro di emissione.

Una prima analisi dei dati, elaborata a scopi puramente descrittivi sulle serie di dati che si hanno a disposizione, viene effettuata utilizzando tutti i dati di concentrazione giornaliera di BaP.

Per ciascuna stazione i dati vengono elaborati in modo da ottenere i valori medi e le corrispondenti deviazioni standard relative alla finestra temporale nella quale si hanno dati per tutte e quattro le stazioni (tabella 2.1).

	Media (ng/m³)	Deviazione standard (ng/m³)	Numero di dati validi
Via Svevo	0.50	0.78	348
Via Carpineto	0.76	0.92	157
Via Pitacco	1.08	1.9	326
S. Lorenzo in Selva (R.F.I.)	5.4	7.1	494

Tabella n. 10 : indici statistici dei dati di BaP calcolati nell'intervallo temporale di dati disponibili sovrapponibile per le quattro stazioni: dal 13 luglio 2007 al 30 giugno 2008.

I dati di BaP ottenuti dalla stazione di Carpineto e dalla postazione S. Lorenzo in Selva (R.F.I.) sulla base di campionamenti di PM10, vengono analizzati calcolando la media mobile annuale considerando il 33% come periodo minimo di copertura. Nelle successive figure n 74 e n.

75 si riportano i grafici relativi alla media annuale trascinata sovrapposti alle concentrazioni giornaliere ed il valore obiettivo di 1 ng/m^3 indicato dalla normativa (D.Lgs 152/07).

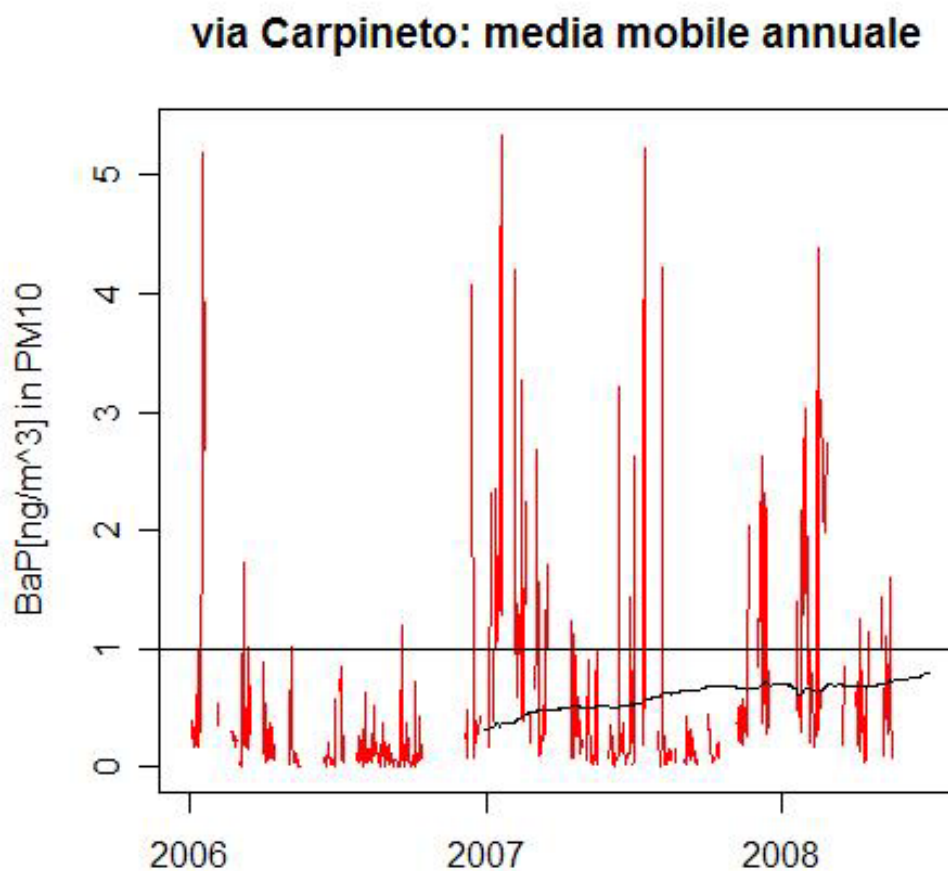


Figura 74. Grafico relativo alla media mobile annuale dei dati di BaP registrati dalla stazione di via Carpineto. In rosso si riportano i valori giornalieri, in nero la media mobile annuale. 1 ng/m^3 è il valore obiettivo indicato dalla normativa.

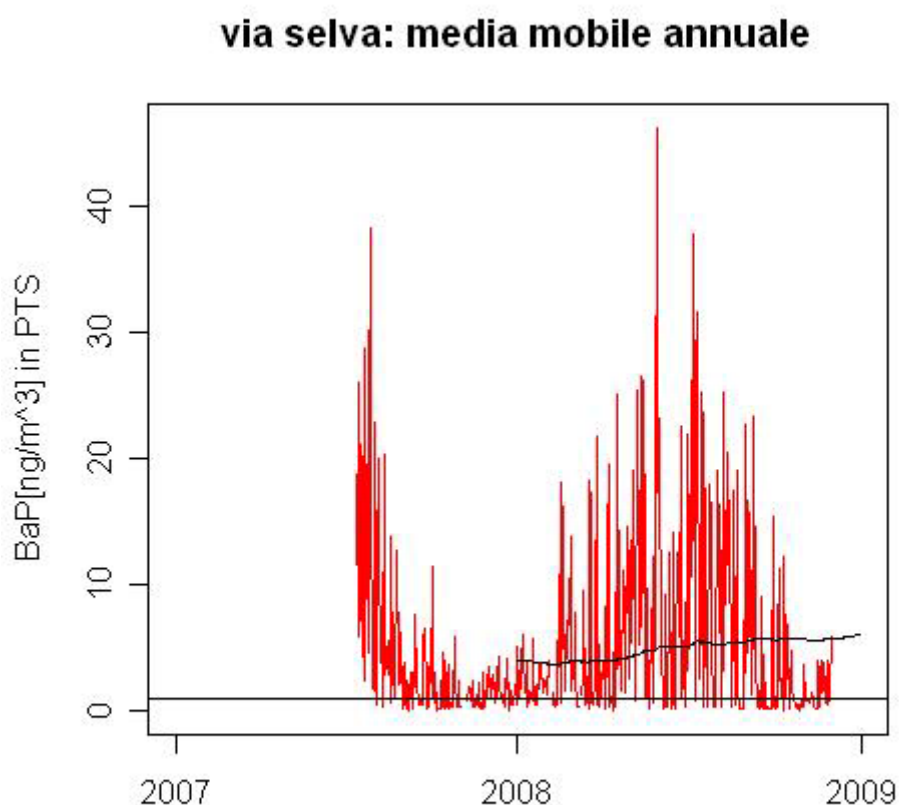


Figura 75. *Grafico relativo alla media mobile annuale dei dati di BaP registrati dalla stazione di via S.Lorenzo in Selva (R.F.I.). In rosso si riportano i valori giornalieri, in nero la media mobile annuale. 1 ng/m³ è il valore obiettivo indicato dalla normativa.*

Nelle figure 76 e 77 vengono presentati i dati giornalieri di concentrazione di BaP misurati nelle stazioni site in via Pitacco ed in via Svevo, rispettivamente. I dati di BaP sono ottenuti dalla misura di polveri totali, pertanto il valore di concentrazione calcolato utilizzando la media mobile annuale è confrontabile con il valore obiettivo riportato dal DM 25/11/1994 attualmente superato dal D.Lgs 152/07. Il livello relativo ad 1 ng/m³ viene tratteggiato sul grafico.

via Pitacco: media mobile annuale

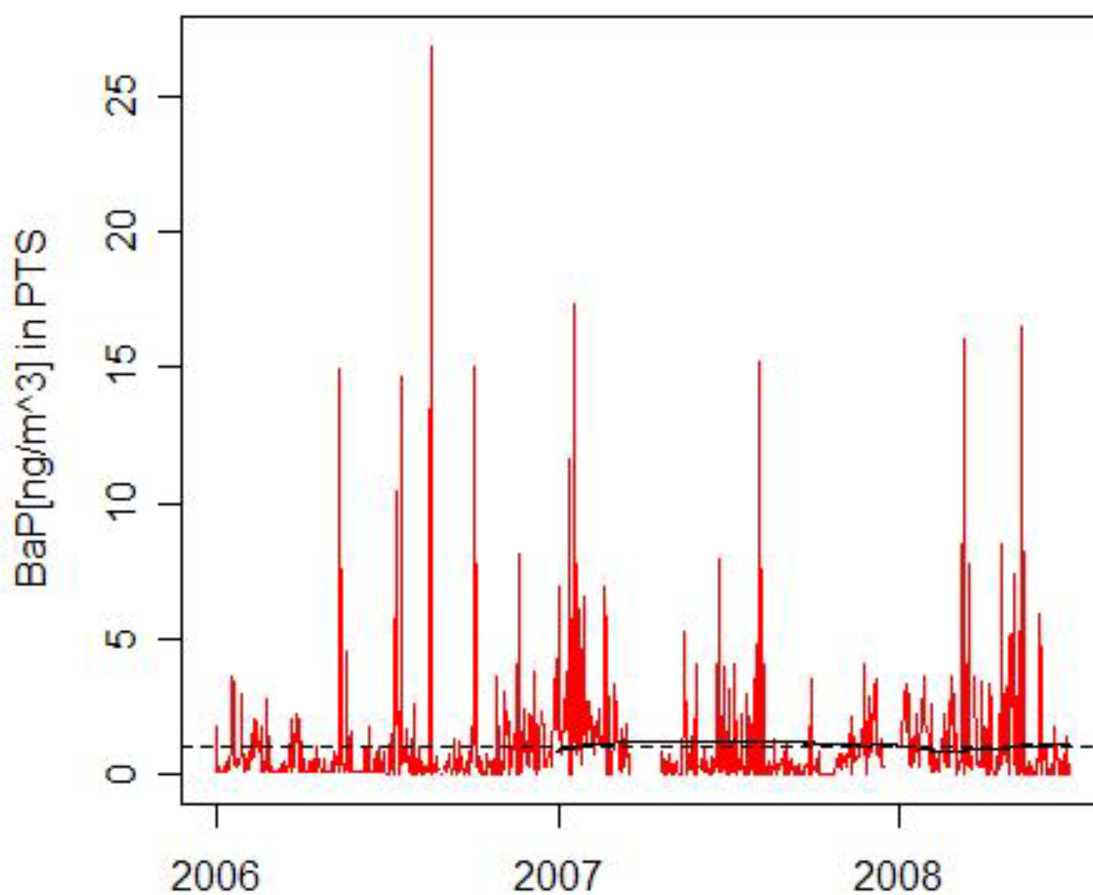


Figura 76. Grafico relativo alla media mobile annuale dei dati di BaP registrati dalla stazione di Via Pitacco. In rosso si riportano i valori giornalieri, in nero la media mobile annuale. A livello di 1 ng/m^3 è tratteggiato il valore obiettivo indicato dalla normativa.

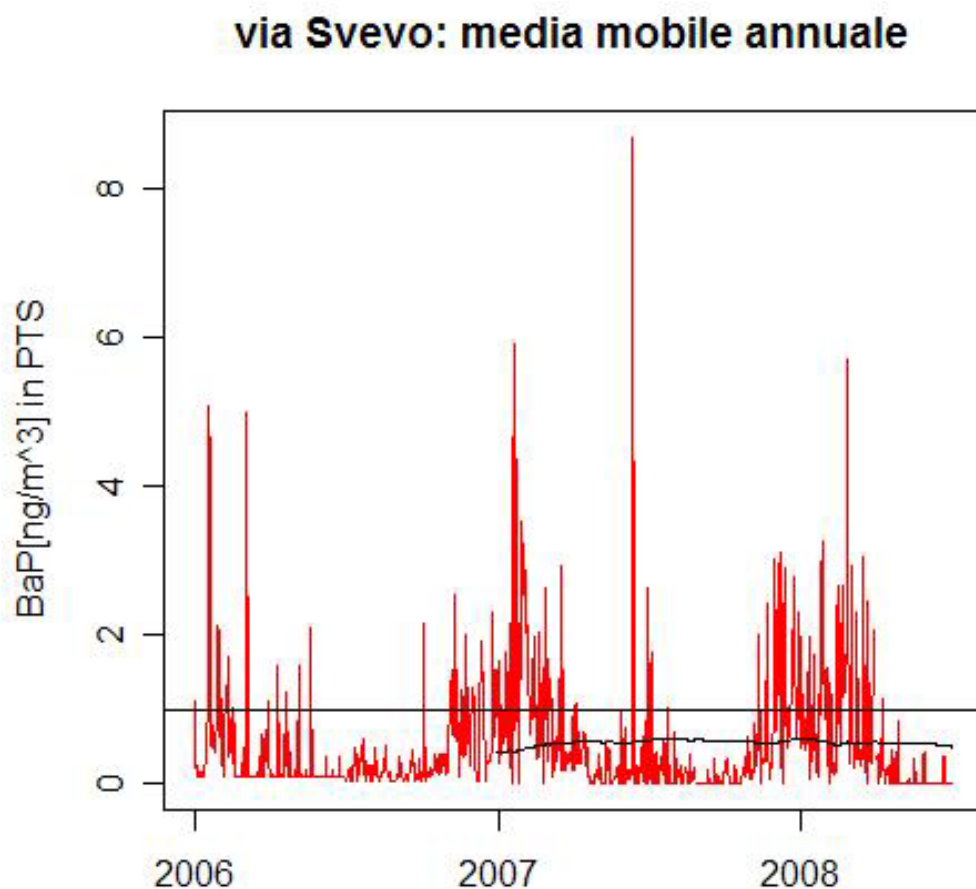


Figura 77. Grafico relativo alla media mobile annuale dei dati di BaP registrati dalla stazione di Via Svevo. In rosso si riportano i valori giornalieri, in nero la media mobile annuale. A livello di 1 ng/m^3 è riportato il valore obiettivo indicato dalla normativa.

Nelle figure 78, 79, 80 e 81 si riportano i dati giornalieri di concentrazione di BaP misurati per le stazioni considerate, sovrapposti alla media mobile mensile. Tali grafici, seppur non immediatamente confrontabili con il valore obiettivo riportato dalla normativa, sono indicativi dell'andamento temporale delle concentrazioni di inquinante.

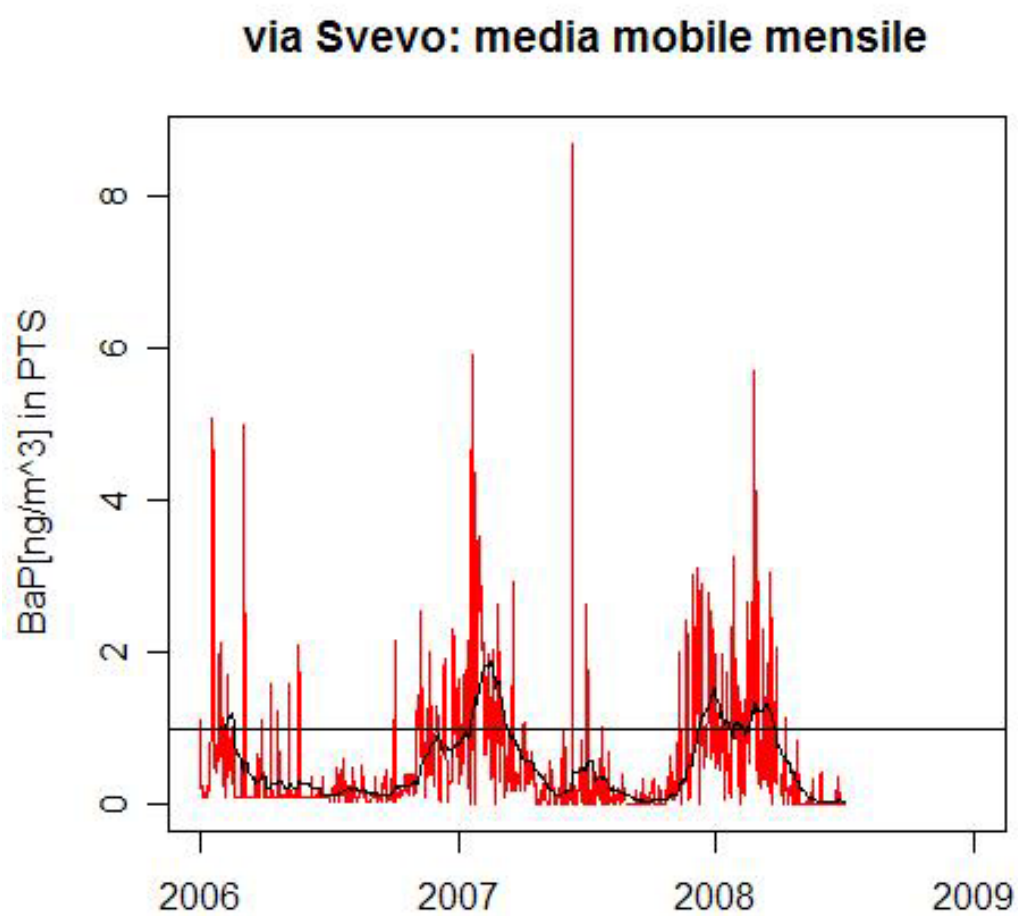


Figura 78. Grafico relativo alla media mobile mensile dei dati di BaP registrati dalla stazione di Via Svevo. In rosso si riportano i valori giornalieri, in nero la media mobile. A livello di 1 ng/m^3 è segnato il valore obiettivo indicato dalla normativa.

via Carpineto: media mobile mensile

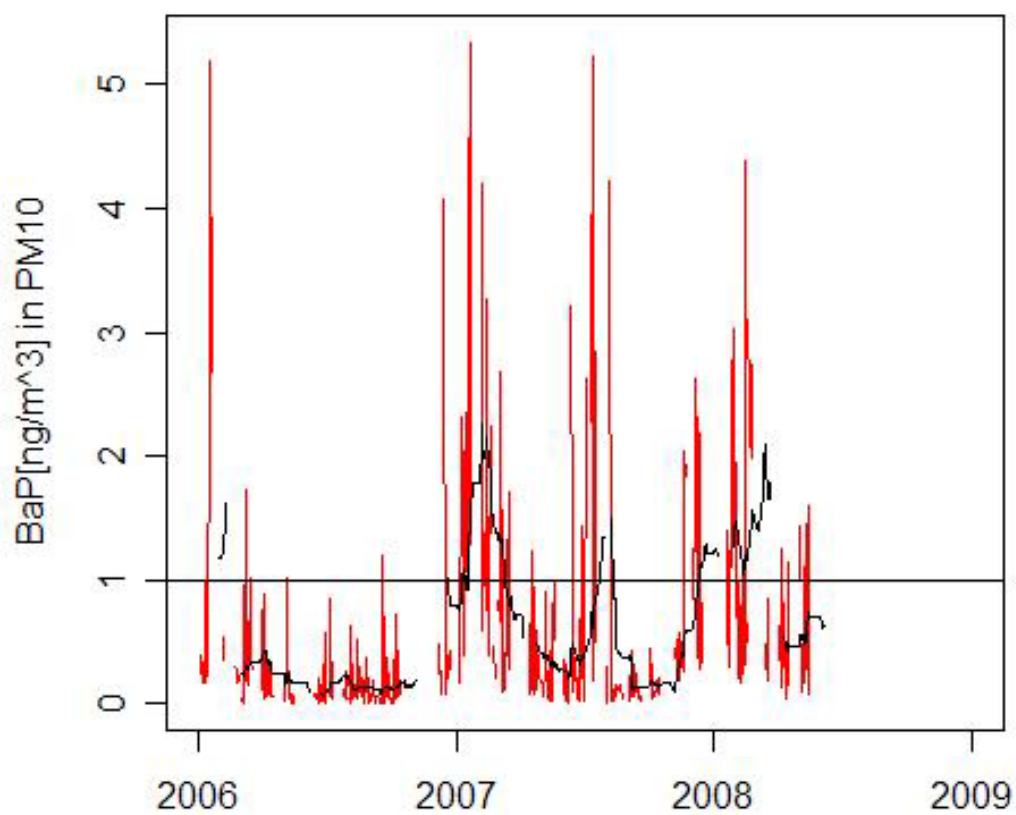


Figura 79. Grafico relativo alla media mobile mensile dei dati di BaP registrati dalla stazione di Via Carpineto. In rosso si riportano i valori giornalieri, in nero la media mobile mensile. A livello di 1 ng/m^3 è evidenziato il valore obiettivo indicato dalla normativa.

via Pitacco: media mobile mensile

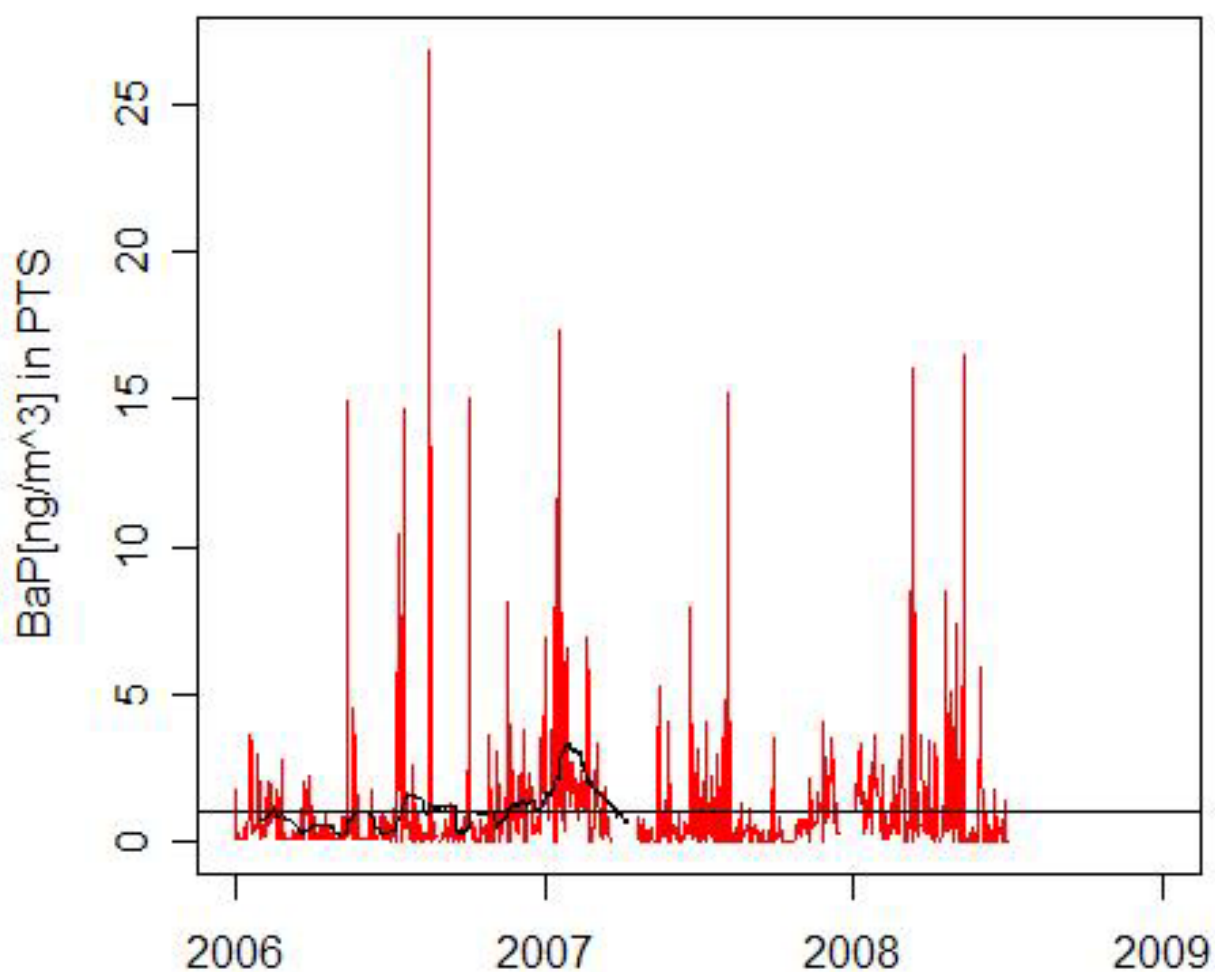


Figura 80. Grafico relativo alla media mobile mensile dei dati di BaP registrati dalla stazione di Via Pitacco. In rosso si riportano i valori giornalieri, in nero la media mobile mensile. A livello di 1 ng/m^3 è evidenziato il valore obiettivo indicato dalla normativa.

via S.Lorenzo in Selva: media mobile mensile

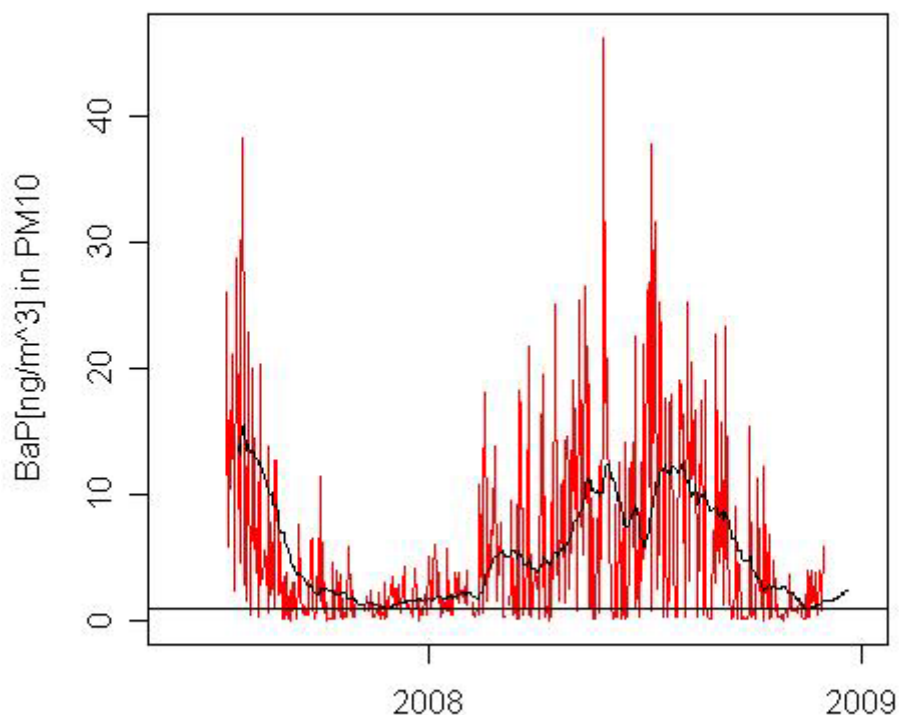


Figura 81. Grafico relativo alla media mobile mensile dei dati di BaP registrati dal mezzo mobile posto in via San Lorenzo in Selva (R.F.I.) In rosso si riportano i valori giornalieri, in nero la media mobile mensile. A livello di 1 ng/m³ è evidenziato il valore obiettivo indicato dalla normativa.

A titolo di confronto si riportano infine nella figura n. 82, in un unico grafico, i valori delle medie mobili annuali calcolate nelle stazioni di via Carpineto, via Pitacco e via Svevo da gennaio 2007 al 30 giugno 2008.

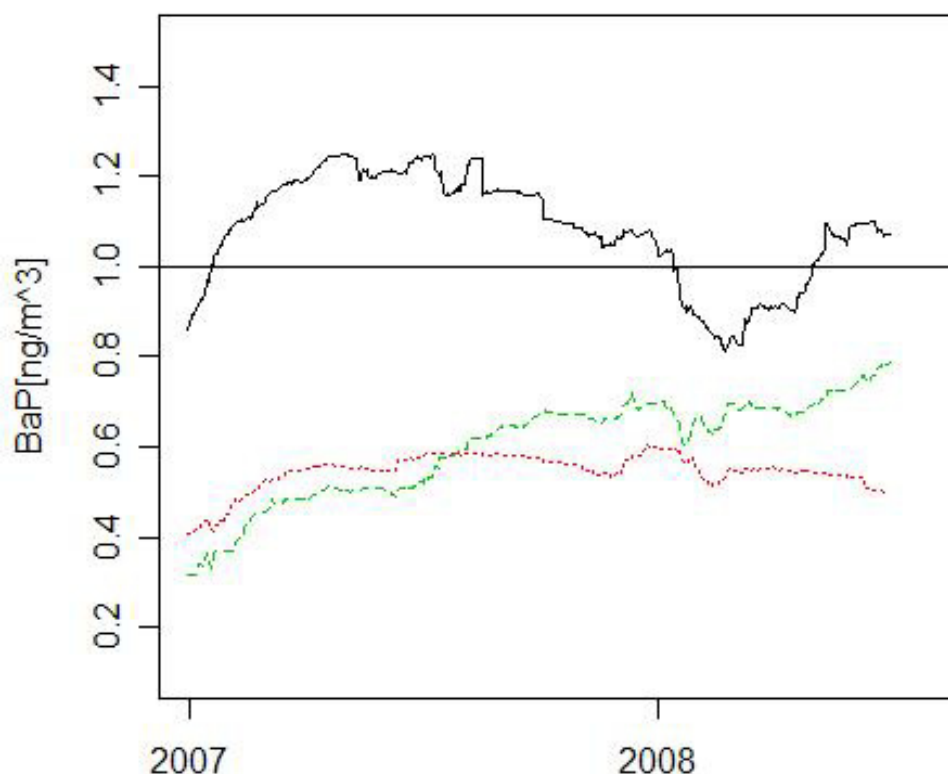


Figura 82: confronto tra le medie mobili annuali calcolate nelle diverse stazioni da gennaio 2007 al 30 giugno 2008. Linea verde tratteggiata: via Carpineto; linea rossa punteggiata: via Svevo; linea nera continua: via Pitacco.

5.2.2 Analisi anemologica dei dati meteorologici registrati dalla stazione OSMER del Molo Fratelli Bandiera.

Per definire le condizioni anemologiche si assume un sistema di riferimento destrorso con origine nel punto di emissione (stabilimento) e asse delle ascisse orientato dalla stazione di monitoraggio al punto di emissione.

Si ha condizione di “sopra vento” quando la direzione di provenienza del vento risulta compresa tra 90 e 270 gradi per un tempo maggiore o uguale a 12 ore al giorno (verso dalla stazione allo stabilimento).

Si ha condizione di “sottovento” quando la direzione di provenienza del vento risulta compresa tra -90 e +90 gradi per un tempo maggiore o uguale a 12 ore al giorno (verso dallo stabilimento alla stazione di misura).

I dati orari di direzione del vento, con valori di velocità del vento inferiori a 1 m/s, non sono stati presi in considerazione nel computo di quanto sopra descritto.

I giorni che non rientrano nelle condizioni meteorologiche sopra descritte di sopravento e sottovento vengono definiti “neutri”.

Per il calcolo delle ore di persistenza anemologica sono stati utilizzati i dati meteorologici registrati dalla stazione OSMER di Molo Fratelli Bandiera.

Nelle figure 83, 84, 85 e 86 si riportano i grafici relativi al numero di ore in cui la stazione di monitoraggio si è trovata in condizione di sopravento (valori negativi) o sottovento (valori positivi) nel corso dell' anno 2008.

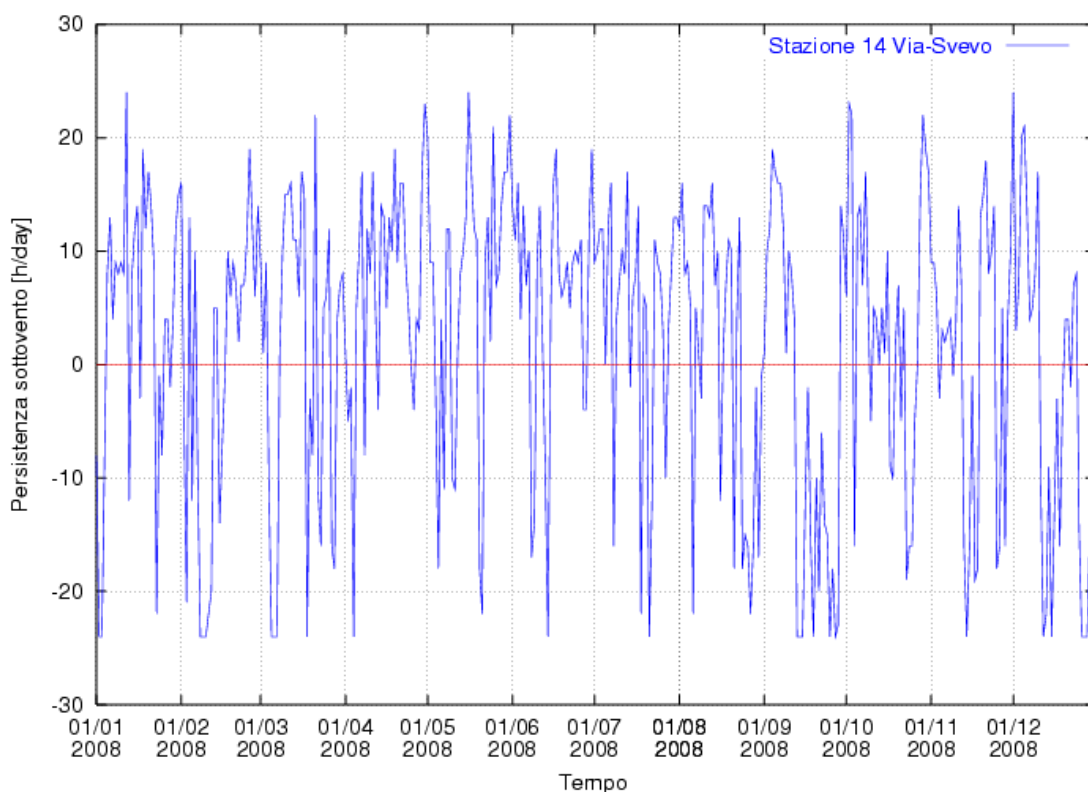


Figura 83: persistenza anemologica nella stazione di Via Svevo

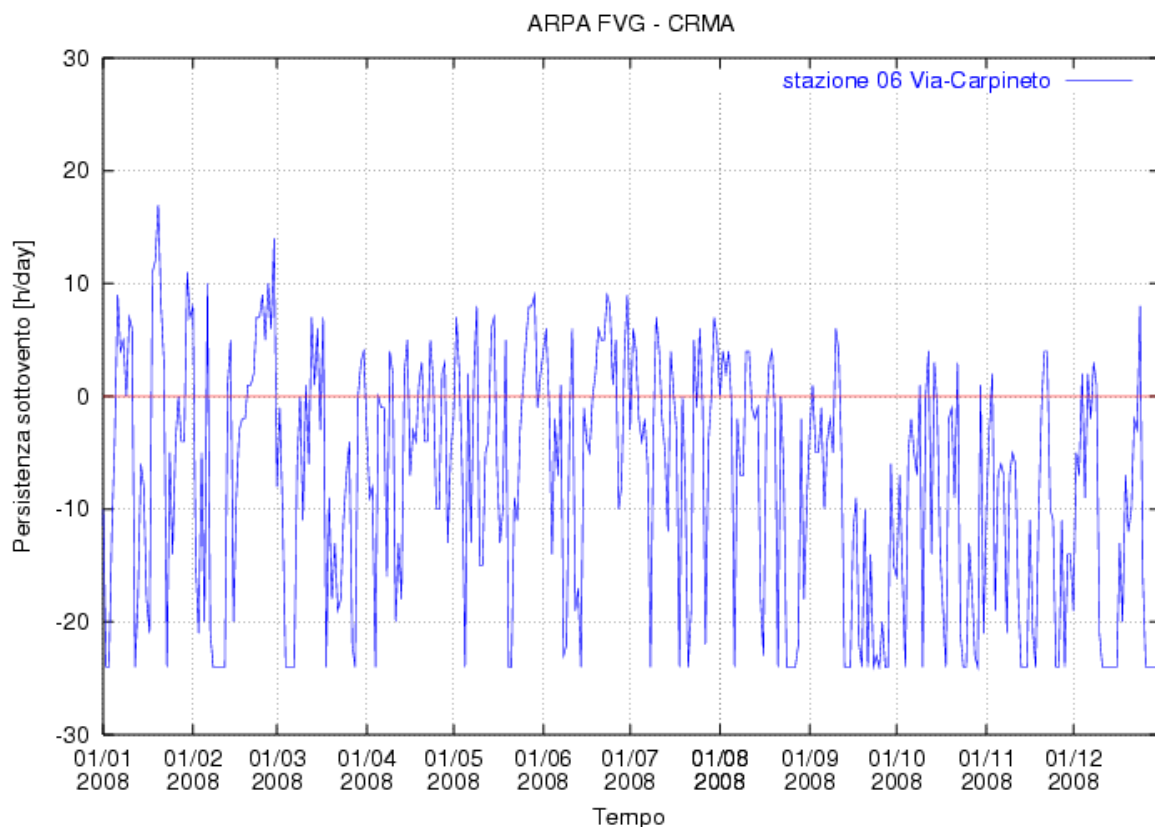


Figura 84: persistenza anomala nella stazione di Via Carpineto

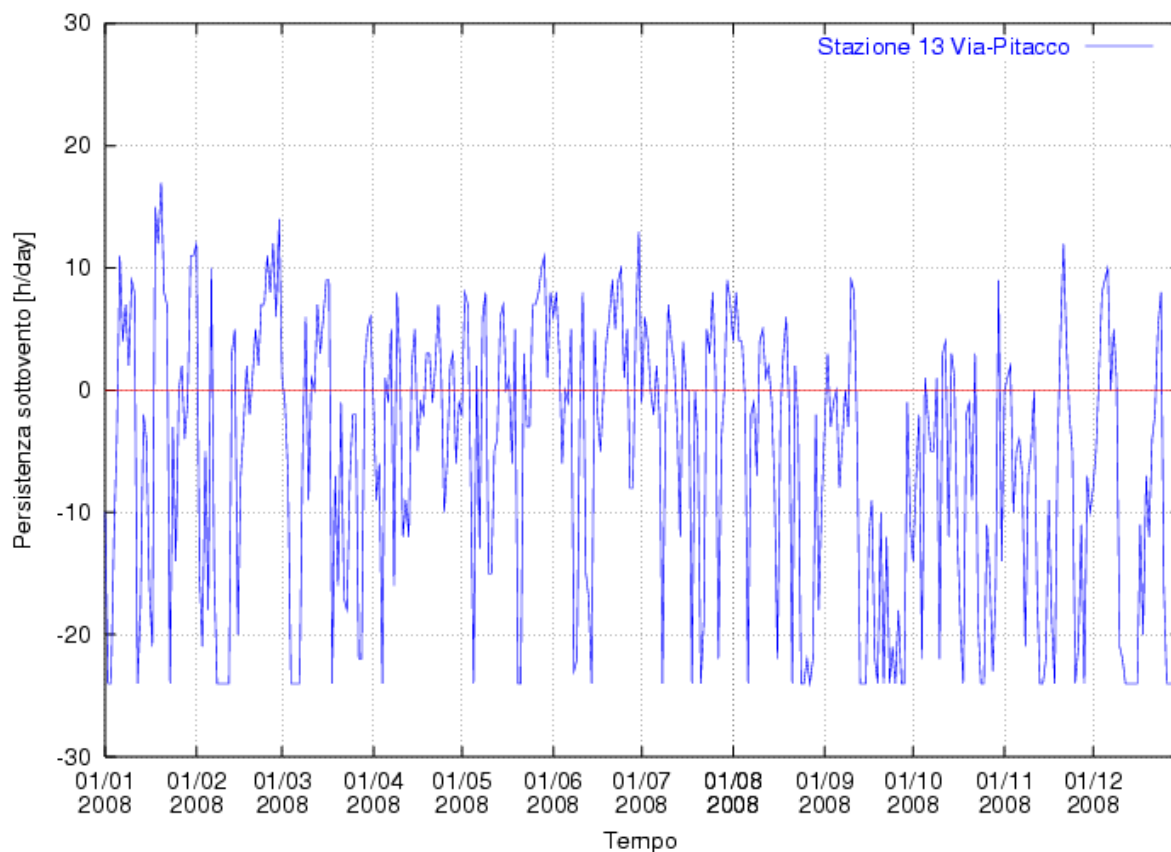


Figura 85: persistenza anomala nella stazione di Via Pitacco

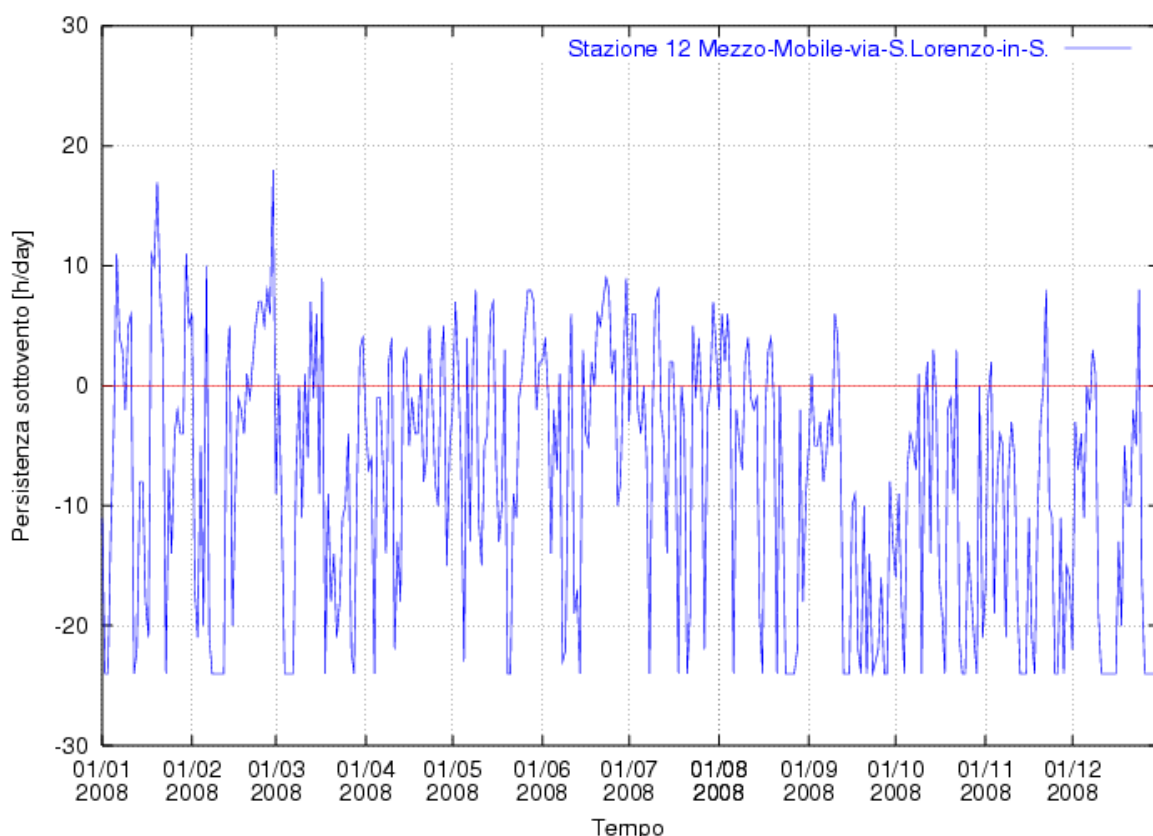


Figura 86: persistenza anemologica nella stazione di via San Lorenzo in Selva (R.F.I.).

Nella successiva tabella n.11 sono riportati i giorni in cui si verificano le diverse condizioni anemologiche per le postazioni considerate, nell'anno 2008, nelle rispettive finestre temporali.

	Numero di giorni sopra vento	Numero di giorni sotto vento	Numero di giorni in condizioni neutre
Via Svevo	26	54	102
Via Carpineto	49	3	130
Via Pitacco	44	7	131
Via S.Lorenzo in Selva (R.F.I.)	105	2	222

Tabella 11: numero di giorni per le diverse condizioni meteorologiche considerate.

Dall'analisi dei grafici riportati nelle figure dalla n. 83 alla n. 86 e dei dati riportati in tabella 11 è possibile effettuare un confronto tra le condizioni anemologiche delle diverse stazioni.

In primo luogo si evidenzia che le stazioni si trovano per la maggior parte dei giorni in condizioni neutre. Via Carpineto, via Pitacco e via S. Lorenzo in Selva (R.F.I.) presentano condizioni anemologiche simili con un maggior numero di giorni in sopra vento rispetto al sotto vento mentre, per la stazione di via Svevo, si conta un maggior numero di giorni in sotto vento rispetto al sopra vento.

La situazione descritta è dovuta alla particolare configurazione geometrica dei siti di installazione delle stazioni rispetto alla sorgente.

5.2.3 Analisi comparata dei dati di concentrazione di Benzo(a)pyrene e dei dati di direzione del vento.

Ai valori di concentrazione di BaP registrati da ciascuna stazione sono stati associati i dati meteo relativi dalla stessa stazione per il primo semestre del 2008.

Per ciascuna stazione di monitoraggio, compreso il mezzo mobile, si considerano, pertanto, i valori giornalieri di BaP misurati e validati. I dati giornalieri di concentrazione di inquinante a disposizione per ciascuna stazione vengono suddivisi in tre classi (sopra vento, sotto vento e neutre) a seconda delle condizioni anemologiche nelle quali si trova la stazione. Per ciascuna stazione e per ciascuna classe vengono poi calcolate le medie delle concentrazioni di BaP.

Nella figura 87 si riporta il grafico relativo alle concentrazioni calcolate di BaP per le diverse condizioni anemologiche e per le diverse stazioni. I dettagli sui valori calcolati si riportano in tabella n. 12 .

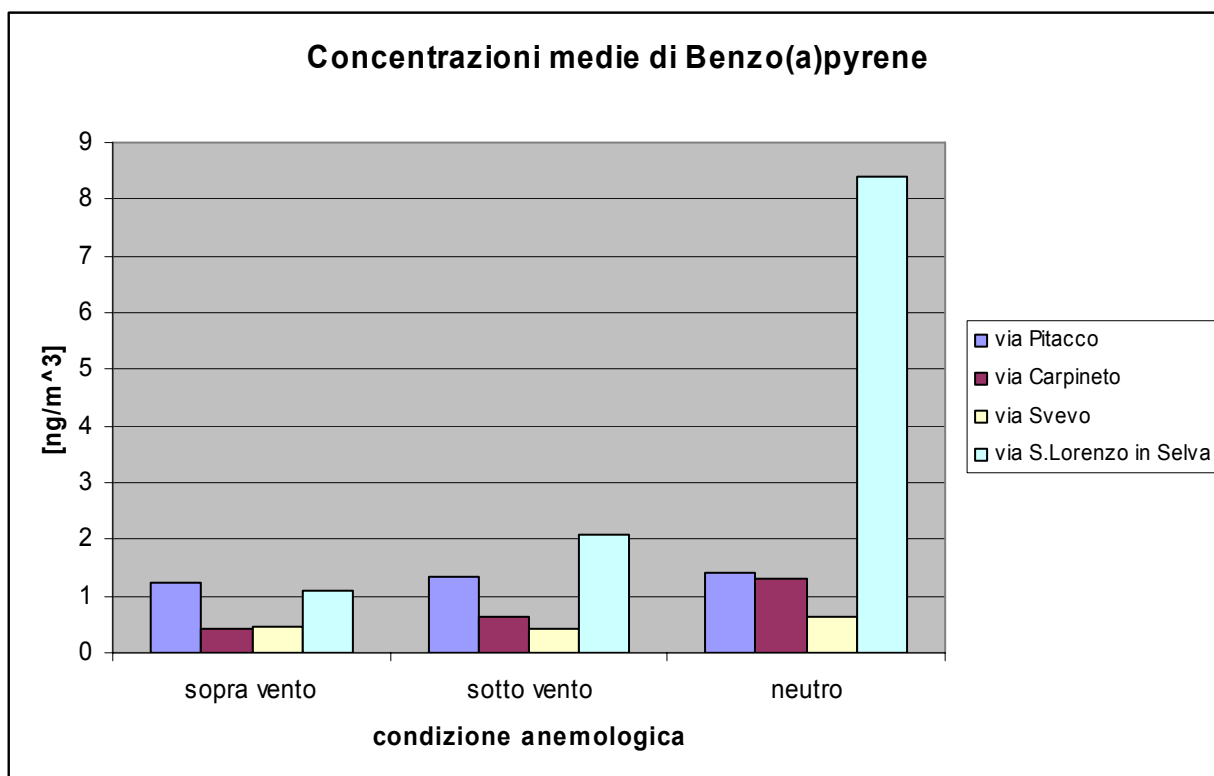


Figura 87: medie delle concentrazioni di BaP per le stazioni di via Pitacco, via Carpineto, via Svevo e via S. Lorenzo in Selva (mezzo mobile R.F.I.) nelle diverse condizioni anemologiche

via Pitacco	Media (ng/m³)	st.dev (ng/m³)	Numero di dati validi
sopra vento	1.22	2.77	40
sotto vento	1.35	0.82	7
neutro	1.40	2.07	130
via Carpineto	Media (ng/m³)	st.dev (ng/m³)	Numero di dati validi
sopra vento	0.42	0.33	21
sotto vento	0.64	0.24	2
neutro	1.30	1.0	48
via Svevo	Media (ng/m³)	st.dev (ng/m³)	Numero di dati validi
sopra vento	0.47	0.62	26
sotto vento	0.41	0.70	54
neutro	0.63	0.94	99
via S.Lorenzo in Selva (R.F.I.)	Media (ng/m³)	st.dev (ng/m³)	Numero di dati validi
sopra vento	1.1	2.1	105
sotto vento	2.1	2.2	2
neutro	8.4	8.0	222

Tabella n. 12 : valori di BaP calcolati sulla base delle condizioni anemologiche.

I dati delle concentrazioni medie mobili annuali registrati in via Carpineto (figura 74) denotano un aumento costante del valore di concentrazione di BaP. Tale valore si mantiene al di sotto del valore obiettivo ma è in continua crescita. I dati delle concentrazioni medie mobili annuali registrati in via S.Lorenzo in Selva (R.F.I.) (figura 75) denotano un aumento tendenziale del valore di concentrazione di BaP, valutato come media mobile annuale. Tale valore si situa al di sopra del valore obiettivo.

L'analisi anemologica (figure n. 83, 84, 85 e 86) individua condizioni meteo sostanzialmente simili per le tre stazioni di via Pitacco, via Carpineto e via S. Lorenzo in Selva (R.F.I.) caratterizzate da uno scarso numero di giorni in sotto vento. Situazione inversa per la stazione di via Svevo.

Per quanto riguarda la postazione di S. Lorenzo in Selva, la disponibilità dei dati per 11 mesi dell'anno 2008 conferma la stagionalità riscontrata nel 2007, con un andamento inter-anno anomalo rispetto:

- alle condizioni di stabilità atmosferica, che favoriscono un maggior ristagno degli inquinanti durante i mesi invernali;
- all'andamento annuale delle emissioni in atmosfera diffuse (traffico, riscaldamento, ecc.), per le quali non è attesa un'intensificazione durante il periodo estivo
- all'andamento annuale delle concentrazioni di polveri rilevate in tutte le stazioni della rete di rilevamento

L'analisi anemologica (figura 87 e tabella 12) mostra, nei valori medi delle concentrazioni misurate, una significativa dipendenza dalle condizioni anemologiche, malgrado la rilevanza dei valori di deviazione standard, che derivano dalla complessità dei meccanismi di dispersione degli inquinanti, che potrà essere meglio analizzata per mezzo degli strumenti modellistici, attualmente in fase di predisposizione.

6 CONCLUSIONI.

A conclusione della disamina sopraesposta è possibile affermare che la qualità dell'aria nell'area triestina risulta più rapportabile ad una realtà metropolitana vasta, ad alta densità abitativa, piuttosto che ad una conurbazione di dimensione medio piccole come quella in realtà esaminata.

Il peso della "componente traffico" unitamente alle emissioni provenienti dagli insediamenti produttivi, risulta significativamente tipica dell'area triestina dove la peculiarità è costituita da un territorio comunale ad estensione decisamente limitata (84.5 kmq), nel quale comunque risultano essere presenti una città di 209.000 abitanti, una industria siderurgica, un cementificio, numerose realtà industriali di dimensioni medio-piccole, un terminal petrolifero ed un'area portuale di estensione ed entità di traffico decisamente rilevanti.

Un'ulteriore criticità frequentemente evidenziata nell'area urbana di Trieste, ed in particolare nel rione di Servola che in misura maggiore risente delle emissioni dello stabilimento siderurgico della Lucchini, è la percezione da parte della popolazione residente di odori sgradevoli. Il fenomeno, quantunque di per se stesso non rappresenti, sulla base della letteratura specifica in materia, possibili rischi per la popolazione residente dal momento che le concentrazioni a cui gli odori vengono percepiti, sono nella generalità dei casi ben inferiori alle concentrazioni alle quali possono ingenerarsi rischi sanitari rappresenta, vista la frequenza con la quale viene segnalato (mediamente una decina di volte alla settimana) un problema sicuramente rilevante per la popolazione residente.

Le osservazioni emerse dalla valutazione dei risultati analitici acquisiti nel corso dell'anno 2008 e nel periodo temporale 2005 -2008 dalla rete di monitoraggio della qualità dell'aria della città di Trieste, le correlazioni tra parametri meteorologici (in particolare direzione ed intensità del vento) ed alcuni inquinanti presenti in atmosfera, in particolare Ossidi di Azoto e di Zolfo e la loro rappresentazione su opportuna cartografia, l'applicazione di modelli diffusionali per meglio comprendere le modalità di distribuzione di altri inquinanti (Benzo(a)pyrene e PM10) nell'area abitativa di Servola adiacente al locale stabilimento siderurgico, le informazioni acquisite dal catasto delle emissioni, testimoniano sostanzialmente che nell'area triestina si registra una condizione di relativa atipia sulla quale è necessario agire al fine di realizzare le condizioni di normalità al fine di assicurare la necessaria qualità dell'ambiente urbano .

Procedendo ad una disamina più puntuale dei parametri di qualità dell'aria-ambiente dell'intera area triestina, analizzati sia attraverso le stazioni automatiche di monitoraggio in continuo che grazie ad una serie di campagne di misura più estese e specifiche si evidenzia che :

1. le concentrazioni di **Ossido di Carbonio** e di **Biossido di Zolfo** sono risultate per tutto il periodo ed in tutta l'area esaminata, ampiamente nei limiti dei valori normativi vigenti e non sembrano rappresentare alcun problema per la qualità dell'aria della città di Trieste;
2. per quanto riguarda il **Biossido di Azoto** le concentrazioni misurate risultano essere significativamente superiori alla media e in alcune aree di gran lunga superiori ai previsti limiti normativi. In proposito è necessario sottolineare che in piazza Libertà si sono registrati ben 30 superamenti del valore massimo orario a fronte del numero di 18 previsto dal D.M. 60/2002.
 - a. Da segnalare ancora che sempre nella medesima postazione il valore medio annuo è risultato pari a 59 µg/m³, superiore pertanto a quello indicato dalla sopra citata normativa che fissa per lo stesso, per l'anno 2008, un valore di 44 µg/m³;
 - b. Una ulteriore postazione presso la quale è stato registrato il superamento del valore medio annuo è risultata essere Monte S.Pantaleone;

- c. Queste considerazioni, associate alla osservazione delle figure n. 46, 47 e 48 e n. 51, 52 e 53 dove vengono presentate le distribuzioni degli Ossidi di Azoto in condizioni meteorologiche diverse, permettono di trarre la conclusione che la componente traffico risulta essere, con tutta probabilità, la principale causa dei superamenti osservati.
 - d. Pertanto, anche in considerazione del fatto che il D.M. 60/2002 prevede una progressiva riduzione dei valori medi annui di concentrazione per raggiungere il 1° gennaio 2010 il valore di 40 µg/m³ ed atteso che i valori medi annui di concentrazione si attestano nella rimanente area urbana tra 33 µg/m³ e 39 µg/m³ rispettivamente in piazza Vico e nella centralina di S.Sabba si ritiene che in assenza di interventi di risanamento il valore di concentrazione media annua previsto al 1 gennaio 2010 ben difficilmente potrà essere rispettato.
3. per quanto riguarda i riscontri relativi al parametro PM10 risulta inattesa la condizione di relativa normalità registrata nel corso dell'anno 2008 dal momento che in tutte le centraline, non si è mai stato superato il valore medio annuo di 40 µg/m³ previsto dalla normativa in vigore, anche se occorre al contempo rilevare la relativa anomalia meteorologica dell'annata 2008, caratterizzata da una elevata frequenza di precipitazioni rispetto al valore medio che è stato registrato nel periodo 2003 - 2007. Nello specifico si evidenzia quanto di seguito:
 - a. il numero massimo consentito di 35 superamenti annui del valore giornaliero della concentrazione di riferimento, che risulta essere pari a 50 µg/m³, non è mai stato superato in nessuna delle postazioni considerate;
 - b. la postazione presso la quale si è registrata la situazione meno favorevole è risultata essere quella di via Carpineto dove sono stati registrati 30 superamenti del valore giornaliero della concentrazione di riferimento;
 - c. sulla base dei riscontri meteorologici disponibili, gli unici parametri che hanno presentato andamenti significativamente diversi rispetto agli anni precedenti sono risultati essere la piovosità, il numero delle giornate di pioggia e la maggiore ventilazione soprattutto negli ultimi mesi dell'anno. E' altamente probabile che la contemporanea accresciuta presenza nel corso dell'ultimo anno di queste tre condizioni meteorologiche, abbia contribuito a determinare in misura significativa il sensibile decremento delle concentrazioni che è stato registrato relativamente al parametro in oggetto.
4. Come precedentemente descritto per quanto riguarda il parametro benzene, i risultati sono relativi all'anno 2007 nel corso del quale, sia nelle postazioni di piazza Garibaldi che di via Battisti e dai riscontri forniti dalla campagna di monitoraggio tramite campionatori passivi (radielli), si è registrata, al momento, una situazione sostanzialmente tranquillizzante. Non va altresì dimenticato che ai sensi del D.M. 60/2002 nell'anno 2010 dovrà essere raggiunto il previsto limite fissato in 5 µg /m³.
5. Anche relativamente al parametro Benzo(a)pyrene nella presente relazione vengono riportati i valori delle medie mobili che sono stati registrati nelle postazioni di piazza Garibaldi e di via Carpineto nel corso dell'anno 2007. I risultati acquisiti risultano del tutto rassicuranti rientrando ampiamente nel previsto valore di 1 ng/m³ inteso come "obiettivo di qualità" previsto dal D.Lgs. 152/2007. Una valutazione dettagliata dei valori medi mensili ribadisce le osservazioni già effettuate negli anni precedenti che indicavano un tipico incremento delle concentrazioni nel periodo invernale, fenomeno questo osservato sia in piazza Garibaldi che in via Carpineto: in quest'ultima postazione si rileva peraltro anche un

incremento, per certi versi anomalo ed inatteso, delle concentrazioni nel mese di luglio 2007, attribuibile verosimilmente ad emissioni dell'adiacente stabilimento siderurgico associate a particolari condizioni di ventilazione. Probabilmente è da associarsi a tale riscontro la tendenza all'incremento delle concentrazioni che si osserva in via Carpineto in particolare nella seconda metà dell'anno 2007.

6. Le ripetute criticità ambientali, da tempo segnalate nella zona di Servola a seguito dell'attività produttiva dello stabilimento siderurgico della ditta Lucchini, sono state la principale motivazione per cui, a partire dal secondo semestre dell'anno 2007, nell'ambito dell'attività di vigilanza ambientale attuata dal Dipartimento Provinciale di Trieste, si è stabilito di posizionare il Mezzo Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria in corrispondenza della Stazione R.F.I. di Servola in via S. Lorenzo in Selva, postazione collocata a ridosso del perimetro esterno dello stabilimento siderurgico della Lucchini s.p.a. Con tale collocazione, basandosi anche sugli andamenti delle medie mobili calcolate per il Benzo(a)pyrene, la stazione può essere considerata, per tale inquinante, rappresentativa di un'area industriale (ai sensi dell'allegato III del D.Lgs 152/07).

Per quanto riguarda l'area urbana posta in prossimità della zona industriale, si evidenzia la criticità dell'abitato adiacente allo stabilimento siderurgico.

Le principali analisi di campo e modellistiche effettuate finora evidenziano il ruolo e l'importanza di tre fattori principali che condizionano la qualità dell'aria nelle zone abitate adiacenti allo stabilimento siderurgico:

- le caratteristiche orografiche;
- l'ubicazione e l'altezza delle unità abitative;
- le particolari condizioni meteorologiche di volta in volta presenti nell'area in questione.

A tal proposito è necessario sottolineare che le condizioni di calma di vento o brezze leggere di direzione variabile (condizioni queste molto frequenti nell'area esaminata) sono risultate le condizioni favorevoli affinché nelle aree residenziali più prossime ai confini di proprietà della Servola si creino le condizioni anche di pesante inquinamento, in particolare relativamente al parametro Benzo(a)pyrene.

Pertanto, pur a fronte di valori della media trascinata annuale sostanzialmente rispettosi dei limiti normativi (eccezion fatta per la postazione di via Pitacco) si registrano ripetuti ed anche importanti superamenti giornalieri delle concentrazioni di questo parametro.

Tali superamenti, molto significativi per quanto attiene in particolare il potenziale rischio sanitario associato all'esposizione al Benzo(a)pyrene, sono sicuramente determinati dalla concomitante vicinanza dello stabilimento siderurgico e da condizioni meteorologiche che in situazioni di sotto-vento o calma di vento veicolano sostanze inquinanti dallo stabilimento all'adiacente area abitativa senza consentire una loro adeguata diluizione e che determinano situazioni di sovra esposizione cumulativa. Le possibili conseguenze igienico-sanitarie conseguenti a tali condizioni espositive, che devono essere valutate in maniera specifica per ogni singolo parametro, rientrano nelle competenze specifiche di studi di epidemiologia ambientale attraverso i quali è possibile associare particolari condizioni ambientali con potenziali rischi per la salute della popolazione insediata nelle aree limitrofe all'azienda siderurgica.

Per quanto riguarda il raggiungimento/mantenimento dei valori di riferimento di qualità dell'aria dell'ambiente urbano triestino ed in particolare nelle zone dell'abitato di Servola prossime allo stabilimento siderurgico risulta evidente che il peso specifico delle emissioni derivanti dalla Lucchini s.p.a., è altamente significativo, in particolare per quanto attiene il raggiungimento/mantenimento dei valori di qualità del Benzo(a)pyrene ma anche degli ossidi di azoto e delle polveri sottili. In particolare per il Benzo(a)pyrene non possono essere trascurati i ripetuti ed importanti superamenti di valori puntuali di concentrazione che si sono registrati nella zona interessata.

7 BIBLIOGRAFIA

1. ANPA, *Linee guida agli inventari locali di emissioni in atmosfera*, RTI CTN_ ACE 3/2001
2. APAT, *Annuario dei dati ambientali /2004*
3. ARPA Piemonte, Dipartimento Provinciale di Torino, Presidio Dipartimentale - Tematismo "Qualità dell'aria", *Campagna mobile presso il Comune di Chieri*. Tratto da:
<www.provincia.torino.it/ambiente/file-storage/download/inquinamento/pdf/chieri1.pdf>
4. Baird C., *Chimica Ambientale*, Zanichelli, 1997
5. Bolzacchini E., *Corso di Chimica dell'Atmosfera*, Università di Milano Bicocca - Dipartimento di Scienze Ambientali, Corso di Laurea in Scienze dell'Ambiente e del Territorio, a.a. 2005-2006. Tratto da:
<http://www.disat.unimib.it/chimamb/CHI_ATM_05/OZONO%20TROPOSPHERICO.ppt>
6. EEA, *Air pollution in Europe 1990–2004*; EEA Report No 2/2007
7. EEA, *Air quality and ancillary benefits of climate change policies*. EEA Technical report No 4/2006
8. EPA, *Pollutants in the Ambient Air*, Tratto da:
<<http://www.epa.gov/apti/course422/ap2.html>>
9. EPA, *Terms of Environment. Glossary, Abbreviations and Acronyms*. (revised December 1997). Tratto da: <<http://www.epa.gov/ocepal111/OCEPAterms/>>
10. ESA Sas, *Piano di Tutela e Risanamento della Qualità dell'Aria della Regione Abruzzo* Tratto da:
<http://www2.minambiente.it/.../iar/iam/ce/documenti/piani_programmi/abruzzo/A02R-RTF-0802_FV_TOMO_II_Rev0.pdf>
11. European Commission DG Environment; **Working Group On Arsenic, Cadmium And Nickel Compounds**, *Ambient Air Pollution by As, Cd, and Ni*. Position Paper Final Version. October 2000
12. Gandolfo Giuseppe, Silvia Bartoletti, Alessandro Di Menno Di Bucchianico, Alessandra Gaeta, Anna Maria Caricchia, Mario Carmelo Cirillo. APAT, *Qualità dell'aria in Italia: biossido di zolfo (SO₂)* - Anno 2004 (agosto 2006)
13. Gentili J., *I climi del Friuli*, edito dalla Camera di Commercio di Trieste.
14. Grechi Daniele, ARPAT, *Aree urbane: l'inquinamento dei motorini*, report sull'attività del Progetto *Vado Pulito* (2000). Tratto da:
<<http://www.ecodallecitta.it/old/nov2002/smog/motorini/inquinamentomotorini.doc>>
15. NSW EPA, *Principal air pollutants*, Tratto da:
<<http://www.environment.nsw.gov.au/envirom/princairpol.htm>>
16. Prati Maria Vittoria, Costagliola Maria Antonietta, Istituto Motori - CNR Napoli, *Emissioni regolamentate e non di ciclomotori a 2 tempi*, XII Expert Panel Trasporti stradali, 9 novembre 2006, da: <http://nfp-it.eionet.eu.int:8980/Public/irc/circa-it/expert_panel/library?l=/ept12/prati_cnr-motori/ EN 1.0 &a=d>
17. Regione Lombardia, *Che aria tira*, da: <<http://www.regione.lombardia.it>>
18. Seinfeld John H., Pandis Spyros N., *Atmospheric Chemistry and Physics. From Air Pollution to Climate Change*, 2nd Edition, Wiley-Interscience, 2006
19. WHO Regional Office for Europe, *Health impact of PM₁₀ and ozone in 13 italian cities*. 2006.

20. WHO, *Air Quality Guidelines for Europe, Second Edition*. WHO Regional publications, European Series, No. 91
21. WHO, *Air quality guidelines. Global update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide*. WHO Regional Office for Europe, 2006.
22. Zanini Gabriele, *Metodi per la Pre-Elaborazione di Dati di Ingresso ai Modelli Tridimensionali di Dispersione Atmosferica* - Annesso 3, APAT, Quaderno Tecnico ACE N° 1/2001. Tratto da: <http://www.smr.arpa.emr.it/ctn/lineeguida/annesso%203.pdf>
23. Turner, D.B. (1994). *Workbook of atmospheric dispersion estimates: an introduction to dispersion modeling* (2nd Edition ed.). CRC Press. ISBN 1-56670-023-X Beychok, M.R. (2005). *Fundamentals Of Stack Gas Dispersion* (4th Edition ed.). self-published. ISBN 0-9644588-0-2
24. Sistema Statistico Nazionale – SISTAN (2008): Regione in cifre anno 2008.

ⁱ I dati di riferimento climatico standard (trentennio WMO 1961-1990) sono stati raccolti dal Servizio Nazionale Idrografico. I dati dell'ultimo decennio (1998-2007) sono stati raccolti dall'Osservatorio Meteorologico Regionale