

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI TORINO
Struttura semplice "Attività di Produzione"

**OGGETTO: CAMPAGNA DI RILEVAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA CON UTILIZZO DEL
 LABORATORIO MOBILE NEL COMUNE DI RIVAROLO C.SE
 RELAZIONE III^a CAMPAGNA (15 Gennaio – 15 Febbraio 2015)**



Redazione	Funzione: Collaboratore Tecnico Professionale Nome: Giacomo Castrogiovanni	Data: 8-6-2015
Verifica e Approvazione	Funzione: Dirigente con incarico professionale presso la SS di produzione Nome: Dott. Francesco Lollobrigida	Data: 8-6-2015



L'organizzazione della campagna di monitoraggio, l'elaborazione dei dati e la stesura della presente relazione sono state curate dai tecnici del Nucleo Operativo "Supporto Tematismo Aria" del Dipartimento di Torino di Arpa Piemonte, d.ssa Annalisa Bruno, d.ssa Laura Milizia, sig. Giacomo Castrogiovanni, d.ssa Marilena Maringo, sig. Fabio Pittarello, sig. Francesco Romeo, ing. Milena Sacco, sig. Vitale Sciortino, sig. Roberto Sergi, coordinati dal Dirigente con incarico professionale dott. Francesco Lollobrigida

Si ringrazia il personale degli Uffici Tecnici del Comune di Rivarolo Canavese per la collaborazione prestata.

CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO	5
<i>L'aria e i suoi inquinanti</i>	<i>6</i>
IL LABORATORIO MOBILE	8
IL QUADRO NORMATIVO	8
LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO.....	13
<i>Obiettivi della campagna di monitoraggio.....</i>	<i>14</i>
<i>Traffico veicolare</i>	<i>18</i>
<i>Elaborazione dei dati meteorologici.....</i>	<i>23</i>
<i>Elaborazione statistiche e grafiche relative al monitoraggio nel comune di Rivarolo C.se</i>	<i>28</i>
<i>Andamento orario e giornaliero - Confronto con i limiti di legge</i>	<i>29</i>
<i>Giorno medio.....</i>	<i>29</i>
<i>Biossido di zolfo</i>	<i>30</i>
<i>Ossidi di Azoto</i>	<i>33</i>
<i>Monossido d'azoto.....</i>	<i>33</i>
<i>Biossido d'azoto</i>	<i>36</i>
<i>Monossido di Carbonio</i>	<i>40</i>
<i>Benzene e Toluene.....</i>	<i>43</i>
<i>Particolato Sospeso (PM₁₀) e (PM_{2.5})</i>	<i>46</i>
<i>PM₁₀.....</i>	<i>47</i>
<i>PM_{2.5}</i>	<i>49</i>

Ozono.....	55
Idrocarburi policiclici aromatici.....	59
IPA determinati con analisi di laboratorio sui filtri di raccolta del PM₁₀.....	60
IPA determinati con analisi di laboratorio sui filtri di raccolta del PM_{2.5}.....	63
Metalli.....	65
Conclusioni.....	69
APPENDICE - SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI.....	70

CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO

L'aria e i suoi inquinanti

Per inquinamento dell'aria si intende qualsiasi variazione nella sua composizione - determinata da fattori naturali e/o artificiali - dovuta all'immissione di sostanze la cui natura e concentrazione sono tali da costituire pericolo, o quantomeno pregiudizio, per la salute umana o per l'ambiente in generale.

Oggi giorno è analiticamente possibile identificare nell'atmosfera numerosissimi composti di varia origine, presenti in concentrazioni che variano dal nanogrammo per metro cubo (ng/m^3) al microgrammo per metro cubo ($\mu\text{g/m}^3$).

Le principali sorgenti di inquinanti sono:

- emissioni veicolari;
- emissioni industriali;
- combustione da impianti termoelettrici;
- combustione da riscaldamento domestico;
- smaltimento rifiuti (inceneritori e discariche).

Le emissioni indicate generano innumerevoli sostanze che si disperdono nell'atmosfera. Si possono dividere tali sostanze in due grandi gruppi: al primo gruppo appartengono gli inquinanti emessi direttamente da sorgenti specifiche (inquinanti primari), al secondo quelli che si producono a causa dell'interazione di due o più inquinanti primari per reazione con i normali costituenti dell'atmosfera, con o senza fotoattivazione (inquinanti secondari).

Nella Tabella 1 sono indicate le fonti principali e secondarie dei più comuni inquinanti atmosferici.

La dispersione degli inquinanti nell'atmosfera è strettamente legata alla situazione meteorologica dei punti presi in esame; pertanto, per una completa caratterizzazione della qualità dell'aria in un determinato sito, occorre conoscere l'andamento dei principali parametri meteorologici (velocità e direzione del vento, temperatura, umidità relativa, pressione atmosferica, irraggiamento solare).

Per una descrizione completa dei singoli inquinanti, dei danni causati e dei metodi di misura si rimanda alla pubblicazione "Uno sguardo all'aria - Relazione annuale 2013", elaborata congiuntamente dal Dipartimento Ambiente della Provincia di Torino e da Arpa, ed inviata a tutte le Amministrazioni comunali della Provincia.

Alla medesima pubblicazione si rimanda per una descrizione approfondita dei fenomeni meteorologici e del significato delle grandezze misurate.

Tabella 1: Fonti principali e secondarie dei più comuni inquinanti atmosferici

INQUINANTE	TRAFFICO AUTOVEICOLARE VEICOLI A BENZINA	TRAFFICO AUTOVEICOLARE VEICOLI DIESEL	EMISSIONI INDUSTRIALI	COMBUSTIONI FISSE ALIMENTATE CON COMBUSTIBILI LIQUIDI O SOLIDI	COMBUSTIONI FISSE ALIMENTATE CON COMBUSTIBILI GASSOSI
BIOSSIDO DI ZOLFO					
BIOSSIDO DI AZOTO					
BENZENE					
MONOSSIDO DI CARBONIO					
PARTICOLATO SOSPESO					
PIOMBO					
BENZO(a)PIRENE					

■ = fonti principali
■ = fonti secondarie

Il controllo dell'inquinamento atmosferico nel territorio provinciale viene realizzato attraverso le stazioni della rete di monitoraggio della qualità dell'aria.

Le informazioni acquisite da tale rete sono integrate, laddove non siano presenti postazioni della rete fissa e si renda comunque necessaria una stima della qualità dell'aria, attraverso l'utilizzo di stazioni mobili gestite dalle sedi provinciali da Arpa Piemonte.

Il laboratorio mobile in dotazione al Dipartimento Arpa di Torino è dotato di una stazione meteorologica e di analizzatori per la misura in continuo di inquinanti chimici quali biossido di zolfo, ossidi di azoto, monossido di carbonio, ozono, benzene, toluene e di campionatori di particolato atmosferico PM₁₀ e PM_{2.5}, la cui concentrazione è determinata in laboratorio per via gravimetrica.

IL QUADRO NORMATIVO

La normativa italiana in materia di qualità dell'aria prevede limiti per gli inquinanti quantitativamente più rilevanti dal punto di vista sanitario e ambientale.

La normativa quadro è rappresentata dal D.Lgs. 351/99 ed attuata, per i valori limite di alcuni inquinanti, dal D.M. 60/2002, dal D.Lgs. 183/2004 e dal D.Lgs. 152/2007. Detti limiti possono essere classificati in tre tipologie:

- **Valore limite annuale** per gli inquinanti biossido di zolfo (SO₂), ossidi di azoto (NO_x), materiale particolato PM₁₀, piombo (Pb) e benzene per la protezione della salute umana e degli ecosistemi, finalizzati alla prevenzione dell'inquinamento su lungo periodo.
- **Valori limite giornalieri o orari** per biossido di zolfo, ossidi di azoto, PM₁₀, e monossido di carbonio (CO), volti al contenimento di episodi acuti d'inquinamento
- **Soglie di allarme** per il biossido di zolfo, il biossido di azoto e l'ozono, superate le quali può insorgere rischio per la salute umana, per cui le autorità competenti sono tenute ad adottare immediatamente misure atte a ridurre le concentrazioni degli inquinanti al di sotto della soglia d'allarme o comunque assumere tutti i provvedimenti del caso che devono comprendere sempre l'informazione ai cittadini.

Per quanto riguarda il parametro ozono con il D.Lgs. n. 183 del 21 maggio 2004, pubblicato sul supplemento ordinario n. 127 alla Gazzetta Ufficiale 23 luglio 2004 n. 171, la normativa italiana ha recepito la direttiva 2002/3/CE, per cui sono state abrogate le disposizioni concernenti all'ozono previste dal D.P.C.M. 28/3/83, D.M. 15/4/94, D.M. 25/11/94 e dal D.M. 16/5/96.

Nei limiti riferiti alla prevenzione a breve termine sono previste soglie di informazione e di allarme come medie orarie. A lungo termine sono previsti obiettivi per la protezione della salute umana e della vegetazione calcolati sulla base di più anni di monitoraggio.

Il recente D.Lgs 155/2010 ha abrogato e sostituito le normative precedenti, senza però modificare i valori numerici dei limiti di riferimento degli inquinanti già normati; ha inoltre inserito nuovi indicatori relativi al PM_{2.5} e in particolare :

- un **valore limite, espresso come media annuale** , pari 25 µg/m³ da raggiungere entro il 1 gennaio 2015;
- un **valore obiettivo , espresso come media annuale** , pari 25 µg/m³ da raggiungere entro il 1 gennaio 2010;

La nuova normativa prevede inoltre per il PM_{2.5} un obiettivo nazionale di riduzione e un obbligo di concentrazione dell'esposizione il cui rispetto è calcolato sulla base di misurazioni effettuate da stazioni di fondo in siti fissi di campionamento urbani, che verranno definite con Decreto del Ministero dell'Ambiente (art. 12 D. Lgs. 155/2011).

Nella Tabella 2, nella Tabella 3 e nella Tabella 4 sono indicati i valori di riferimento previsti dalla normativa attualmente vigente.

Per una descrizione più ampia del quadro normativo si rimanda ancora alla pubblicazione "Uno sguardo all'aria - Relazione annuale 2013".

Tabella 2: Valori limite per ozono e benzo(a)pirene

INQUINANTE	LIMITE	PARAMETRO	VALORE DI RIFERIMENTO	SUPERAMENTI CONCESSI	DATA PER IL RISPETTO DEL LIMITE
Ozono espresso come O ₃ (D.Lgs. 13/08/2010 n.155)	SOGLIA DI INFORMAZIONE	media oraria	180 µg/m ³	-	-
	SOGLIA DI ALLARME	media oraria	240 µg/m ³	-	-
	VALORE BERSAGLIO PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA	media su 8 ore massima giornaliera	120 µg/m ³ (1)	25 giorni per anno civile come media su 3 anni	2010
	VALORE BERSAGLIO PER LA PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE	AOT40 calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	18000 µg/m ³ *h come media su 5 anni (2)		2010
	OBIETTIVO A LUNGO TERMINE PER LA PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE	AOT40 calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	6000 µg/m ³ *h (2)		
BENZO(A)PIRENE (D.Lgs. 13/08/2010 n.155)	OBIETTIVO DI QUALITA'	media mobile valori giornalieri (3)	1 ng/m ³ (4)	-	-

(1): La media mobile trascinata è calcolata ogni ora sulla base degli 8 valori relativi agli intervalli h⁻(h-8)

(2): Per AOT40 si intende la somma delle differenze tra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m³ e il valore di 80 µg/m³, rilevate in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori orari rilevati ogni giorno tra le 8.00 e le 20.00.

(3): La frequenza di campionamento è pari a 1 prelievo ogni z giorni, ove z=3-6; z può essere maggiore di 7 in ambienti rurali; in nessun caso z deve essere pari a 7.

(4): Il periodo di mediazione è l'anno civile (1 gennaio – 31 dicembre)

Tabella 3: valori limite per alcuni inquinanti atmosferici (D.Lgs. 13/08/2010 n.155)

INQUINANTE	LIMITE	PERIODO DI MEDIAZIONE	VALORE DI RIFERIMENTO	SUPERAMENTI CONCESSI	DATA PER IL RISPETTO DEL LIMITE
BIOSSIDO DI ZOLFO (SO ₂)	Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	350 µg/m ³	24 volte/anno civile	1-gen-2005
	Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	24 ore	125 µg/m ³	3 volte/anno civile	1-gen-2005
	Valore limite per la protezione degli ecosistemi	anno civile	20 µg/m ³	—	19-lug-2001
		inverno (1 ott + 31 mar)			
BIOSSIDO DI AZOTO (NO ₂) e OSSIDI DI AZOTO (NO _x)	Soglia di allarme	3 ore consecutive	500 µg/m ³	—	—
	Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	200 µg/m ³ (NO ₂)	18 volte/anno civile	1-gen-2010
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 µg/m ³ (NO ₂)	—	1-gen-2010
	Soglia di allarme	3 ore consecutive	400 µg/m ³ (NO ₂)	—	—
	Valore limite annuale per la protezione della vegetazione	anno civile	30 µg/m ³ (NO _x)	—	19-lug-2001
MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)	Valore limite per la protezione della salute umana	media massima giornaliera su 8 ore	10 mg/m ³	—	1-gen-2005
PIOMBO (Pb)	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	0.5 µg/m ³	—	1-gen-2005
PARTICELLE (PM ₁₀)	Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	24 ore	50 µg/m ³	35 volte/anno civile	1-gen-2005
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 µg/m ³	—	1-gen-2005
PARTICELLE (PM _{2.5})	Obbligo di concentrazione dell'esposizione	anno civile	25 µg/m ³		1-gen-2015
BENZENE	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	5 µg/m ³	—	1-gen-2010

Tabella 4: Valori obiettivo per arsenico, cadmio e nichel (D.Lgs. 13/08/2010 n.155)

INQUINANTE	VALORI OBIETTIVO ^{(1) (2) (3)}
Arsenico	6 ng/m ³
Cadmio	5 ng/m ³
Nichel	20 ng/m ³

(1): Il valore obiettivo è riferito al tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione PM10 del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile.

(2): La media annuale calcolata deve essere espressa con una cifra decimale.

(3): Il valore obiettivo si intende superato anche se pari a quello indicato nella tabella, ma seguito da una qualsiasi cifra decimale diversa da zero.

LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO

Obiettivi della campagna di monitoraggio

La campagna di monitoraggio condotta nel Comune di Rivarolo C.se da Arpa Piemonte - Dipartimento di Torino, è stata effettuata per rilevare la qualità dell'aria nel territorio comunale anche in relazione al contributo emissivo della centrale a biomasse (cippato di legno) ditta SIPEA, ubicata in Rivarolo via Montenero, a poche centinaia di metri dal centro cittadino. La campagna in questione fa seguito a quelle effettuate nel corso del 2014 nel sito di corso Indipendenza angolo corso Italia.

In accordo con l'Amministrazione Comunale (nostro protocollo n° 1143 del 09/01/2014 inviata con posta certificata all'indirizzo rivarolocanavese@pec.it) si è deciso, a integrazione delle precedenti campagne, di monitorare con l'uso del laboratorio mobile la qualità dell'aria in un'area a carattere residenziale -abitativo. I dati delle precedenti campagne, infatti, in conseguenza delle caratteristiche del sito - posto in corrispondenza di un rotatoria - hanno fornito la descrizione di uno stato di qualità dell'aria che sussiste solo nelle immediate adiacenze ai corsi ad elevato flusso veicolare ma non è rappresentativa della situazione di fondo nel contesto urbano.

Si è quindi scelto un sito che fosse esente dagli apporti immediati del traffico ma che rappresenti una situazione d'inquinamento omogenea, "di fondo" del territorio comunale urbanizzato e sia legata all'esposizione della componente più sensibile della popolazione. Il sito individuato come idoneo al posizionamento della stazione mobile è risultato il: *cortile della scuola elementare in via Roma, 1*

Ai fini di una corretta interpretazione dei risultati della campagna si ricorda che il monitoraggio effettuato permette di verificare se nell'area di indagine la concentrazione degli inquinanti oggetto di misura è significativamente diversa da quella di altre zone del territorio provinciale, ma non di quantificare il contributo di una determinata fonte (nel caso specifico l'impianto di combustione di biomasse) rispetto alle altre sorgenti di inquinanti atmosferici presenti.

Le strumentazioni di misura in aria ambiente come quelle installate sulla stazione mobile, infatti, rilevano per loro natura la concentrazione complessiva di un determinato inquinante, vale a dire la somma dei contributi delle sorgenti d'inquinanti (traffico veicolare, impianti di riscaldamento civile, impianti industriali ecc.).

Analogamente nel caso in esame non è possibile un confronto con lo stato della qualità dell'aria nel periodo precedente l'avvio dell'impianto poiché non sono state effettuate campagne ante operam in quanto l'Amministrazione Comunale non aveva avanzato richiesta in tal senso.

Nelle Figura 1 e Figura 2 è riportata sulle cartografie del Comune di Rivarolo l'ubicazione del sito nel quale è stato posizionato il Laboratorio Mobile nel corso della campagna di monitoraggio.

Va sottolineato che i dati acquisiti nel corso delle campagne condotte con i Laboratori Mobili non permettono di effettuare una trattazione formale in termini statistici secondo quanto previsto dalla normativa per la qualità dell'aria, ma forniscono un quadro, seppure limitato dal punto di vista temporale, della situazione di inquinamento atmosferico relativa ai siti in esame.

Una trattazione completa, secondo quanto previsto dalla normativa vigente (allegato I del D.Lgs. 155/2010 e s.m.i.), dovrebbe prevedere, infatti, campagne di monitoraggio caratterizzate da una durata tale da comprendere almeno il 14% annuo di misurazioni (una misurazione in un giorno variabile a caso di ogni settimana in modo che le misure siano uniformemente distribuite durante l'anno, oppure otto settimane di misurazione distribuite in modo regolare nell'arco dell'anno). Il rispetto formale di tale vincolo, dato il numero di richieste che pervengono dal territorio di competenza del Dipartimento, non permetterebbe di evadere le richieste stesse in tempi

ragionevoli. La prassi operativa scelta, in accordo con la competente Struttura di coordinamento dell'Agenzia, è di effettuare in ogni sito due campagne della durata di 20-30 giorni ciascuna in due periodi caratterizzati da diverse condizioni meteorologiche, in modo da assicurare una adeguata rappresentatività della base dati raccolta.

I dati presentati forniscono quindi un quadro generale della situazione di inquinamento atmosferico del sito in esame; come già accennato il confronto con i dati rilevati negli stessi periodi della campagna dalle stazioni fisse della rete provinciale di monitoraggio della qualità dell'aria permette, inoltre, di effettuare considerazioni di tipo comparativo finalizzate ad inquadrare lo stato della qualità dell'aria nel sito considerato nel contesto provinciale

Il monitoraggio, oggetto della presente relazione è stata condotto tra il **15 gennaio** e il **15 febbraio 2015** (32 giorni).

Si rammenta che per ragioni tecniche le elaborazioni sono state effettuate considerando solo i giorni di campionamento completi e pertanto non vi è corrispondenza con le date di posizionamento e spostamento del laboratorio mobile.

Dalle considerazioni esposte nella I° e nella II° relazione i valori elevati di ossidi di azoto risultavano presumibilmente correlati con il traffico veicolare; si è quindi deciso in accordo con l'Amministrazione comunale di valutare quantitativamente il flusso veicolare anche nel corso della terza campagna.. A tal fine è stato posizionato un contatraffico adiacente al sito di campionamento con il laboratorio mobile, in via San Francesco, 47 come indicato nelle **Figura 1** e **Figura 2**.

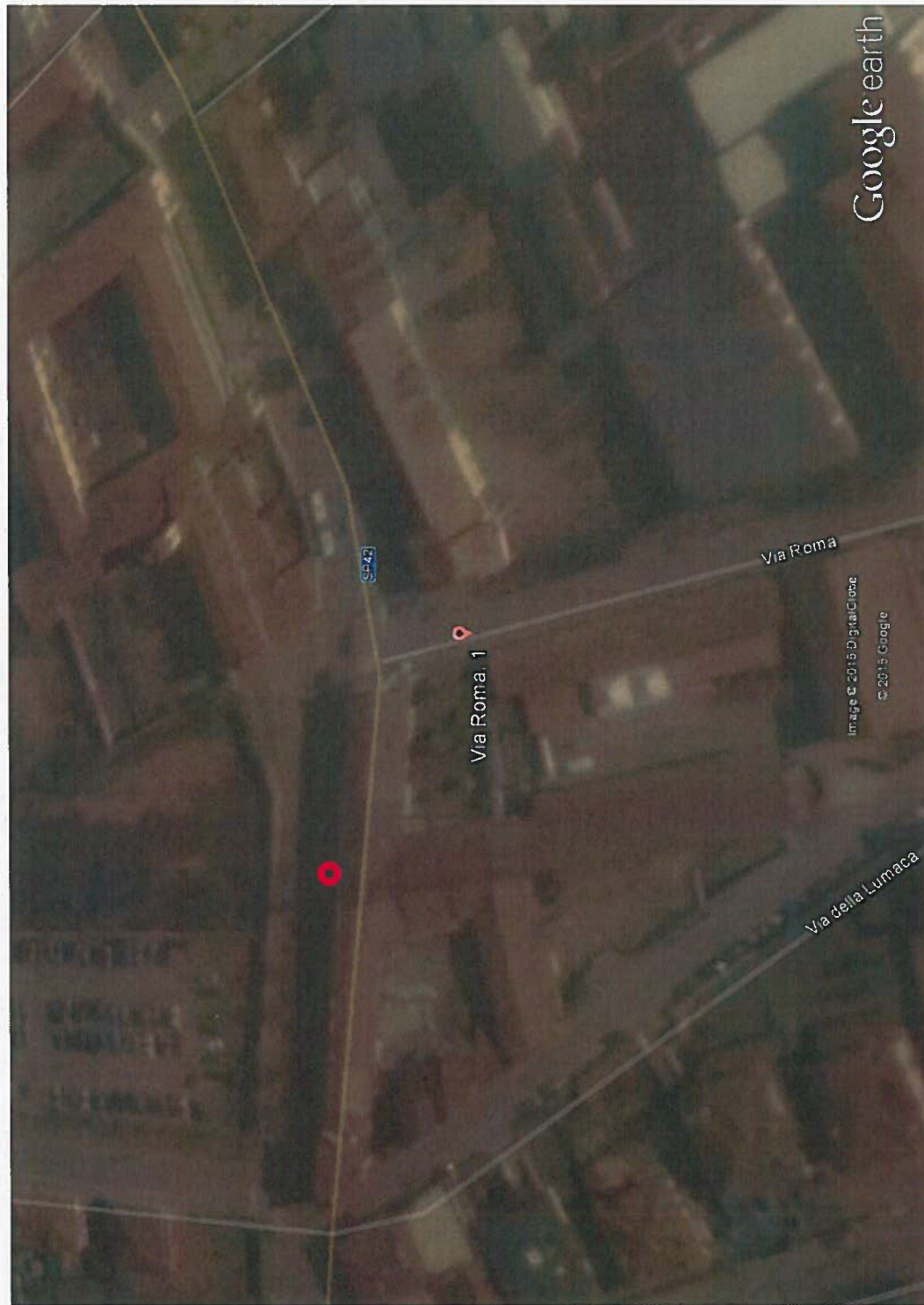
Il flusso veicolare monitorato quindi tiene conto dei veicoli che dal centro cittadino vanno in direzione di Favria e viceversa.

I risultati delle misure di traffico veicolare sono riportate nel capitolo seguente.

[illegible]

● = siti di rilevamento flussi di traffico veicolare ● = centrale elettrica a cippato

Figura 2: Postazione di monitoraggio del Laboratorio Mobile dettaglio



 = sito di rilevamento flussi di traffico veicolare

I rilievi di traffico veicolare effettuati nella terza campagna (invernale) hanno confermato e avvalorato le considerazioni esposte nel capitolo sul traffico veicolare della II° relazione (campagna estiva) ; di seguito vengono esposti i dati dei rilievi eseguiti . .

Per meglio comprendere la diminuzione degli inquinanti da traffico veicolare nel sito di posizionamento del laboratorio mobile si è provveduto a conteggiare i passaggi di veicoli leggeri e pesanti su via San Francesco d'Assisi, vale a dire sull'asse stradale con traffico significativo più prossimo al sito di monitoraggio..

Il conta traffico utilizzato nei rilevamenti è della ditta Gmbh modello Viacount II è sostanzialmente un apparecchio per il monitoraggio del traffico composto da un sensore radar "Doppler" da 24.165 GHz con memoria dati integrata e orologio in tempo reale; il sensore radar misura i movimenti dei veicoli di una corsia o direzione di marcia oppure di entrambe le direzioni di marcia. In particolare lo strumento determina la lunghezza, la velocità, il senso di marcia, l'ora e data dei veicoli che attraversano il fascio radar.

Le classi dei veicoli in funzione della lunghezza sono le seguenti

Classi	lunghezza
motocicli;	< 2,26 m
automobili;	da 2,27 m a 4,82 m
transporter;	da 4,83 m a 5,84 m
autocarri;	da 5,85 m a 9,01 m
autotreni;	> 9,02 m

I rilievi di traffico hanno evidenziato che il numero medio giornaliero di passaggi veicolari totali nei due sensi di marcia in via San Francesco è pari a **8882** veicoli /giorno , mentre in Corso Indipendenza era risultato pari a **15359** veicoli / giorno; in Via San Francesco i flussi sono quindi circa il 58 % di quelli di Corso Indipendenza. Se consideriamo anche i passaggi veicolari del traffico di Corso Italia e se presumiamo che circa la metà dei veicoli conteggiati siano diretti o provengano dalla direzione di Ceresole Reale (e non siano quindi già conteggiati tra quelli misurati in Corso Indipendenza) il totale dei veicoli transitanti presso il sito di misura delle prime due campagne è dell'ordine di 20.000, per cui il sito di Via Roma risente di un flusso veicolare che è meno della metà.

Più in dettaglio dall'analisi dei dati di traffico nel corso della campagna di monitoraggio si possono trarre le seguenti considerazioni:

- 1) il traffico veicolare in via San Francesco è un traffico influenzato dalla presenza di un semaforo che limita la velocità dei veicoli : il tempo di passaggio medio tra un veicolo e l'altro, infatti, è di 17,64 secondi mentre la percentuale della circolazione in colonna è del 38 % e la velocità media dei veicoli è di 26,5 Km/h.
- 2) L'andamento temporale medio giornaliero dei flussi veicolari totali in via San Francesco, mostra un andamento analogo e sovrapponibile a quello delle concentrazioni di ossidi di azoto misurate dal laboratorio mobile vedi Figura 7. In particolare si osserva che il picco serale di ossidi di azoto coincide esattamente con quello del traffico veicolare, mentre il picco del mattino anticipa di circa due ore quello del traffico. Tale fenomeno è presumibilmente originato dal fatto che il picco mattutino di traffico si situa nelle ore più calde della giornata in cui le condizioni di maggiore dispersione atmosferica compensano in parte la maggiore quantità di inquinante immessa in aria
- 3) La combustione dei motori dei veicoli genera percentualmente più monossido di azoto (NO) che biossido di azoto (NO₂) ma va comunque considerato che, una volta immesso in atmosfera, il monossido di azoto si trasforma in parte per ossidazione in biossido di azoto, per cui la

quantità di quest'ultimo in aria ambiente è molto maggiore di quella che sarebbe prevedibile sulla base della sola emissione diretta;

- 4) Il traffico pesante (6,1 %, 541 veicoli pesanti / giorno) è decisamente inferiore in valore assoluto rispetto a corso Italia (7,45 %, 719 veicoli pesanti /giorno) e a corso Indipendenza (4,7%,730 veicoli pesanti / giorno) , mentre è intermedio come percentuale sul totale
- 5) La domenica come è intuibile il traffico pesante diminuisce decisamente e anche il traffico dei veicoli leggeri subisce una diminuzione come si evince dalla Figura 5.

Figura 3 : andamento orario traffico veicolare in Rivarolo via San Francesco

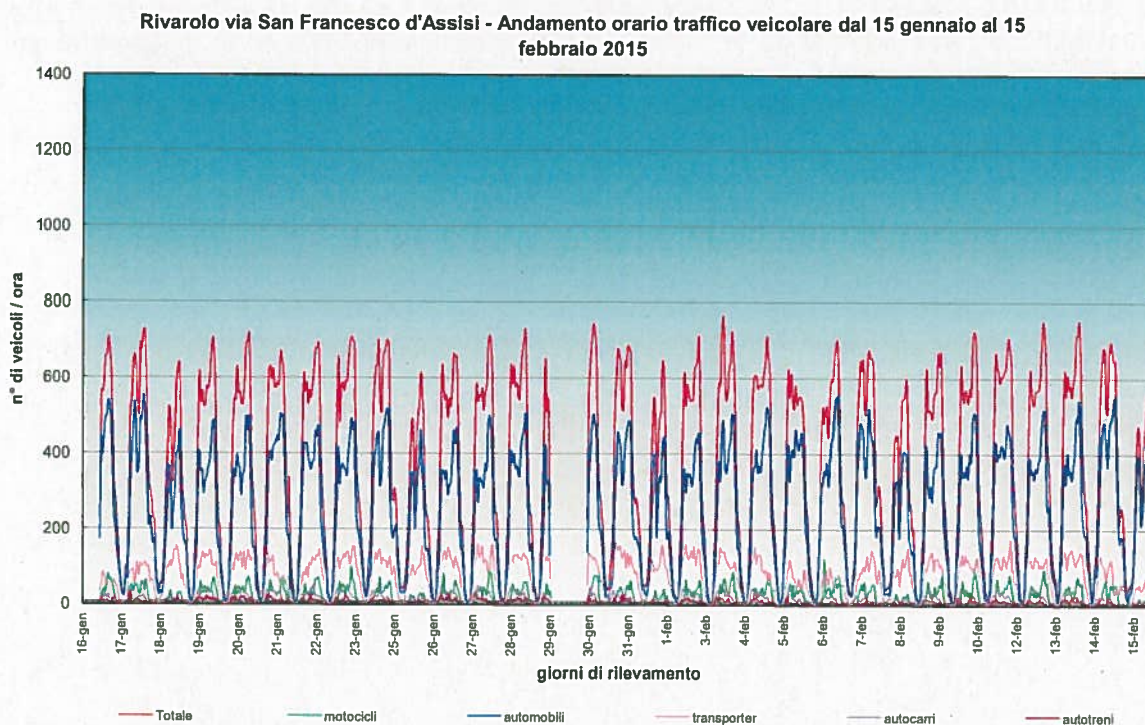


Figura 4:andamento giornaliero in Rivarolo via San Francesco (solo giorni completi)

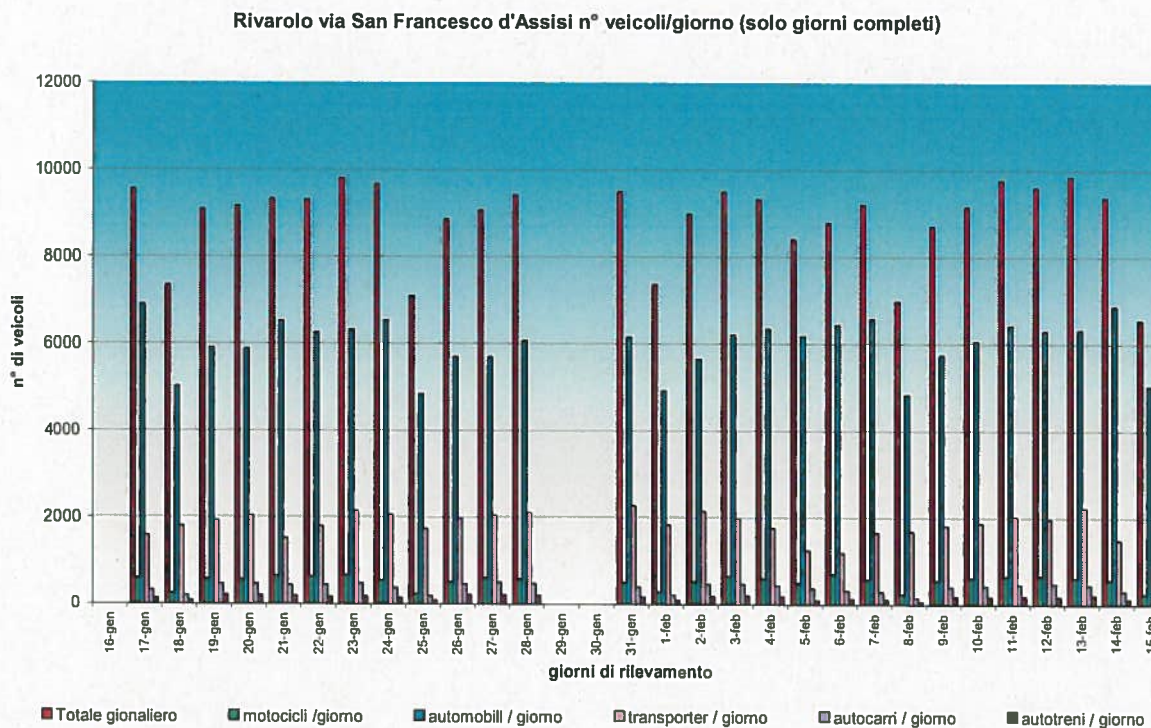


Figura 5: traffico veicolare grafico settimanale in Rivarolo via San Francesco (solo giorni completi)

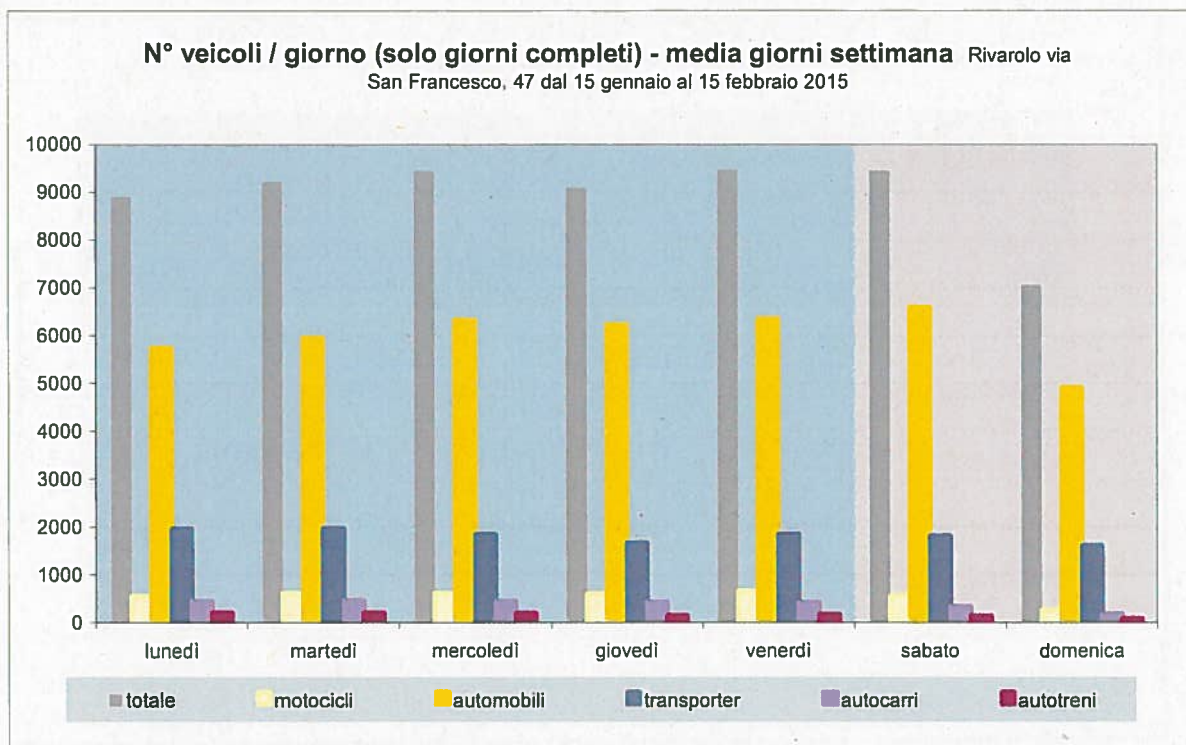


Figura 6 :traffico veicolare in Rivarolo via San Francesco valutazione di frequenza

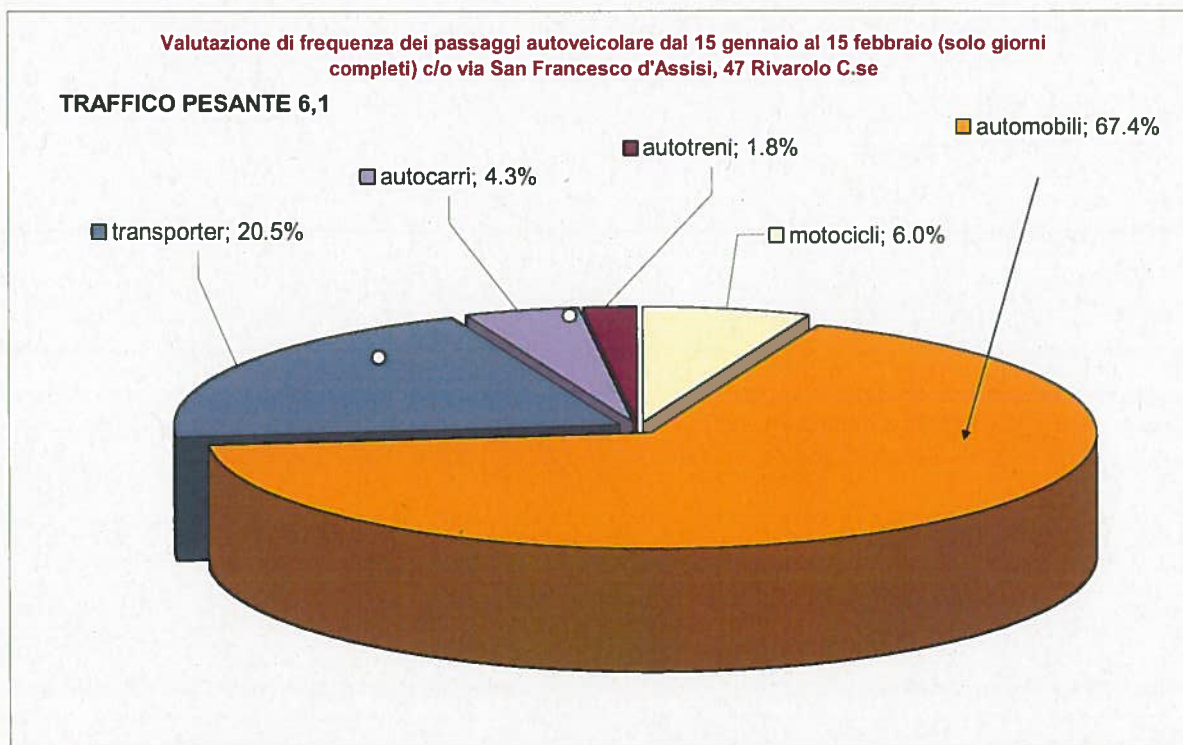
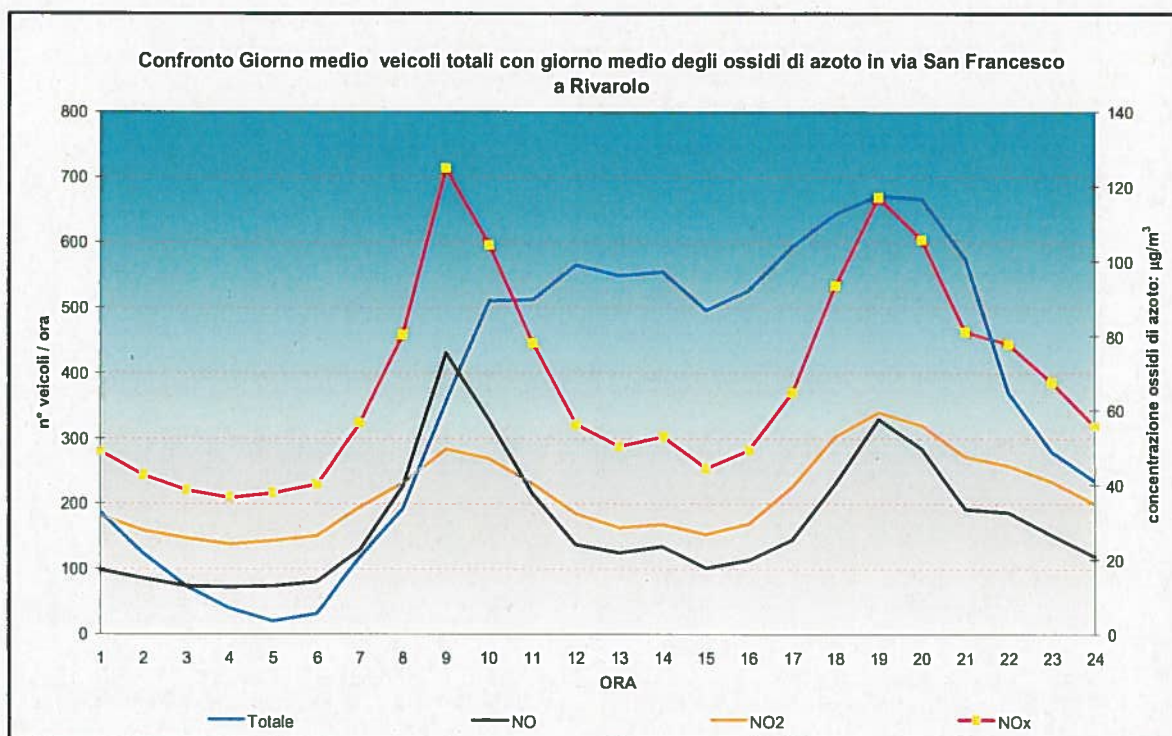


Figura 7 :confronto giorno medio veicoli totali in Rivarolo via San Francesco con giorno medio ossidi di azoto



Elaborazione dei dati meteorologici

Nelle pagine successive vengono presentate le elaborazioni statistiche e grafiche relative ai dati meteorologici registrati durante la campagna di monitoraggio. In particolare per ognuno dei parametri determinati si riporta un diagramma che ne illustra l'andamento orario e una tabella riassuntiva che evidenzia i valori minimo, massimo e medio delle medie orarie, oltre alla percentuale dei dati validi.

I parametri meteorologici determinati sono elencati di seguito, unitamente alle rispettive abbreviazioni ed unità di misura:

pressione atmosferica	P	hPa
direzione vento	D.V.	gradi sessagesimali
velocità vento	V.V.	m/s
temperatura	T	°C
umidità relativa	U.R.	%
radiazione solare globale	R.S.G.	W/m ²
pioggia	Pioggia	mm/h

La [Figura 11](#) mostra l'andamento della radiazione solare globale e della pioggia nel corso della campagna di monitoraggio. La durata e l'intensità dell'irraggiamento sono quelli tipici del periodo considerato, con valori massimi nelle ore centrali della giornata (150-220 W/m² ca'). La stabilità atmosferica è interrotta nei giorni dal 16,17, 21, 22, 30 gennaio e 3, 4, 5, 6, 7, 13, 14 febbraio giorni caratterizzati da instabilità atmosferica con precipitazioni e intensa copertura nuvolosa. Le [Figura 12](#) e [Figura 13](#) confermano le situazioni di instabilità atmosferica con diminuzioni della pressione e della temperatura aumento della umidità relativa e della velocità del vento nei giorni sopra indicati.

La temperatura media di tutto il periodo è stata di -2,4 °C, Il valore minimo orario si è raggiunto il 30 gennaio (-8 °C), mentre il valore massimo è stato rilevato sempre il 30 gennaio con 5,9 °C.

Rispetto alla campagna dell'inverno 2014 in C.so Indipendenza la piovosità è stata nettamente inferiore: durante la campagna citata erano caduti in totale 202 mm di pioggia in 36 giorni di monitoraggio (con una media di 5,6 mm/giorno), mentre durante la campagna nel sito di Via Roma sono caduti 99 mm di pioggia in 32 giorni (con una media di 3,1 mm/giorno).

L'umidità relativa di norma presenta un andamento inverso rispetto a quello della temperatura, con massimi concentrati nelle ore notturne e minimi nelle ore più calde della giornata. ([Figura 13](#)).

Velocità e direzione del vento danno in generale una chiara indicazione della dinamicità atmosferica del territorio indagato. I dati di velocità del vento registrati durante la campagna di misura nel comune di Rivarolo risultano mediamente non elevati (media delle medie giornaliere pari a 0.37 m/s) vedi [Tabella 5](#) ad indicare una staticità anemologica. La percentuale di calme di vento (identificate convenzionalmente da una media oraria della velocità del vento inferiore a 0.5 m/s) è stata infatti: il 52 % di giorno e il 75% di notte, la massima media oraria di 1,3 m/s si è misurata il 28 gennaio. Tali valori sono presumibilmente influenzati dagli ostacoli fisici costituiti dagli edifici circostanti il sito

Le direzioni dominanti del vento mostrano brezze lievi da SW SSW e S durante il giorno e da NW durante la notte [Figura 8](#), [Figura 9](#) e [Figura 10](#). Anche in questo caso è presumibile , almeno in parte, un effetto della presenza degli edifici

Tabella 5: Dati relativi ai parametri meteorologici nel corso della campagna di monitoraggio

	RADIAZIONE SOLARE GLOBALE	TEMPERATURA	UMIDITA' RELATIVA	PRESSIONE ATMOSFERICA	VELOCITA' VENTO
	W/m ²	°C	%	hPa	m/s
	Inverno	Inverno	Inverno	Inverno	Inverno
Minima media giornaliera	0	-3.6	28	944	0.24
Massima media giornaliera	39	-0.8	91	989	0.61
Media delle medie giornaliere	20	-2.4	65	973	0.37
Giorni validi	32	11	11	17	17
Percentuale giorni validi	100%	34%	34%	53%	53%
Media dei valori orari	20	-2.3	65	973	0.36
Massima media oraria	222	5.9	95	991	1.30
Ore valide	768	283	283	428	414
Percentuale ore valide	100%	37%	37%	56%	54%

Figura 8: Rosa dei venti Totale

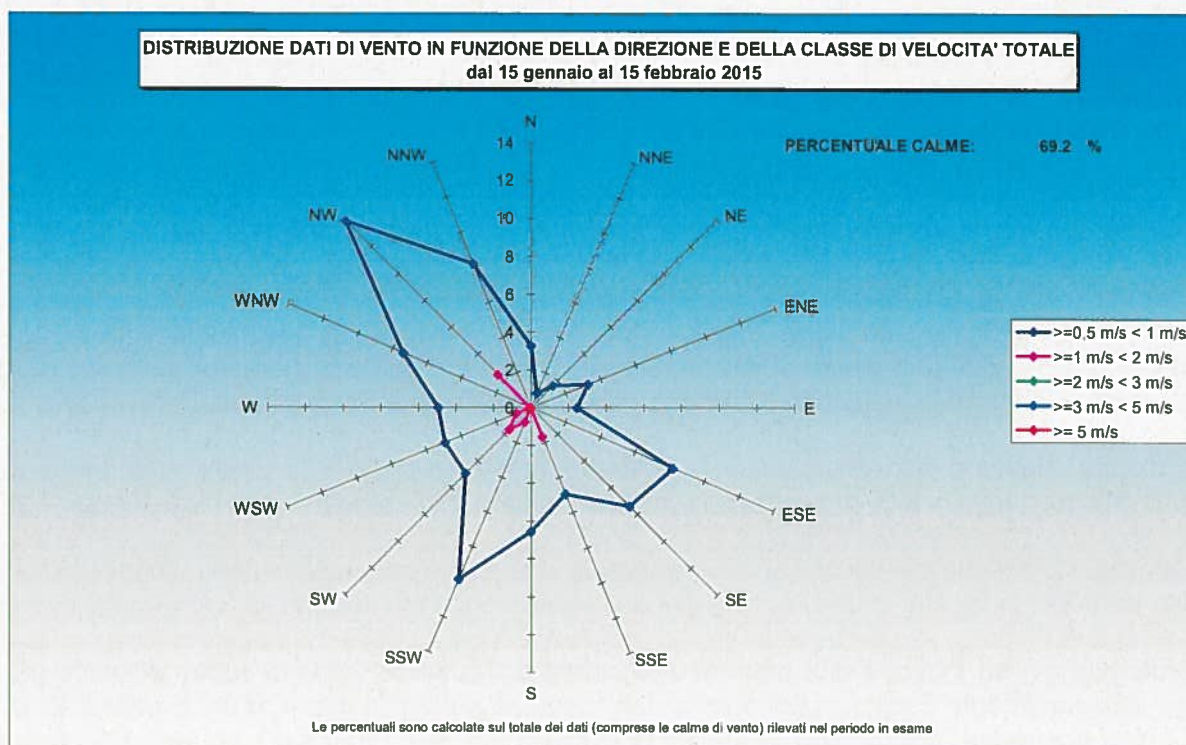


Figura 9: Rosa dei venti diurna

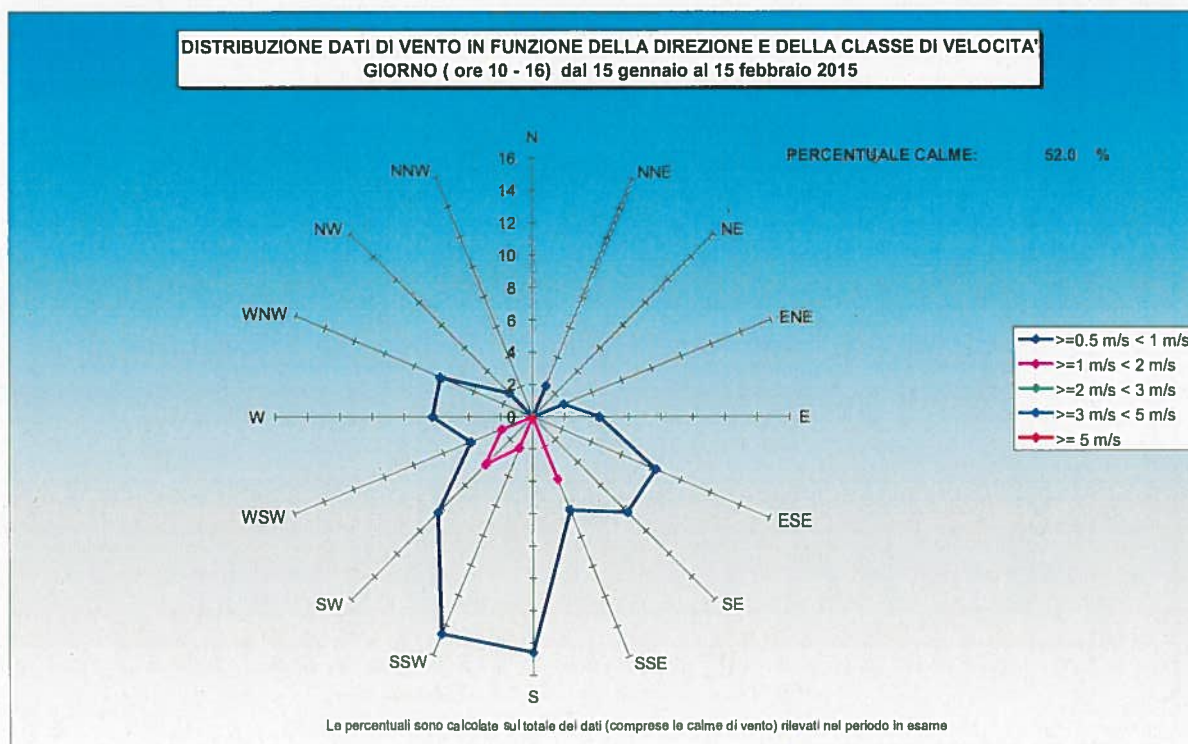


Figura 10: Rosa dei venti notturna

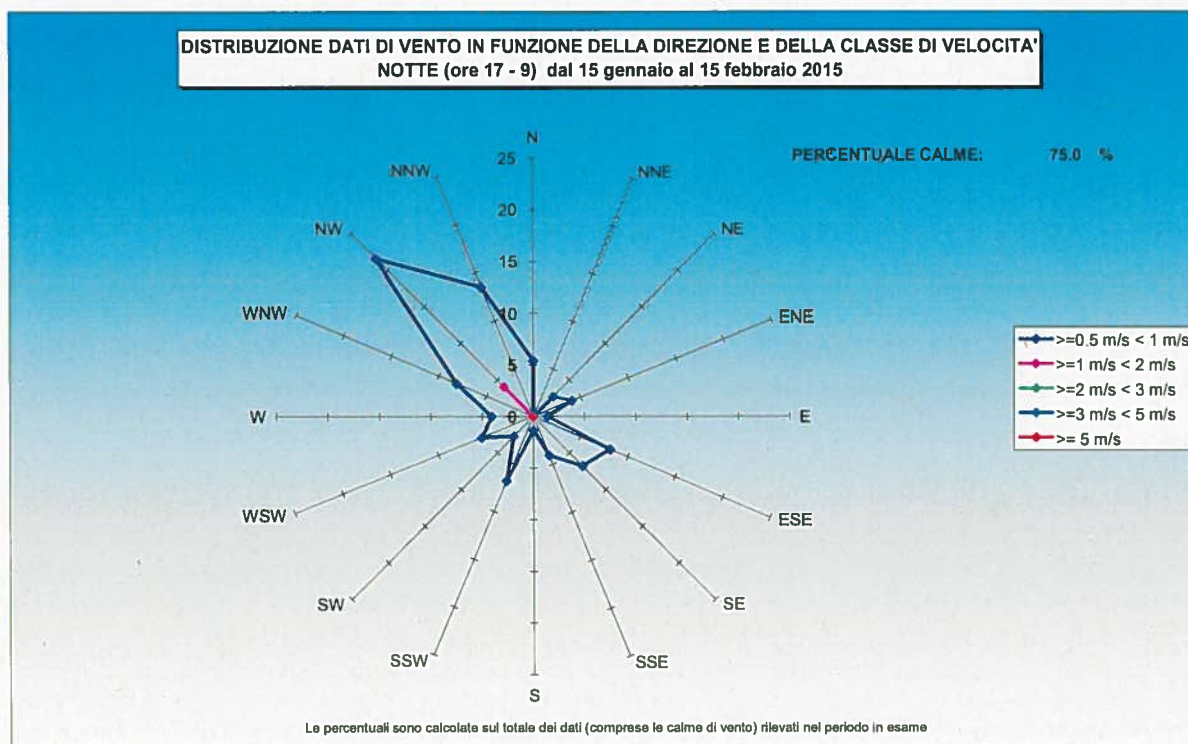


Figura 11: Radiazione solare e Pioggia

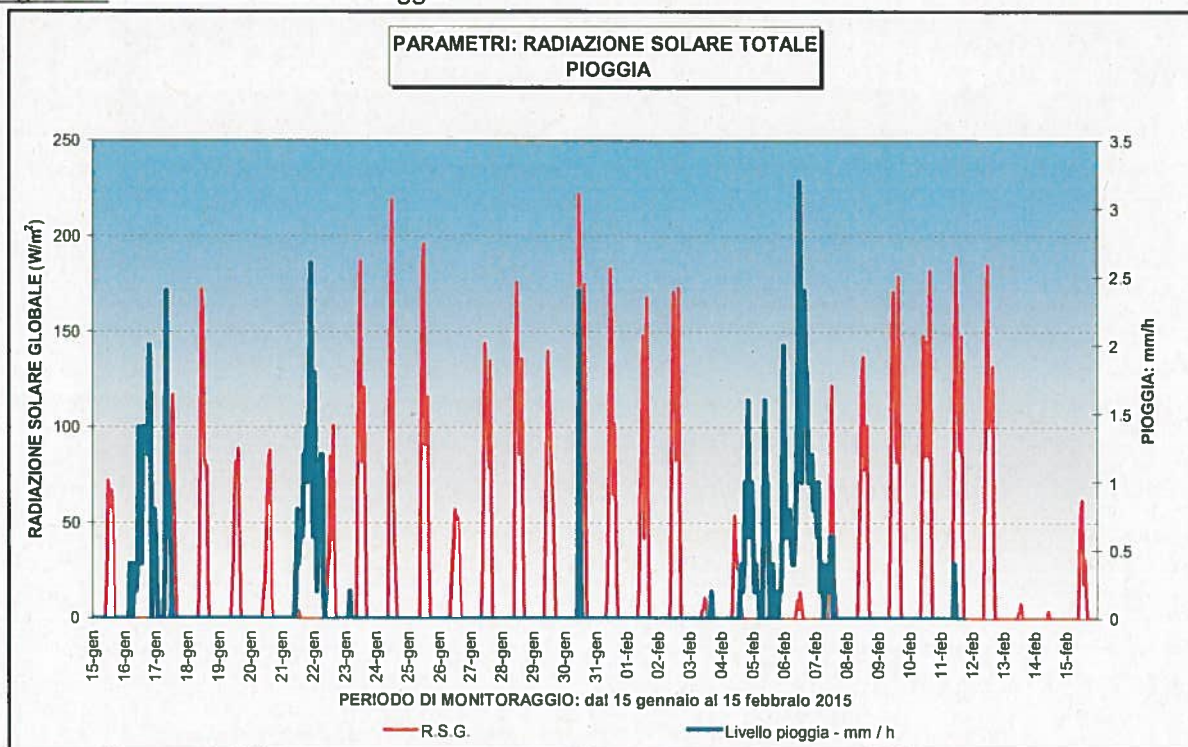


Figura 12: Pressione Atmosferica e Pioggia

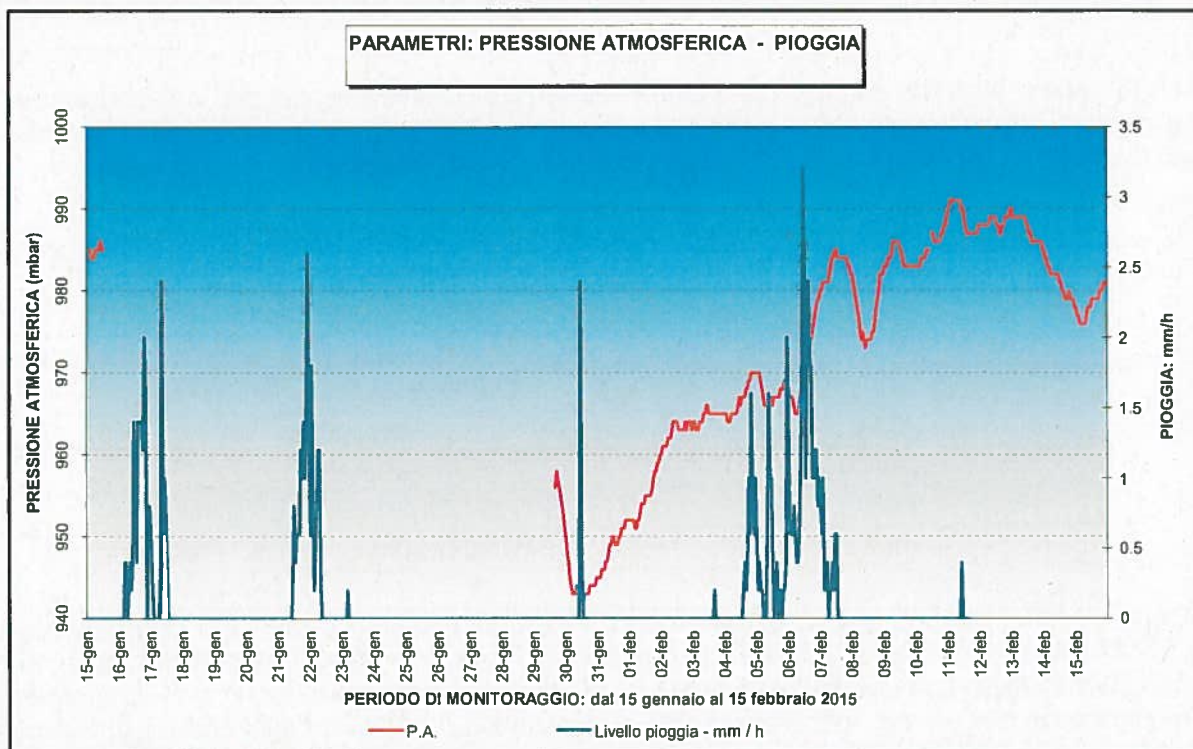
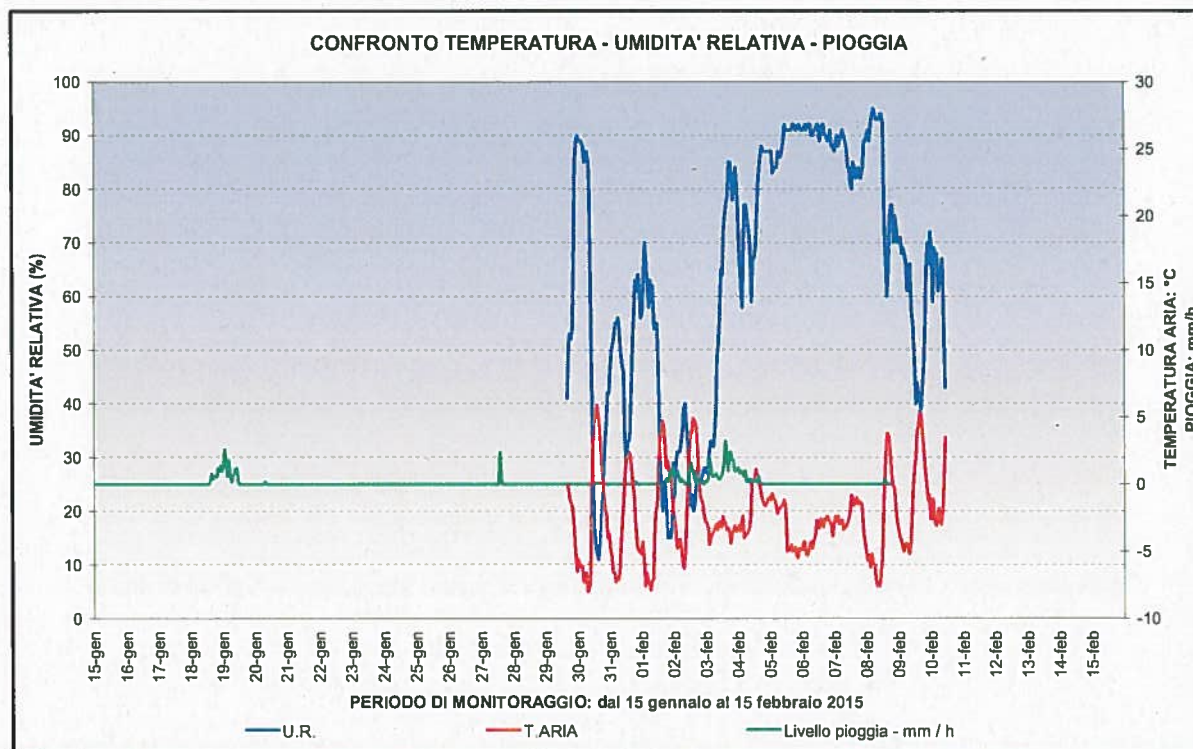


Figura 13: Umidità Relativa Temperatura



Elaborazione statistiche e grafiche relative al monitoraggio nel comune di Rivarolo C.se

Nelle pagine seguenti vengono riportate le elaborazioni statistiche dei dati e i superamenti dei limiti di legge di inquinamento dell'aria registrati dagli analizzatori nel periodo di campionamento. Si riportano di seguito le formule chimiche degli inquinanti, utilizzate come abbreviazioni:

SO ₂	BIOSSIDO DI ZOLFO
NO ₂	BIOSSIDO DI AZOTO
NO	MONOSSIDO DI AZOTO
O ₃	OZONO
CO	MONOSSIDO DI CARBONIO
C ₆ H ₆	BENZENE
C ₆ H ₅ CH ₃	TOLUENE
PM10	PARTICOLATO SOSPESO PM10
PM2.5	PARTICOLATO SOSPESO PM2.5

Copia di tutti i dati acquisiti è conservata su supporto informatico presso il Dipartimento di Torino (Attività Istituzionali di Produzione) e in rete sul sito "Aria Web" della Regione Piemonte all' indirizzo: <http://www.regione.piemonte.it/ambiente/aria/rilev/ariaday/ariaweb-new/> a disposizione, previa registrazione dell'utente, per elaborazioni successive e/o per eventuali richieste di trasmissione da parte degli Enti interessati.

Andamento orario e giornaliero - Confronto con i limiti di legge

Per ogni inquinante è stata effettuata una elaborazione grafica che permette di visualizzare, in un diagramma concentrazione-tempo, l'andamento registrato durante il periodo di monitoraggio. La scala adottata per l'asse delle ordinate permette di evidenziare, laddove esistenti, i superamenti dei limiti.

Nel caso in cui i valori assunti dai parametri risultino nettamente inferiori ai limiti di legge, l'espansione dell'asse delle ordinate rende meno chiaro l'andamento orario delle concentrazioni. L'elaborazione oraria dettagliata è comunque disponibile presso lo scrivente servizio e può essere inviata su richiesta specifica.

Giorno medio

Per una corretta valutazione dell'andamento degli inquinanti durante le diverse ore del giorno è stato calcolato il giorno medio: questo si ottiene determinando, per ognuna delle 24 ore che costituiscono la giornata, la media aritmetica dei valori medi orari registrati nel periodo in esame. Ad esempio il valore dell'ora 1:00 è calcolato mediando i valori di concentrazione rilevati alle ore 1:00 di ciascun giorno del periodo di monitoraggio. In grafico vengono quindi rappresentati gli andamenti medi giornalieri delle concentrazioni per ognuno degli inquinanti.

In questo modo è possibile non solo evidenziare in quali ore generalmente si verifichi un incremento delle concentrazioni dei vari inquinanti, ma anche fornire informazioni sulla persistenza degli stessi durante la giornata.

Biossido di zolfo

Il biossido di zolfo è un gas incolore, di odore pungente. Le principali emissioni di SO₂ derivano dai processi di combustione che utilizzano combustibili di tipo fossile (ad esempio gasolio, olio combustibile e carbone) nei quali lo zolfo è presente come impurità.

Una percentuale molto bassa di biossido di zolfo nell'aria (6-7 %) proviene dal traffico veicolare, in particolare da veicoli a motore diesel.

La concentrazione di biossido di zolfo presenta una variazione stagionale molto evidente, con i valori massimi durante la stagione invernale a causa del riscaldamento domestico.

Anni fa il biossido di zolfo era considerato uno degli inquinanti più problematici, per le elevate concentrazioni rilevate nell'aria e per i suoi effetti negativi sull'uomo e sull'ambiente. Negli ultimi anni, con la limitazione del contenuto di zolfo nei combustibili imposta dalla normativa, si osserva la progressiva diminuzione di questo inquinante con concentrazioni che si posizionano ben al di sotto dei limiti previsti dalla normativa.

La non problematicità di questo inquinante è confermata dai dati ottenuti durante la campagna di monitoraggio di Rivarolo, infatti i valori sia giornalieri sia orari sono ampiamente al di sotto dei limiti (Tabella 6 e Figura 14). Il massimo valore giornaliero è pari a 10 µg/m³ (calcolato come media giornaliera sulle 24 ore), di molto inferiore al limite per la protezione della salute di 125 µg/m³. La massima media oraria è pari a 16 µg/m³, quindi è ampiamente rispettato il livello orario per la protezione della salute fissato dal D.Lgs 155/2010 in 350 µg/m³.

Dalla Figura 16 notiamo che i valori medi del giorno medio per l'SO₂ del sito di Rivarolo sono simili ai valori delle altre centraline messe a confronto.

Si può concludere che questo parametro non mostra alcuna criticità, poiché le azioni a livello nazionale per la riduzione della percentuale di zolfo nei combustibili e l'utilizzo del metano per gli impianti di riscaldamento hanno dato i risultati attesi e le concentrazioni di SO₂ sono sempre al di sotto dei limiti. Tali risultati positivi si osservano anche a livello provinciale dai dati ottenuti con le centraline fisse di monitoraggio.

Tabella 6: Dati relativi al biossido di zolfo (SO_2) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Inverno
Minima media giornaliera	3
Massima media giornaliera	10
Media delle medie giornaliere	6.
Giorni validi	32
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	6.
Massima media oraria	16
Ore valide	766
Percentuale ore valide	100%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (350)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (350)</u>	0
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (125)</u>	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (500)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (500)</u>	0

Figura 14: SO_2 : confronto con il livello di protezione della salute (media giornaliera)

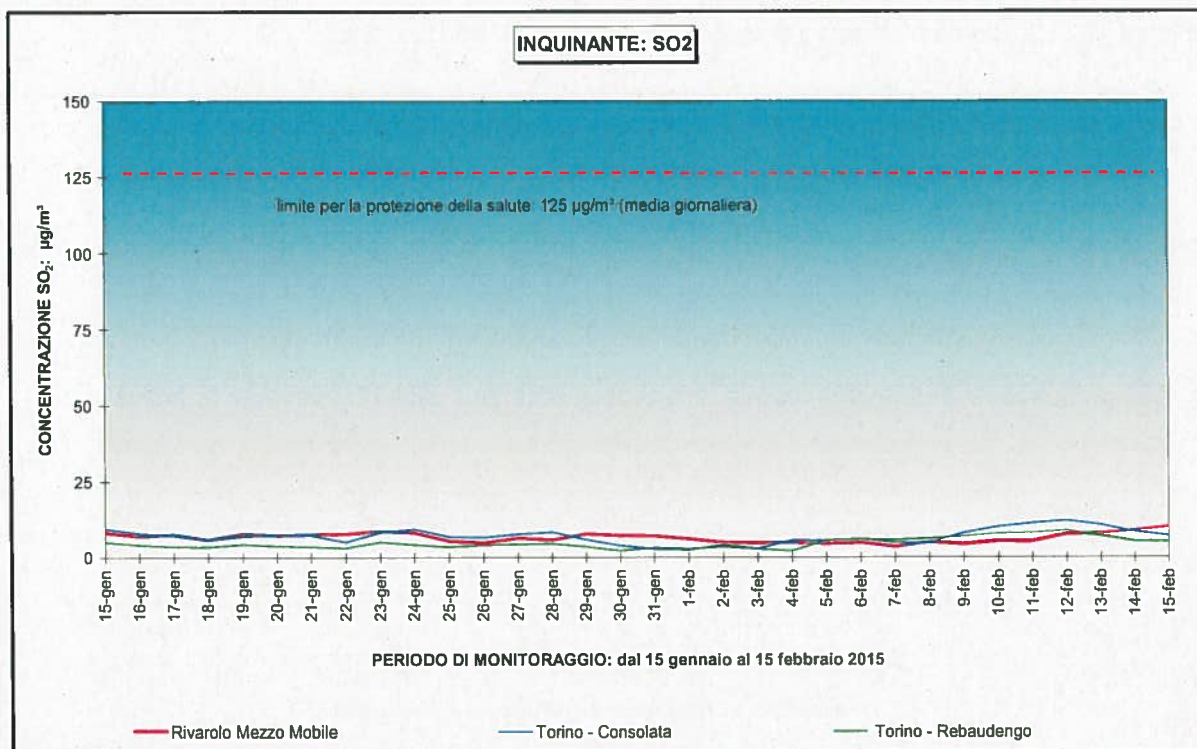


Figura 15: SO₂: medie orarie confronto con alcune stazioni della rete fissa

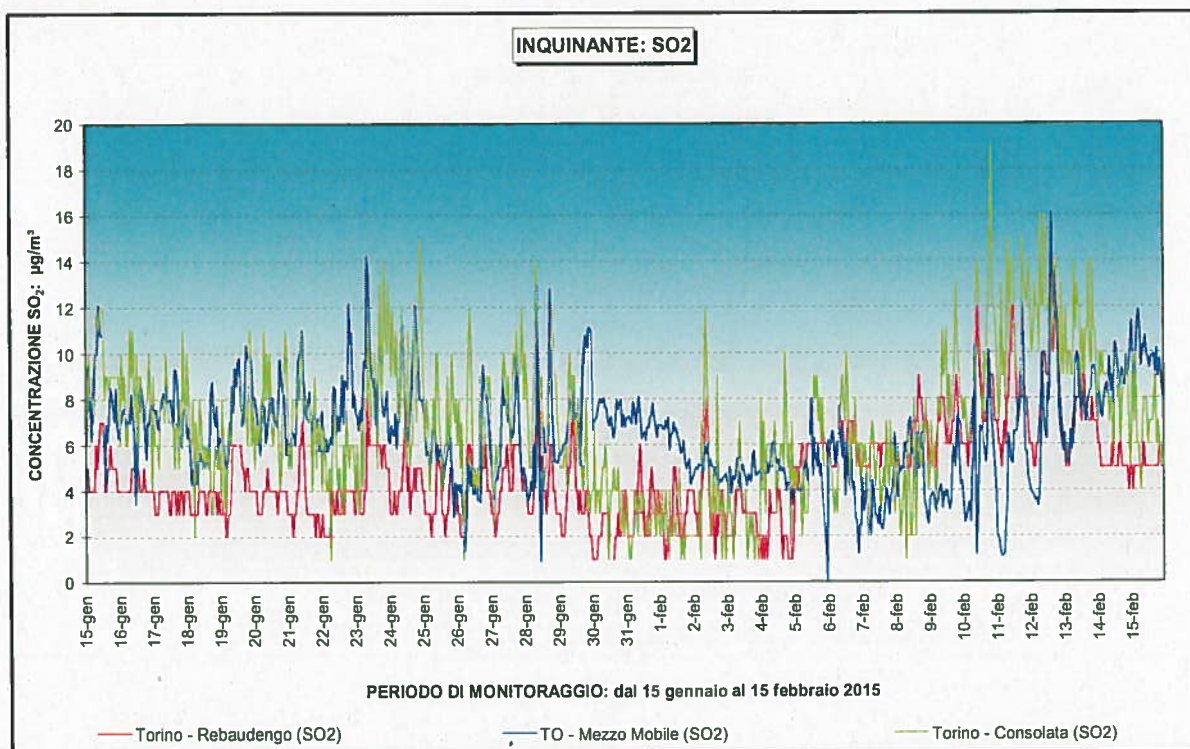
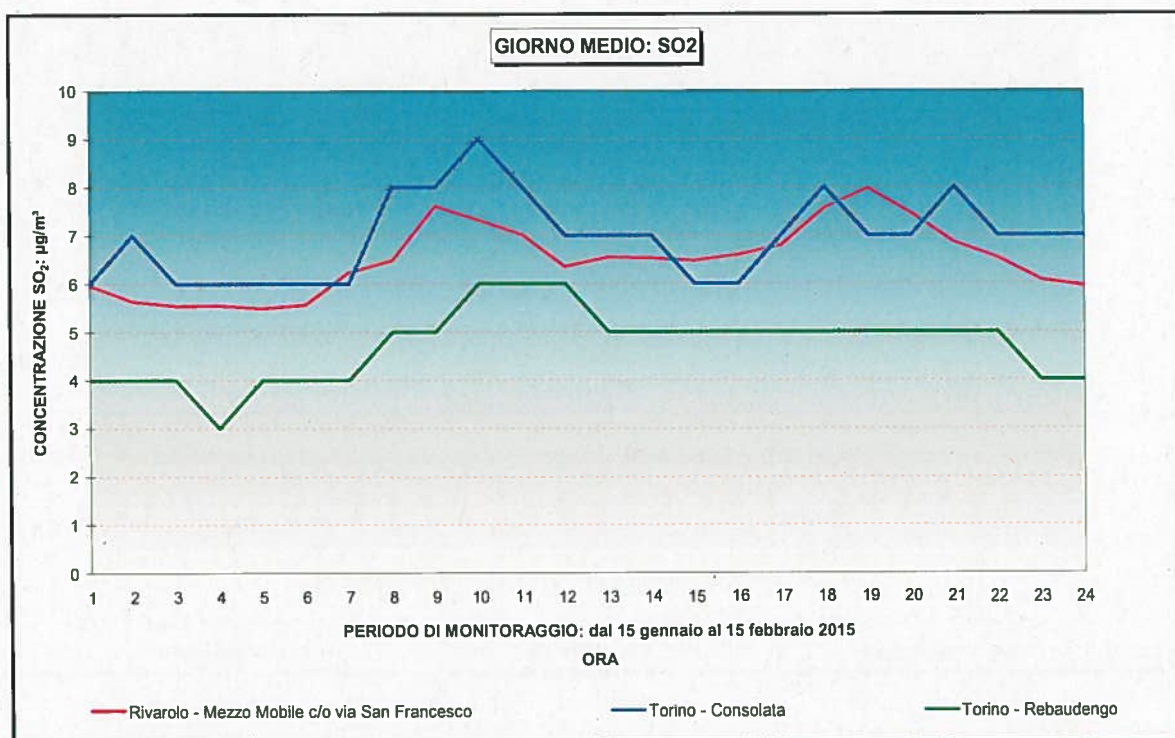


Figura 16: SO₂: giorno medio confronto con alcune stazioni della rete fissa



Gli ossidi di azoto vengono generati da tutti i processi di combustione, qualsiasi sia il tipo di combustibile usato.

Monossido d'azoto

Il monossido di azoto, in relazione alla sua bassa tossicità, non è preso in considerazione dalla normativa in termini di valori di riferimento per la protezione della salute, ma viene comunque misurato in quanto partecipa ai fenomeni di inquinamento fotochimico e si trasforma in biossido di azoto in presenza di ossigeno e ozono. Si può osservare che nel Comune di Rivarolo nel periodo considerato si sono misurati valori di concentrazioni tra i più bassi della provincia.

Occorre sottolineare che le emissioni dirette di ossidi di azoto dei veicoli sono principalmente costituite da monossido di azoto ma, come già accennato, quest'ultimo in aria ambiente si trasforma parzialmente per ossidazione in biossido di azoto, per cui la quantità di quest'ultimo è maggiore di quella che sarebbe prevedibile sulla base della sola emissione diretta,

Nel sito di rilevamento con il laboratorio mobile i valori sia di NO che, come esposto nel seguito, di NO₂ sono tra i più bassi della provincia e simili ai valori delle centraline della rete di monitoraggio di fondo residenziale come Ivrea. Il massimo valore di monossido di azoto registrato nel sito del laboratorio mobile (media oraria) è pari a 335 µg/m³, la massima media giornaliera è di 48 µg/m³ il valore medio della campagna invernale è di 30 µg/m³.

Dalla Figura 19 notiamo come dal confronto del giorno medio misurato nel sito di monitoraggio con il laboratorio mobile con il giorno medio di alcune stazioni della rete fissa, i valori misurati nel sito in esame risultino comparabili con la centralina di Borgaro T.se, superiori alla centralina di Druento, esente da traffico veicolare e inferiori alle centraline di Torino, In Figura 18 e Tabella 8 vengono messi a confronto le medie del periodo con le medie annuali 2014 di tutte le centraline della provincia. I valori del sito in esame sono tra i più bassi dell'intera provincia superiori solo a Ceresole e Druento, siti di fatto esenti da traffico veicolare, o a Oulx e Susa in cui i regimi di vento giornalieri tipici delle valli contribuiscono a disperdere gli inquinanti.

L'andamento del giorno medio mostra il tipico aspetto con due massimi giornalieri, con i valori più elevati nelle ore in cui è maggiore il traffico autoveicolare (dalle 7 alle 10 al mattino e dalle 18 alle 20 nel pomeriggio). Dai dati del giorno medio di traffico veicolare confrontati con i dati del giorno medio sia di NO che di NO₂ risulta evidente la correlazione tra le concentrazioni ossidi di azoto e i flussi di traffico veicolare (vedi Figura 7).

Tabella 7: Dati relativi al monossido di azoto (NO) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Inverno
Minima media giornaliera	15
Massima media giornaliera	48
Media delle medie giornaliere	30
Giorni validi	32
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	30
Massima media oraria	335
Ore valide	767
Percentuale ore valide	100%

Figura 17: NO medie orarie confronto con alcune stazioni della rete fissa

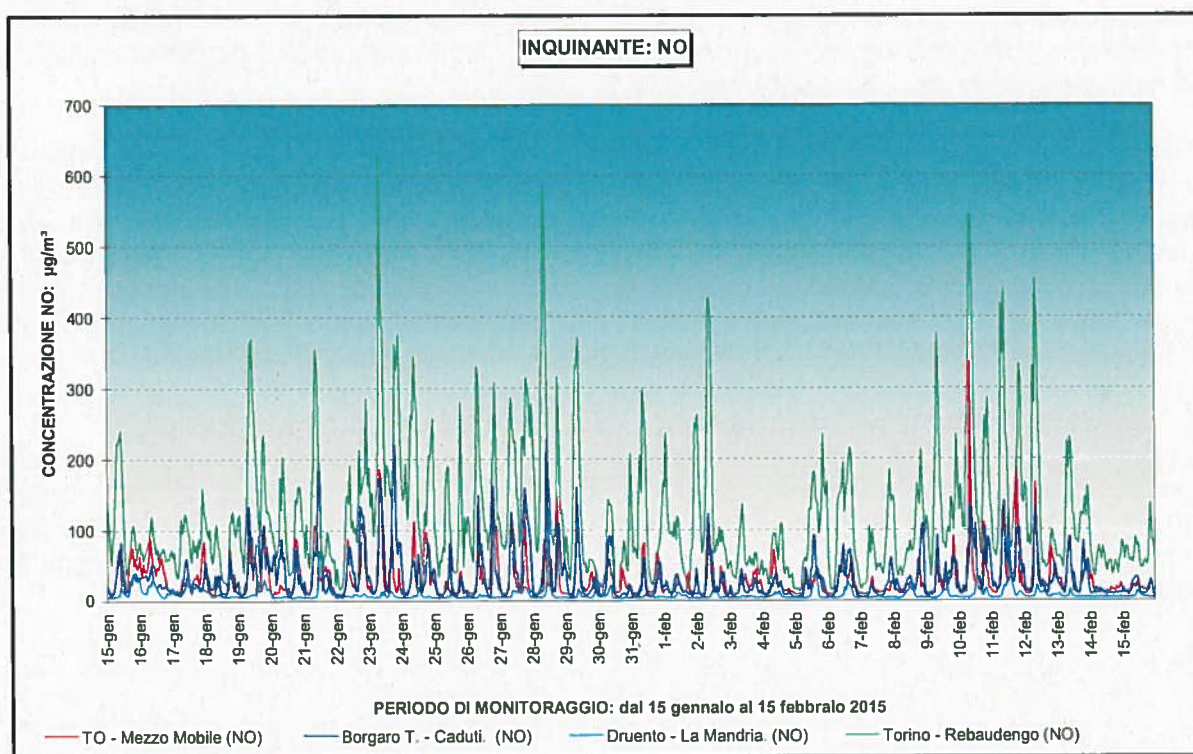


Figura 18: NO, confronto medie campagna invernale con medie annuali 2014 nella provincia di Torino

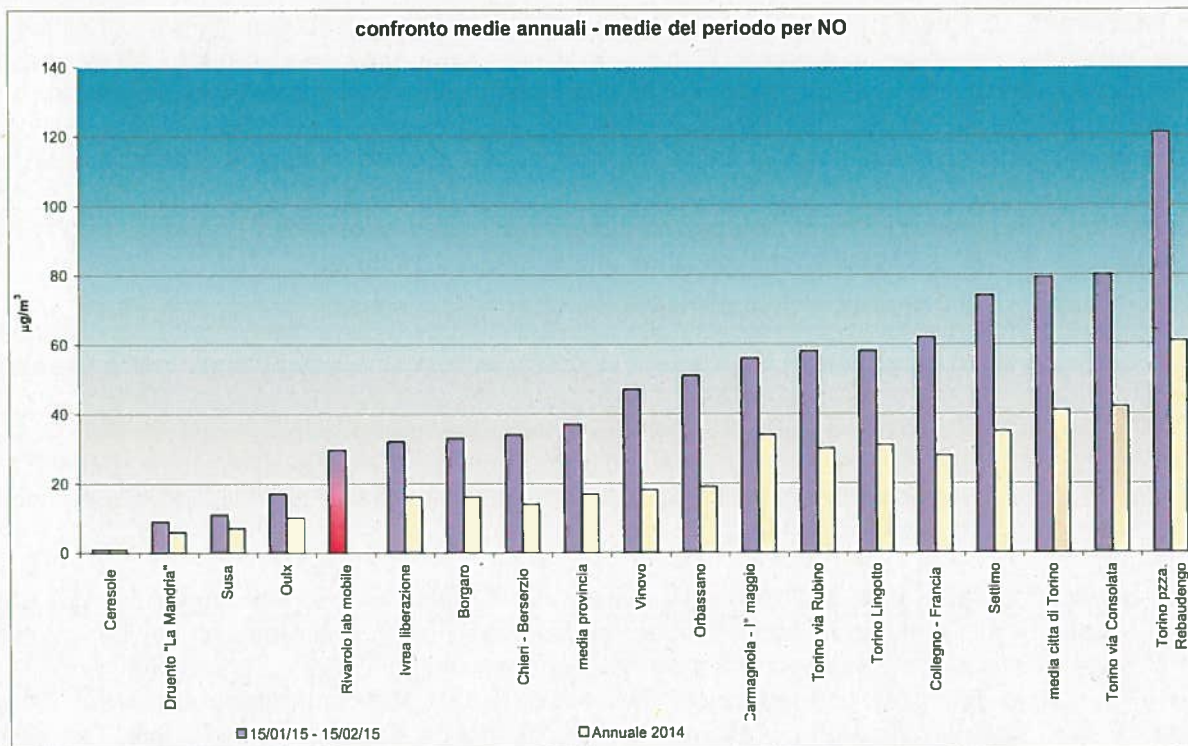
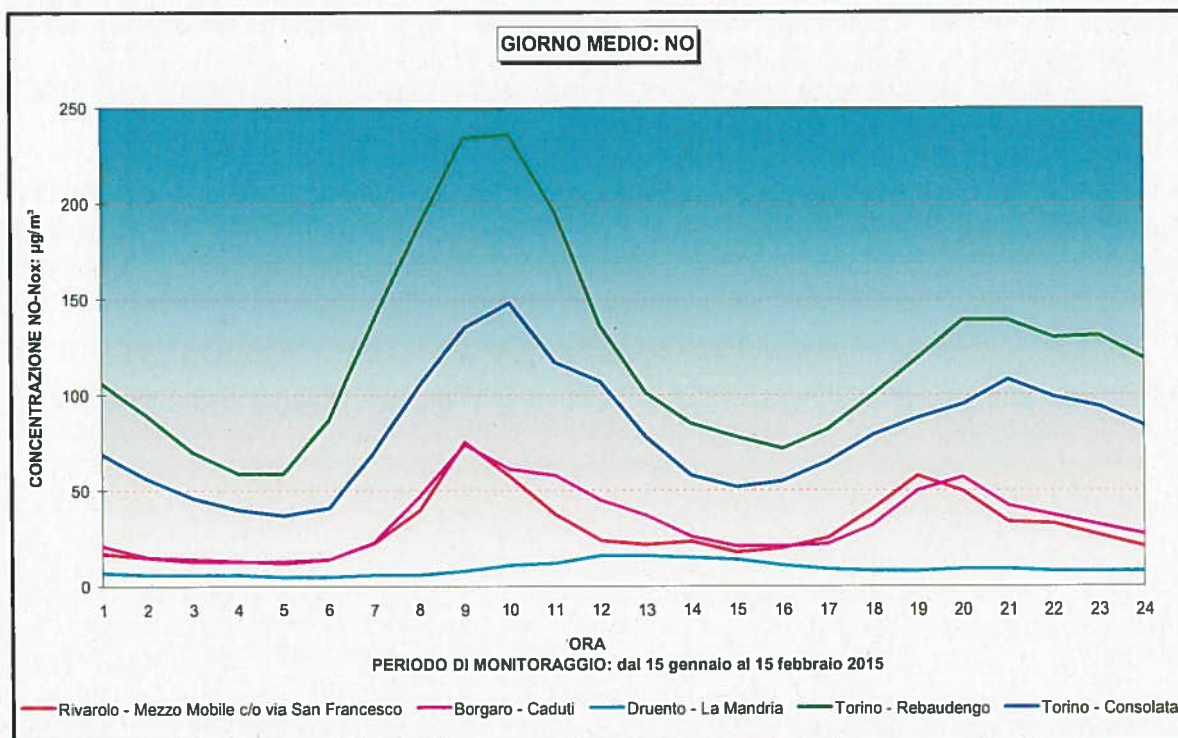


Figura 19: NO giorno medio confronto con alcune stazioni della rete fissa



Biossido d'azoto

Il biossido di azoto è da ritenersi fra gli inquinanti atmosferici maggiormente pericolosi sia perché è per sua natura irritante, sia perché dà inizio, in presenza di forte irraggiamento solare, ad una serie di reazioni fotochimiche secondarie che portano alla formazione di sostanze inquinanti complessivamente indicate con il termine di "smog fotochimico".

La formazione di NO_2 è piuttosto complessa. Infatti oltre ad essere originato direttamente dal traffico veicolare, soprattutto quando si raggiungono elevate velocità e la combustione nei motori è più completa, tale inquinante ha un'importante origine secondaria, essendo originato anche attraverso complesse reazioni fotochimiche che hanno luogo in aria ambiente.

Il contributo dell'inquinamento veicolare alle emissioni di ossidi di azoto è diverso a seconda del tipo di veicolo. A titolo di esempio da una stima dell'Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici, (*"Le emissioni atmosferiche da trasporto stradale in Italia dal 1990 al 2000"*, APAT 2003), risulta che nell'anno 2000 il fattore di emissione medio di NO_x (vale a dire la somma di monossido e biossido di azoto) su percorso urbano stimato per le autovetture ammontava a 1,1 g/veic*km, per i veicoli commerciali leggeri è 2,3 g/veic*km, mentre per i veicoli commerciali pesanti (>3,5 t) e i bus il fattore di emissione è pari a 12 g/veic*km.

Per quello che riguarda NO_2 (Tabella 9), durante la campagna di monitoraggio nel sito di Rivarolo non si sono registrati superamenti del limite orario di 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ né tantomeno del livello di allarme di 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, essendo la massima media oraria misurata nel sito di monitoraggio di 97 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Le Figura 20 e Figura 21 permettono di confrontare i dati della campagna condotta con il mezzo mobile con quelli provenienti da alcune stazioni della rete fissa di monitoraggio. Dal confronto è evidente che le medie orarie di Rivarolo C.se presentano concentrazioni comparabili ai valori delle centraline di fondo urbano residenziale. In particolare il confronto del giorno medio mostra che i valori di Rivarolo sono leggermente inferiori a quelli di Borgaro (stazione di fondo suburbano) e superiori a Druento- La Mandria (stazione di fondo rurale) e inferiori a Torino Consolata e Torino Rebaudengo quest'ultimi siti da intenso traffico veicolare;

Anche in questo caso la correlazione di questi andamenti con i flussi veicolari è verificata nella terza campagna. (Vedi il capitolo sul traffico veicolare).

Il D.Lgs 155/2010 prevede per il biossido di azoto anche un valore limite annuale per la protezione della salute umana di 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Visto che la durata della campagna non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo, non è possibile un confronto diretto con le misure effettuate. Si può però considerare un valore stimato di media annuale ricavato con la metodologia descritto nella nota.

Applicando tale procedimento, la media annuale stimata è pari a 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, valore inferiore al limite.

Nota

Si sono calcolate le medie di NO₂, per il periodo della campagna, di tutte le stazioni della provincia con l'esclusione di quella di Ceresole quest'ultima tipica di una situazione non interessata da traffico; dal rapporto con la media dell'anno 2014 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio della campagna di Rivarolo permette di ricavare la stima annuale:

$$M_c = (M_p / m_p) \times m_c$$

dove

m_c : media periodo campagna NO₂ Rivarolo c/o Via Roma 1

M_c : media anno stimata NO₂ Rivarolo c/o Via Roma 1

m_p : media periodo campagne NO₂ Provincia di Torino

M_p : media anno 2014 NO₂ Provincia di Torino

Data la pericolosità di questo inquinante, anche in qualità di precursore di altri inquinanti come l'ozono e il PM10, si sottolinea che le politiche atte al controllo e alla limitazione delle concentrazioni di NO₂ nell'aria sono di primaria importanza su tutto il territorio provinciale.

Tabella 8: NO₂, NO confronto medie del periodo di monitoraggio con medie annuali 2014 nella provincia di Torino, la media annuale di NO₂ di Rivarolo è stata stimata

	15/01/15 - 15/02/15		Annuale 2014	
	NO (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NO (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)
Ceresole	1	7	1	4
Druento "La Mandria"	9	26	6	15
Susa	11	31	7	20
Oulx	17	32	10	21
Rivarolo lab mobile	30	37		25
Chieri - Berserzio	34	39	14	23
Ivrea liberazione	32	43	16	24
media provincia	37	44	17	27
Borgaro	33	44	16	26
Orbassano	51	47	19	32
Collegno - Francia	62	47	28	47
Carmagnola - I° maggio	56	52	34	35
Torino Lingotto	58	54	31	41
Vinovo	47	56	18	29
Torino via Rubino	58	58	30	39
Torino via Consolata	80	63	42	58
media città di Torino	79	69	41	52
Settimo	74	71	35	35
Torino pzza. Rebaudengo	121	100	61	70

Tabella 9: Dati relativi al biossido di azoto (NO_2) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Inverno
Minima media giornaliera	28
Massima media giornaliera	52
Media delle medie giornaliere	37
Giorni validi	32
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	37
Massima media oraria	97
Ore valide	767
Percentuale ore valide	100%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (200)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (200)</u>	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (400)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (400)</u>	0

Figura 20: NO_2 : confronto con i limiti di legge e con i dati delle stazioni fisse di Torino Rebaudengo, Borgaro, Druento "La Mandria" e Torino Consolata

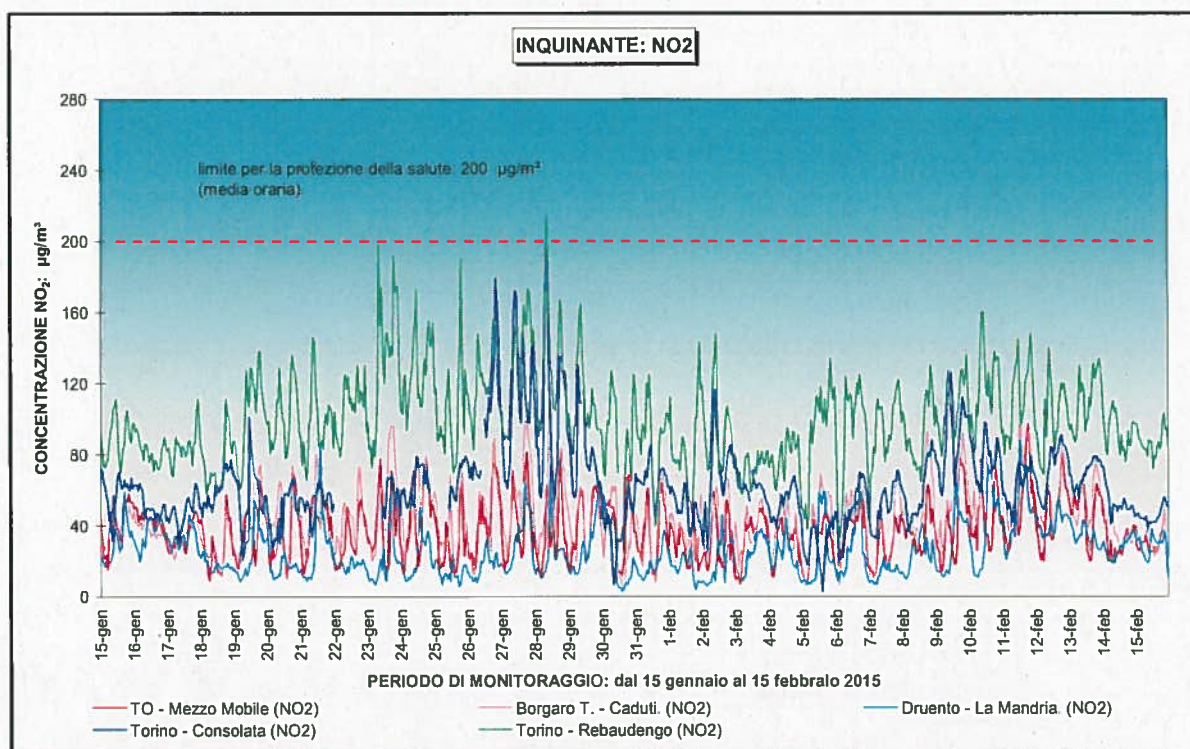


Figura 21: NO₂: andamento del giorno medio

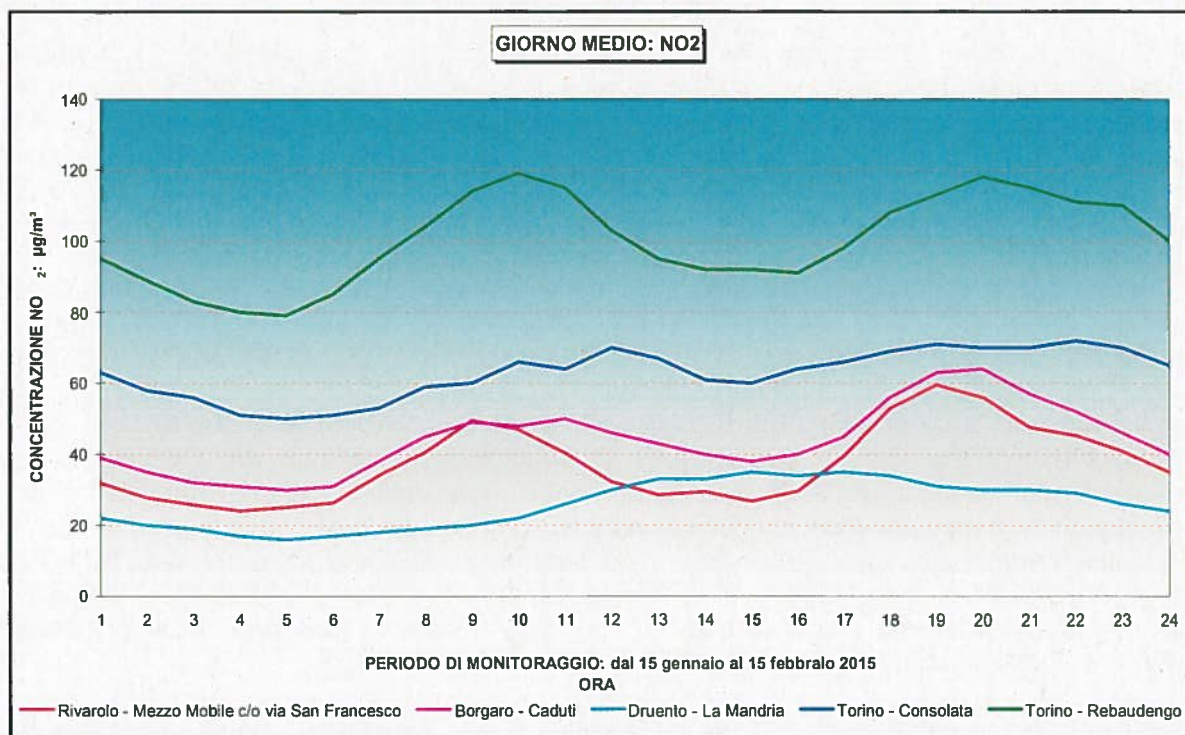
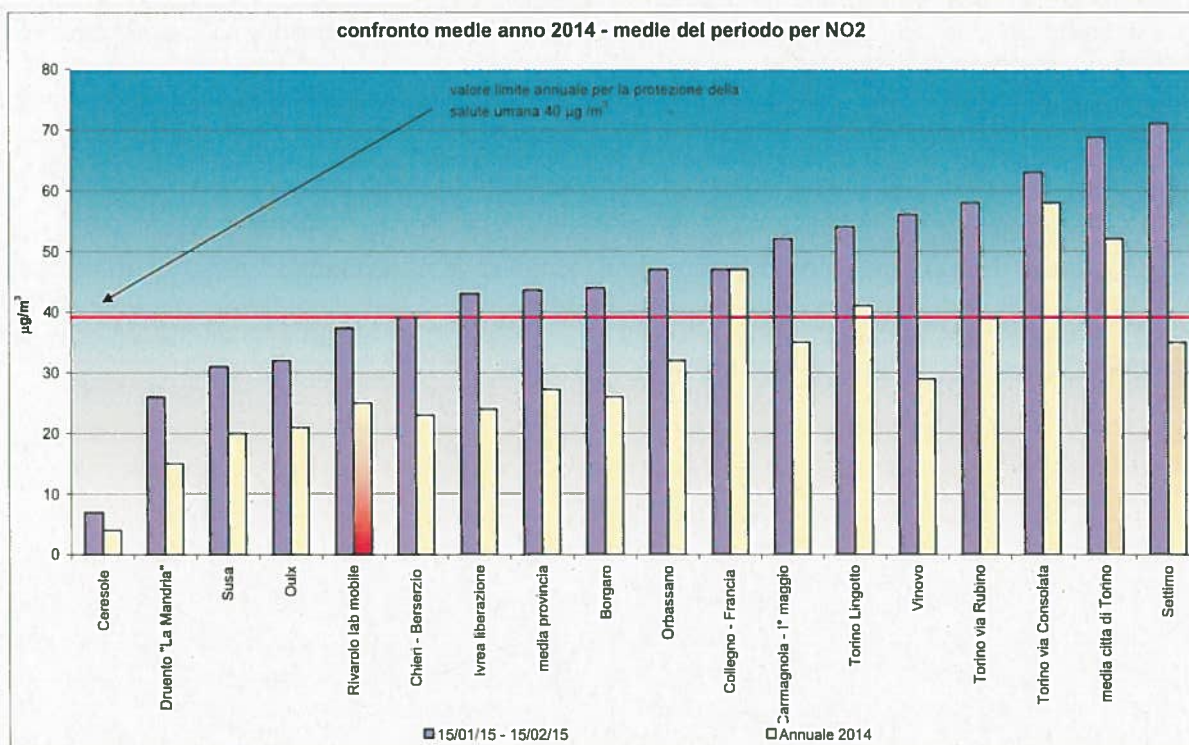


Figura 22: NO₂: confronto medie anno 2014 e medie del periodo nella provincia di Torino, la media annuale per il sito di Rivarolo è stata stimata



Monossido di Carbonio

È un gas inodore ed incolore che viene generato durante la combustione di materiali organici quando la quantità di ossigeno a disposizione è insufficiente. L'unità di misura con la quale si esprimono le concentrazioni è il milligrammo al metro cubo (mg/m^3) infatti, si tratta dell'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera. Il traffico veicolare rappresenta la principale sorgente di CO, in particolare dai gas di scarico dei veicoli a benzina. Quando il motore del veicolo funziona al minimo, o si trova in decelerazione si producono le maggiori concentrazioni di CO in emissione, per cui i valori più elevati si raggiungono in zone caratterizzate da intenso traffico rallentato.

Il monossido di carbonio è caratterizzato da un'elevata affinità con l'emoglobina presente nel sangue (circa 220 volte maggiore rispetto all'ossigeno), pertanto la presenza di questo gas comporta un peggioramento del normale trasporto di ossigeno nei diversi distretti corporei. Gli organi più colpiti sono il sistema nervoso centrale e il sistema cardiovascolare. Nei casi peggiori con concentrazioni elevatissime di CO si può arrivare anche alla morte per asfissia. La carbossiemoglobina, che si può formare in seguito ad inalazione del CO alle concentrazioni abitualmente rilevabili nell'atmosfera delle nostre città, non ha effetti sulla salute di carattere irreversibile e acuto, pur essendo per sua natura, un composto estremamente stabile.

Nell'ultimo ventennio, con l'introduzione delle marmitte catalitiche nei primi anni '90 e l'incremento degli autoveicoli a ciclo Diesel, si è osservata una costante e significativa diminuzione della concentrazione del monossido di carbonio nei gas di combustione prodotti dagli autoveicoli ed i valori registrati attualmente rispettano ampiamente i limiti normativi.

I dati misurati durante la campagna di Rivarolo C.se Tabella 10: confermano tale andamento osservato su scala regionale. La normativa prevede un limite di $10 \text{ mg}/\text{m}^3$, calcolato come media su otto ore consecutive, il quale è ampiamente rispettato visto che il valore massimo su otto ore è pari a $1.8 \text{ mg}/\text{m}^3$ in inverno (Figura 23) e tale limite non è raggiunto neppure su base oraria (il massimo valore orario è pari a $2.4 \text{ mg}/\text{m}^3$).

La Figura 25 mostra l'andamento medio delle concentrazioni del CO nel corso della giornata. Il confronto con i dati di alcune stazioni della rete provinciale indica che il sito di Rivarolo c/o C.so Indipendenza presenta valori inferiori alle stazioni di Torino e simili alla centralina di Oulx.

Si può concludere che questo parametro non mostra alcuna criticità, poiché le azioni a livello nazionale per il miglioramento dei motori degli autoveicoli, l'introduzione delle marmitte catalitiche e l'utilizzo del metano per gli impianti di riscaldamento hanno dato i risultati attesi e le concentrazioni di CO sono sempre al di sotto dei limiti. Tali risultati positivi si osservano anche a livello provinciale dai dati ottenuti con le centraline fisse di monitoraggio.

Tabella 10: Dati relativi al monossido di carbonio (CO) (mg/m³)

	Inverno
Minima media giornaliera	0.5
Massima media giornaliera	1.4
Media delle medie giornaliere	1.0
Giorni validi	32
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	0.9
Massima media oraria	2.4
Ore valide	768
Percentuale ore valide	100%
Minimo delle medie 8 ore	0.4
Media delle medie 8 ore	1.0
Massimo delle medie 8 ore	1.8
Percentuale medie 8 ore valide	100%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore(10)</u>	0
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 10)</u>	0

Figura 23: CO: confronto con il limite di legge (media trascinata sulle 8 ore)

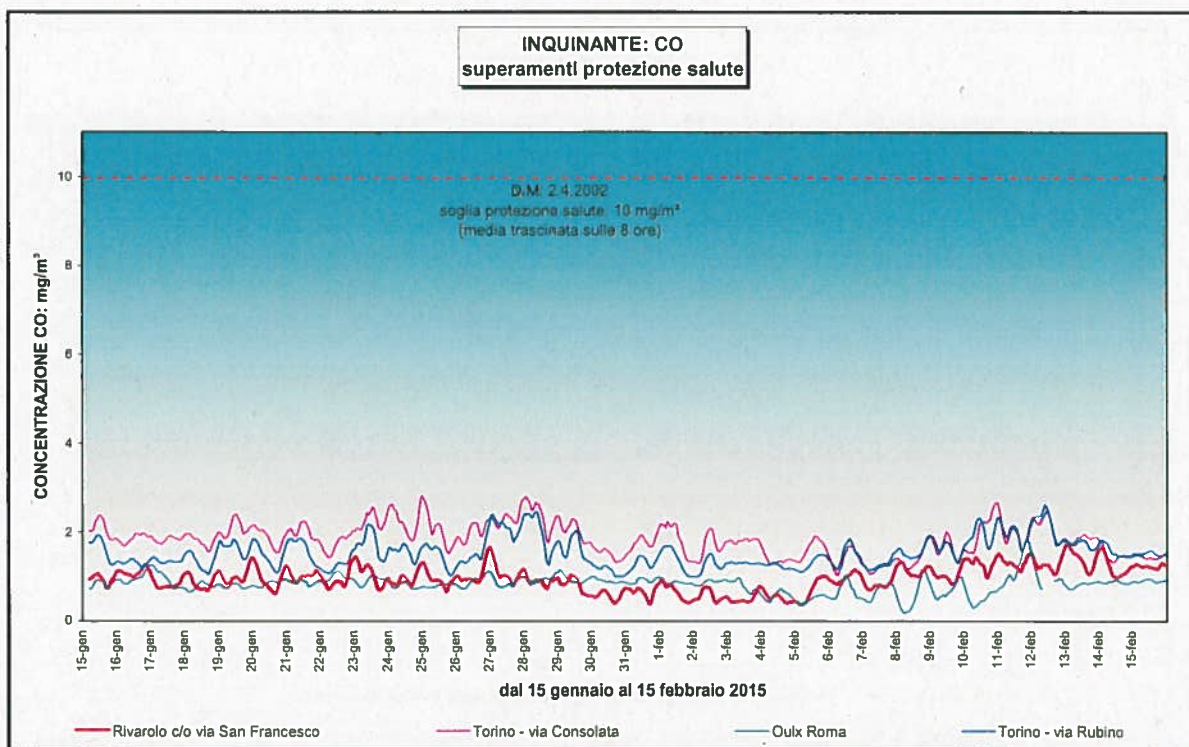


Figura 24: CO andamento medie orarie

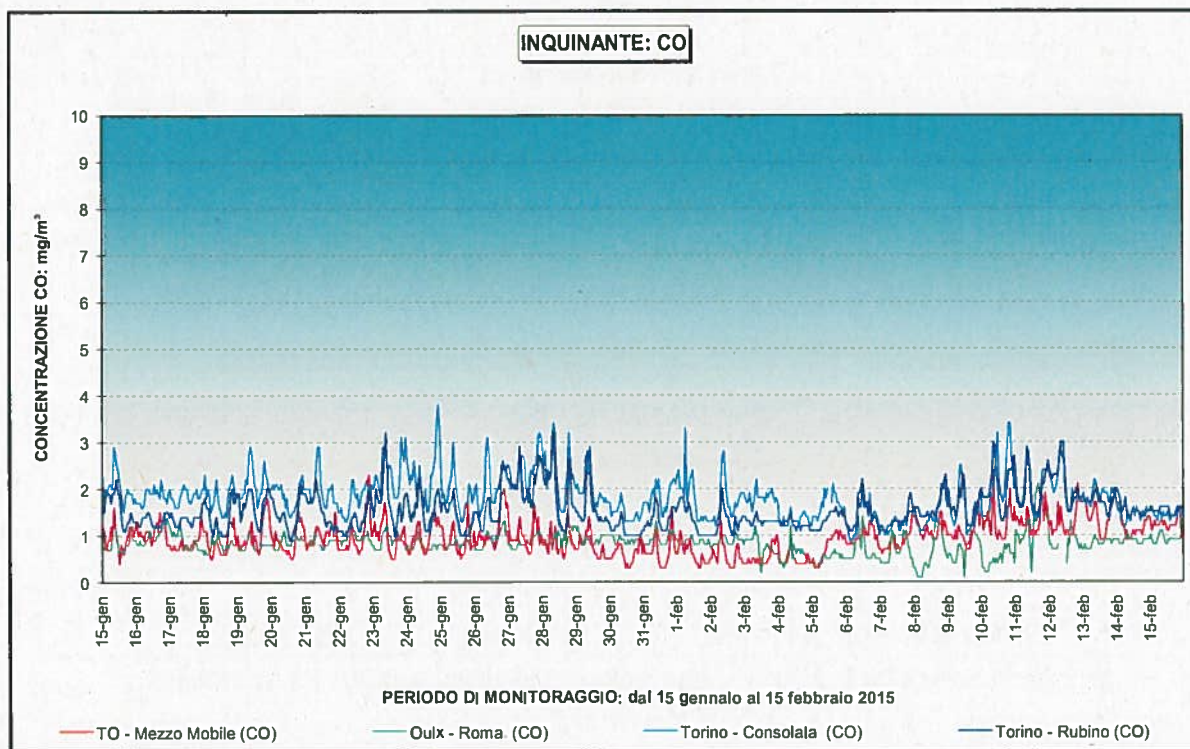
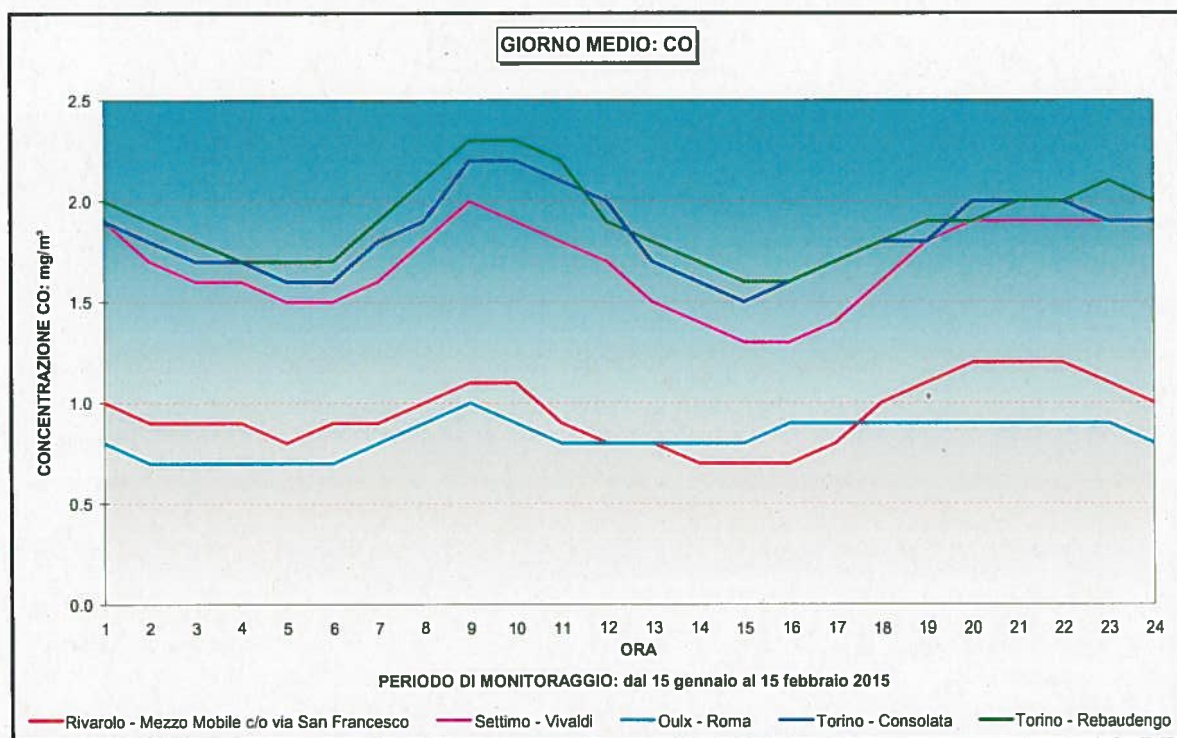


Figura 25: CO: andamento del giorno medio



Il benzene presente in atmosfera viene prodotto dall'attività umana, in particolare dall'uso del petrolio, degli oli minerali e dei loro derivati.

La maggior fonte di esposizione per la popolazione deriva dai gas di scarico degli autoveicoli, in particolare dei veicoli alimentati a benzina; stime effettuate a livello di Unione Europea attribuiscono a questa categoria di veicoli più del 70% del totale delle emissioni di benzene.

Il benzene è presente nelle benzine come tale e si produce inoltre durante la combustione a partire soprattutto da altri idrocarburi aromatici. La normativa italiana in vigore fissa, a partire dal 1 luglio 1998, il tenore massimo di benzene nelle benzine all'uno per cento.

L'unità di misura con la quale vengono misurate le concentrazioni di benzene è il microgrammo al metro cubo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Il benzene è una sostanza classificata:

- dalla Comunità Europea come cancerogeno di categoria 1, R45;
- dalla I.A.R.C. (International Agency for Research on Cancer) nel gruppo 1 (sostanze per le quali esiste un'accertata evidenza in relazione all'induzione di tumori nell'uomo) ;
- dalla A.C.G.I.H. (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) in classe A1 (cancerogeno accertato per l'uomo).

Studi di mutagenesi evidenziano inoltre che il benzene agisce sul bagaglio genetico delle cellule. Con esposizione a concentrazioni elevate, superiori a milioni di ppb, si osservano danni acuti al midollo osseo. Una esposizione cronica può provocare la leucemia (casi di questo genere sono stati riscontrati in lavoratori dell'industria manifatturiera, dell'industria della gomma e dell'industria petrolifera). Stime dell'Organizzazione Mondiale della Sanità indicano che, a fronte di un'esposizione a $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di benzene per l'intera vita, quattro persone ogni milione sono sottoposte al rischio di contrarre la leucemia.

Per quanto riguarda il toluene la normativa italiana non prevede alcun limite, ma le linee guida del 2000 dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) consigliano un valore guida di $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media settimanale.

Gli effetti del toluene sono stati studiati soprattutto in relazione all'esposizione lavorativa e sono stati dimostrati casi di disfunzioni del sistema nervoso centrale, ritardi nello sviluppo e anomalie congenite, oltre a sbilanci ormonali in donne e uomini.

Durante la campagna di monitoraggio nel Comune di Rivarolo è stata determinata una concentrazione media pari a $3.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come riportato in Tabella 11; dalla Figura 26 e dalla Figura 27 osserviamo che le concentrazioni orarie del benzene nel sito monitorato con il laboratorio mobile hanno un andamento simile a Torino Consolata, inferiore a Torino Rebaudengo e leggermente superiore a Vinovo e Borgaro. L'andamento del giorno medio è simile a quello del monossido di carbonio avendo i due inquinanti la stessa sorgente. Trattandosi di un inquinante di origine prevalentemente autoveicolare, tale fenomeno è con tutta evidenza legato alle situazioni locali di traffico e alle caratteristiche del sito di monitoraggio.

La normativa vigente (D.Lgs 155/2010) prevede per il benzene un valore limite annuale di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ poiché la durata della campagna non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo, non è possibile un confronto diretto con le misure effettuate. Si può però considerare un valore stimato di media annuale ricavato dal rapporto fra la media delle medie giornaliere del periodo pari a $3.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, e un fattore ricavato come descritto nella nota.

Applicando tale procedimento, la media annuale stimata è pari a $1.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, (vedi Figura 28) valore inferiore al limite.

Nota

Si sono calcolate le medie delle concentrazioni del benzene per il periodo della campagna, di tutte le stazioni della provincia in cui viene monitorato tale parametro; dal rapporto con la media dell'anno 2014 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio della campagna a Rivarolo permette di ricavare la stima annuale:

$$M_c = (M_p / m_p) \times m_c$$

dove

m_c : media periodo campagna benzene Rivarolo

M_c : media anno stimata benzene Rivarolo

m_p : media periodo campagna benzene Provincia di Torino

M_p : media anno 2014 benzene Provincia di Torino

Per il toluene la massima media giornaliera è risultata essere di $6.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tabella 12), ben al di sotto del valore guida consigliato dall'OMS.

Tabella 11: Dati relativi al benzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Inverno
Minima media giornaliera	2.0
Massima media giornaliera	4.8
Media delle medie giornaliere	3.4
Giorni validi	32
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	3.4
Massima media oraria	8.4
Ore valide	764
Percentuale ore valide	99%

Tabella 12: Dati relativi al toluene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Inverno
Minima media giornaliera	1.8
Massima media giornaliera	6.3
Media delle medie giornaliere	3.6
Giorni validi	32
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	3.6
Massima media oraria	18.6
Ore valide	764
Percentuale ore valide	99%

Figura 26: Benzene: andamento orario e confronto con i dati delle stazioni di Borgaro, Torino – Rebaudengo e Vinovo.

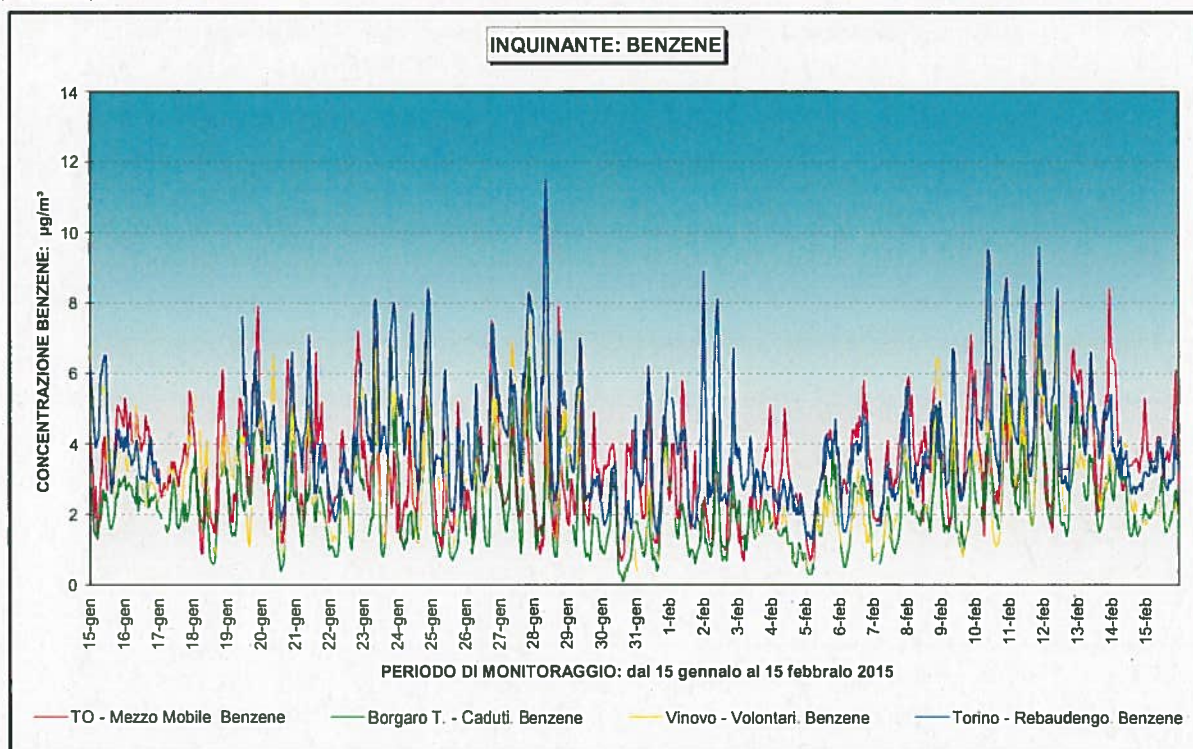


Figura 27: Benzene: giorno medio e confronto con i dati delle stazioni di Torino – Consolata, Torino – Rebaudengo, Borgaro e Vinovo.

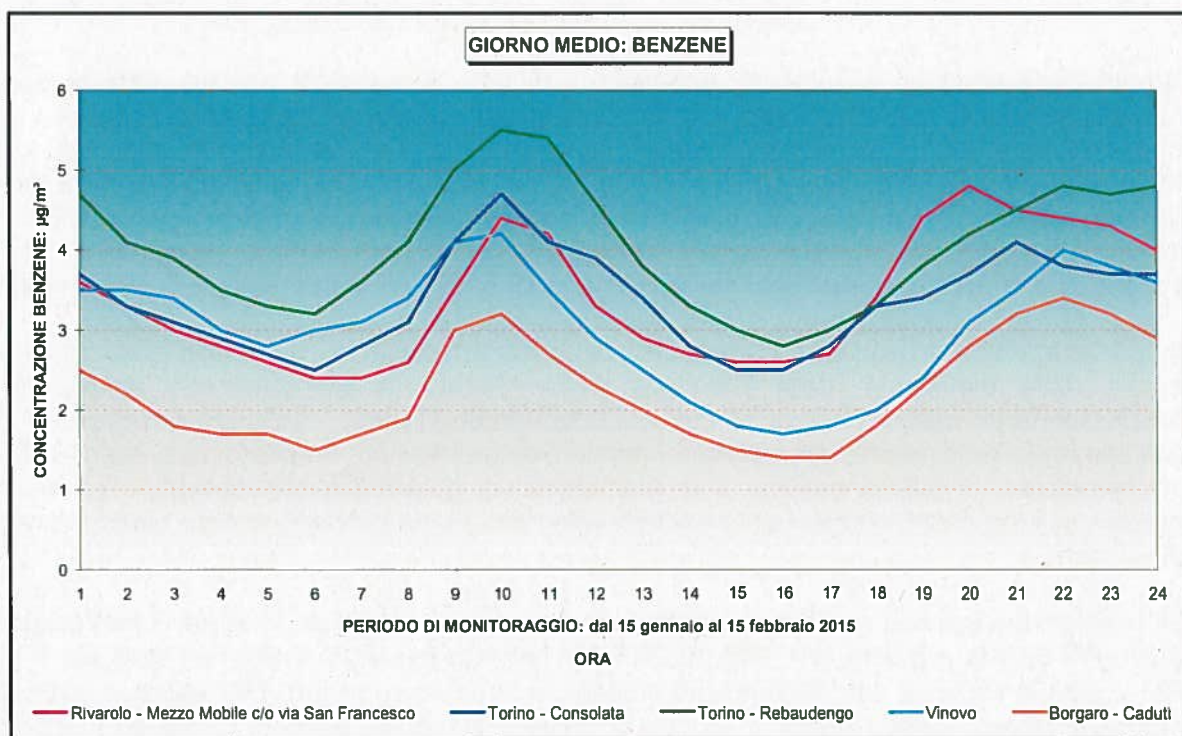
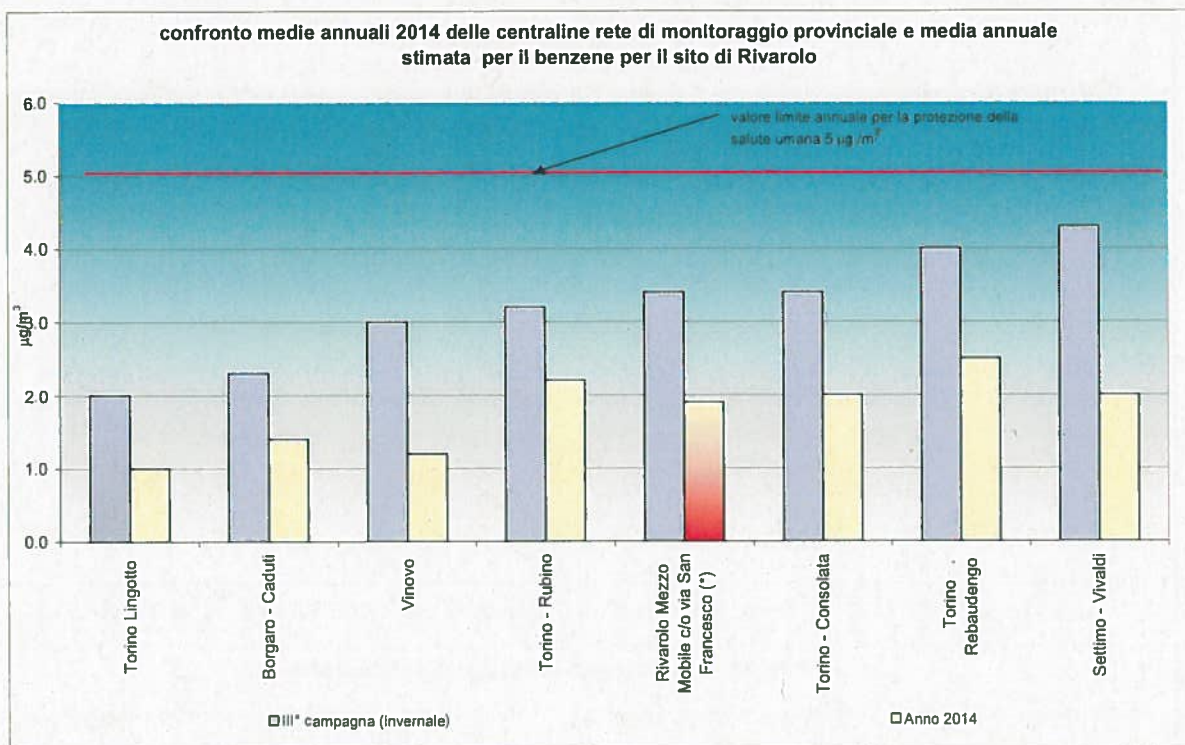


Figura 28: Benzene confronto media annuali 2014 e media del periodo.



Particolato Sospeso (PM_{10}) e ($PM_{2.5}$)

Il particolato sospeso è costituito dall'insieme di tutto il materiale non gassoso in sospensione nell'aria. La natura delle particelle aerodisperse è molto varia: ne fanno parte le polveri sospese, il materiale organico disperso dai vegetali, il materiale inorganico prodotto da agenti naturali, ecc... Nelle aree urbane il materiale può avere origine da lavorazioni industriali, dall'usura dell'asfalto, dei pneumatici, dei freni e dalle emissioni di scarico degli autoveicoli, in particolare quelli con motore diesel. Un contributo significativo alle concentrazioni di particolato è inoltre dato da fenomeni secondari di trasformazione in particelle di inquinanti originariamente emessi in forma gassosa.

Il rischio sanitario legato a questo tipo di inquinamento dipende, oltre che dalla concentrazione, anche dalle dimensioni delle particelle stesse; infatti le particelle con dimensioni inferiori costituiscono un pericolo maggiore per la salute umana in quanto possono penetrare in profondità nell'apparato respiratorio. Diversi studi epidemiologici hanno mostrato una correlazione tra la concentrazioni di polveri nell'aria e la manifestazioni di malattie croniche alle vie respiratorie, a causa degli inquinanti che queste particelle veicolano e che possono essere rilasciate negli alveoli polmonari.

La legislazione italiana, recependo quella europea, non ha più posto limiti per il particolato sospeso totale (PTS), ma a partire dal DM 60/2002 ha previsto dei limiti esclusivamente per il particolato PM_{10} , cioè la frazione con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm, più pericolosa in quanto può raggiungere facilmente trachea e bronchi e mettere inoltre a contatto l'apparato respiratorio con sostanze ad elevata tossicità adsorbite sul particolato stesso.

Inoltre il DLgs 155/2010 ha introdotto, come descritto nel capitolo relativo alla normativa, un valore limite e un valore obiettivo annuale anche per il $PM_{2.5}$ (particolato con diametro aerodinamico inferiore ai 2.5 µm).

PM₁₀

Nel monitoraggio invernale eseguito nel comune di Rivarolo C.se vi sono stati per il particolato PM₁₀ 6 superamenti del valore limite giornaliero di 50 µg/m³ su 31 giorni, pari al 19 % dei giorni validi, come indicato in [Figura 34](#) e [Tabella 13](#). Dalla [Tabella 15](#) notiamo che, come è tipico dei mesi invernali, nel periodo considerato si sono avuti superamenti del limite giornaliero su tutte le stazioni di rilevamento della provincia anche in stazioni non interessate da traffico veicolare come la stazione di Druento "La Mandria", posizionata all'interno del omonimo parco regionale o in misura minore Susa ed Oulx siti dove le caratteristiche anemologiche come le brezze di monte e di valle presenti nelle valli alpine favoriscono quotidianamente la dispersione degli inquinanti atmosferici. In [Figura 34](#) si osserva che, in termini percentuali, il numero di superamenti rilevati nel sito di Rivarolo C.se è compreso tra quello di siti di fondo rurale come Druento "La Mandria" e di fondo residenziale come Ivrea -Liberazione. Va comunque sottolineato che anche nel periodo invernale le condizioni di instabilità atmosferica e le abbondanti piogge hanno contribuito alla diminuzione delle polveri aerodisperse su tutto il territorio provinciale.

Per quanto riguarda il rispetto valore limite giornaliero 50 µg/m³ da non superare più di 35 giorni per anno civile), la stazione fissa di Ivrea, i cui indici statistici nel periodo considerato sono analoghi a quelli del sito di Via Roma, negli ultimi anni ha rispettato o meno tale limite in funzione delle condizioni meteorologiche: il limite è stato rispettato nel 2014 - anno che è stato caratterizzato da condizioni molto favorevoli alla dispersione degli inquinanti (elevata piovosità e relativamente basso numero di giornate invernali con condizioni stabili) – mentre è stato superato nel 2012 e 2013. E' quindi presumibile che anche il sito di Via Roma presenti analoghe caratteristiche.

Il valore medio del periodo rilevato nel sito di Rivarolo è pari a 40 µg/m³ ([Tabella 15](#) e [Figura 32](#)). In termini puramente numerici tale valore è uguale al secondo valore limite previsto per il PM₁₀ per la protezione della salute umana (40 µg /m³) che però va calcolata su base annuale. Poiché la durata della campagna non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo, non è possibile un confronto diretto con le misure effettuate. Si può però considerare un valore stimato di media annuale ricavato come descritto nella nota.

Applicando tale procedimento, la media annuale stimata è pari a 27 µg/m³, (vedi [Figura 32](#)). Valore inferiore al limite.

Nota

Si sono calcolate le medie delle concentrazioni del PM₁₀ per il periodo della campagne, di tutte le stazioni della provincia in cui viene monitorato tale parametro ad eccezione della cabina di Ceresole in quanto stazione remota esente da apporti di particolato da traffico veicolare significativi; dal rapporto con la media dell'anno 2014 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne a Rivarolo c/o via Roma permette di ricavare la stima annuale:

$$M_c = (M_p / m_p) \times m_c$$

dove

m_c : media periodo campagna PM₁₀ Rivarolo c/o via Roma

M_c : media anno stimata PM₁₀ Rivarolo c/o via Roma

m_p : media periodo campagne PM₁₀ Provincia di Torino

M_p : media anno 2014 PM₁₀ Provincia di Torino

La [Figura 29](#) mostra come l'andamento e i livelli di PM₁₀ determinati per il sito di Rivarolo siano simili a stazioni di fondo urbano o suburbano come Borgaro T.se e inferiori ai siti da traffico come Torino Consolata si osserva inoltre che la diminuzione dei valori medi di particolato si ha, com'è

prevedibile, in corrispondenza dei giorni nei quali si sono presentate precipitazioni atmosferiche o era presente vento con velocità sostenute.

PM_{2.5}

Il parametro PM_{2.5} segue, come andamento temporale dei valori medi di concentrazione giornaliera, il PM₁₀ (vedi [Figura 31](#)); il PM_{2.5} in media costituisce il 76 % e il 65% del PM₁₀, rispettivamente in inverno e in estate.

Il valore medio della campagna è 34 µg/m³. Dalla [Figura 30](#) e dalla [Figura 33](#) notiamo che, in termini relativi, i valori di PM_{2.5} nel sito di Rivarolo C.se sono risultati mediamente comparabili a quelli delle altre stazioni provinciali in cui viene misurato questo inquinante (ad eccezione di Ceresole Reale, stazione posta in un contesto remoto di quota). Tale fenomeno è dovuto al fatto che il PM_{2.5} è prevalentemente di origine secondaria: poiché i fenomeni di formazione secondaria del particolato avvengono a livello di area vasta le concentrazioni di questo inquinante presentano una maggiore omogeneità spaziale rispetto a quelle di PM₁₀.

In termini numerici la media del periodo di rilevamento misurata nel sito di Rivarolo C.se è pari a 34 µg /m³, superiore al limite annuale di 25µg /m³ che però va calcolato su base annuale; si è quindi proceduto analogamente al PM₁₀ alla stima del valore medio annuale, che risulta essere di 21 µg /m³ (vedi [Tabella 15](#) e [Figura 33](#)) valore inferiore al limite fissato dal DLgs 155/2010.

In termini generali per PM_{2.5} e PM₁₀, che sono due tra gli inquinanti più critici nell'intero bacino padano, sono necessari interventi strutturali a livello provinciale e regionale per la riduzione delle fonti primarie di polveri e dei precursori della componente secondaria del particolato.

Tuttavia anche interventi a livello locale in armonia con tale strategia possono dare un contributo importante per ottenere gli obiettivi indicati.

Tabella 13: Dati relativi al particolato sospeso PM₁₀ (µg/m³)

	Inverno
Minima media giornaliera	21
Massima media giornaliera	125
Media delle medie giornaliere (b):	40
Giorni validi	31
Percentuale giorni validi	97%
Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	6

Tabella 14: Dati relativi al particolato sospeso PM_{2.5} (µg/m³)

	Inverno
Minima media giornaliera	13
Massima media giornaliera	114
Media delle medie giornaliere (b):	34
Giorni validi	31
Percentuale giorni validi	97%

Tabella 15: PM₁₀ (µg/m³) confronto numero di superamenti limite giornaliero, concentrazioni medie del periodo e anno 2014

	periodo III° campagna (invernale)		anno 2014	
	media periodo [µg/m ³]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	media anno 2014 [µg/m ³]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)
Oulx - Roma. PM10	14	0	17	5
Susa - Repubblica. PM10	20	2	16	1
Druento - La Mandria. PM10	26	3	19	11
Ivrea - Liberazione. PM10	39	7	23	30
TO - Mezzo Mobile . PM10 (*)	40	6	27	
Collegno - Francia. PM10	42	10	32	61
Borgaro T. - Caduti. PM10	46	6	31	44
Torino - Rubino. PM10	46	10	31	58
Torino - Lingotto. PM10	48	12	32	59
Torino - Consolata. PM10	51	14	35	75
Carmagnola - I Maggio. PM10	54	13	36	82
Torino - Grassi. PM10	55	12	43	77
Settimo T. - Vivaldi. PM10	61	18	34	81
Ivrea - Liberazione. PM2.5	33		19	
TO - Mezzo Mobile . PM2.5 (*)	34		21	
Chieri - Bersezio. PM2.5	35		22	
Borgaro T. - Caduti. PM2.5	35		23	
Torino - Lingotto. PM2.5	35		24	
Settimo T. - Vivaldi. PM2.5	49		26	

(*) = media annuale stimata

Figura 29: Particolato sospeso PM₁₀: confronto con il limite giornaliero per la protezione della salute e con i dati di alcune stazioni della rete fissa

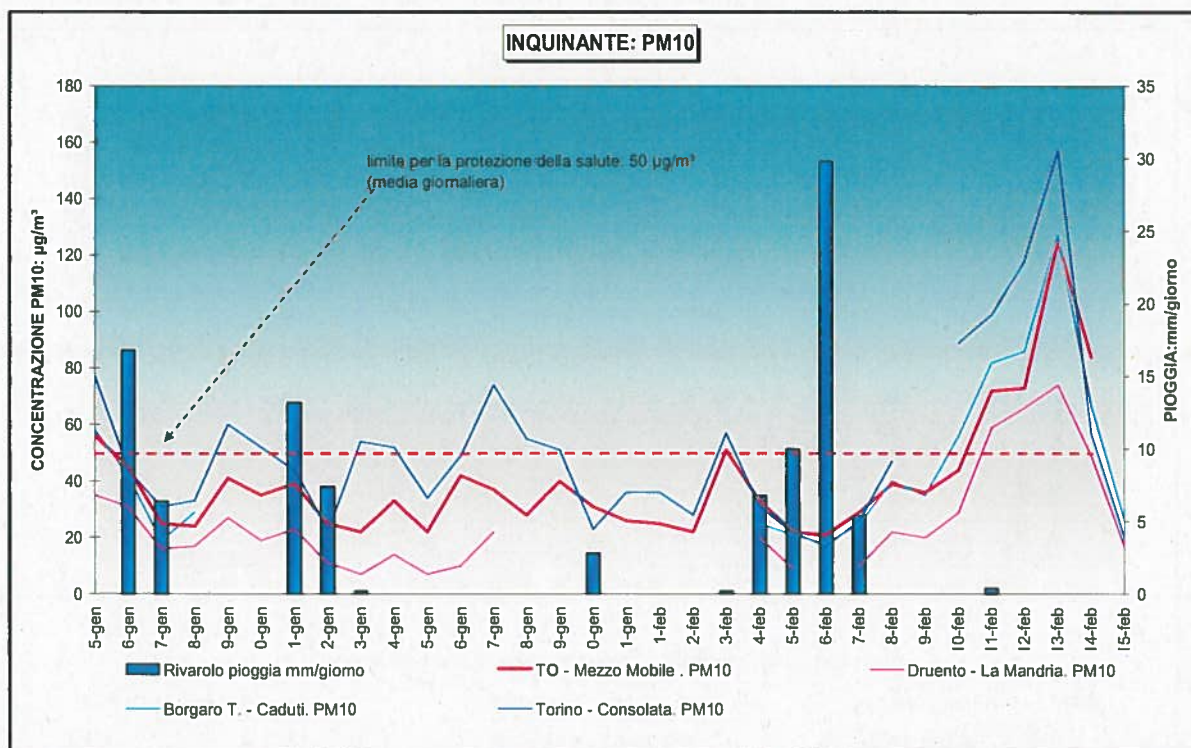


Figura 30: Particolato sospeso PM_{2.5}: confronto con i dati di alcune stazioni della rete fissa

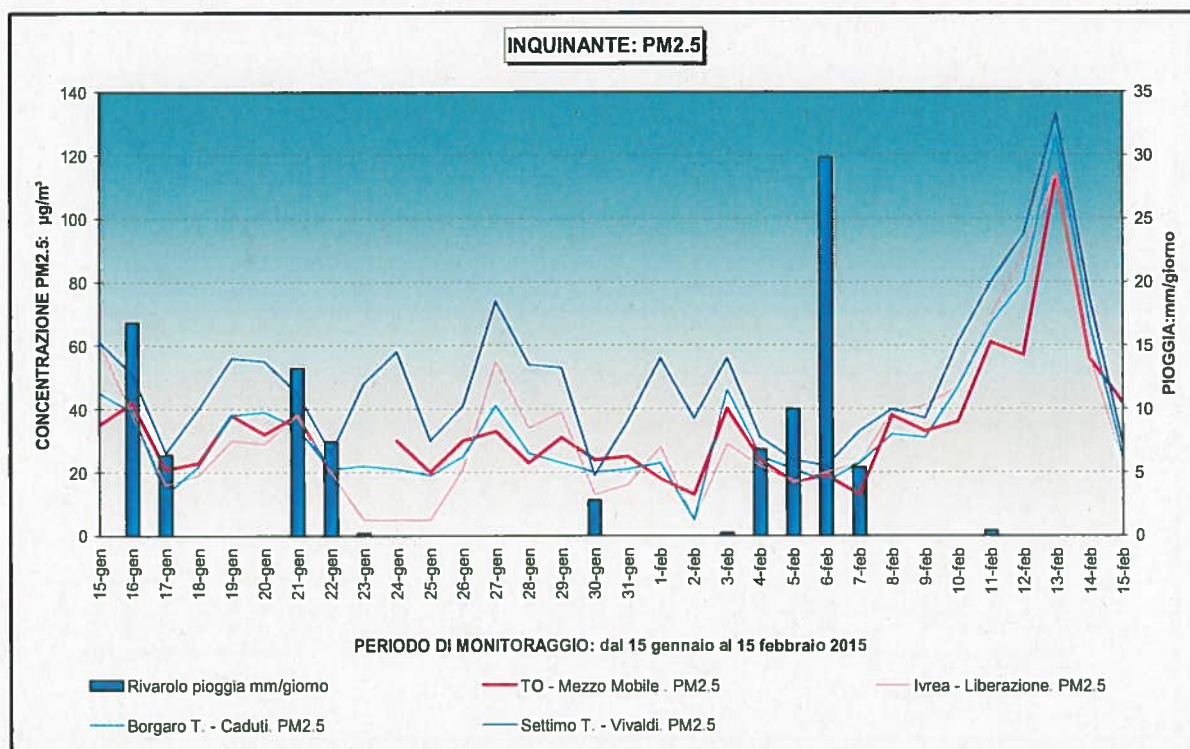


Figura 31: Particolato sospeso PM₁₀ e PM_{2.5}: confronto

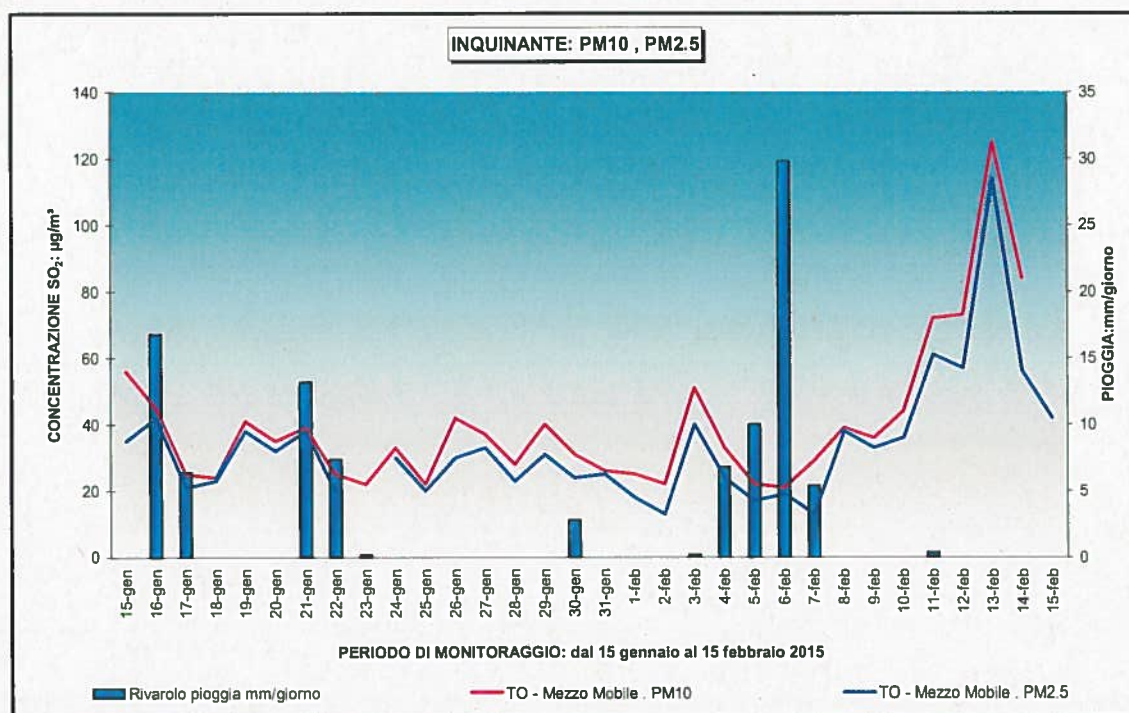


Figura 32: Particolato sospeso PM₁₀ confronto medie anno 2014 e medie del periodo nella provincia di Torino

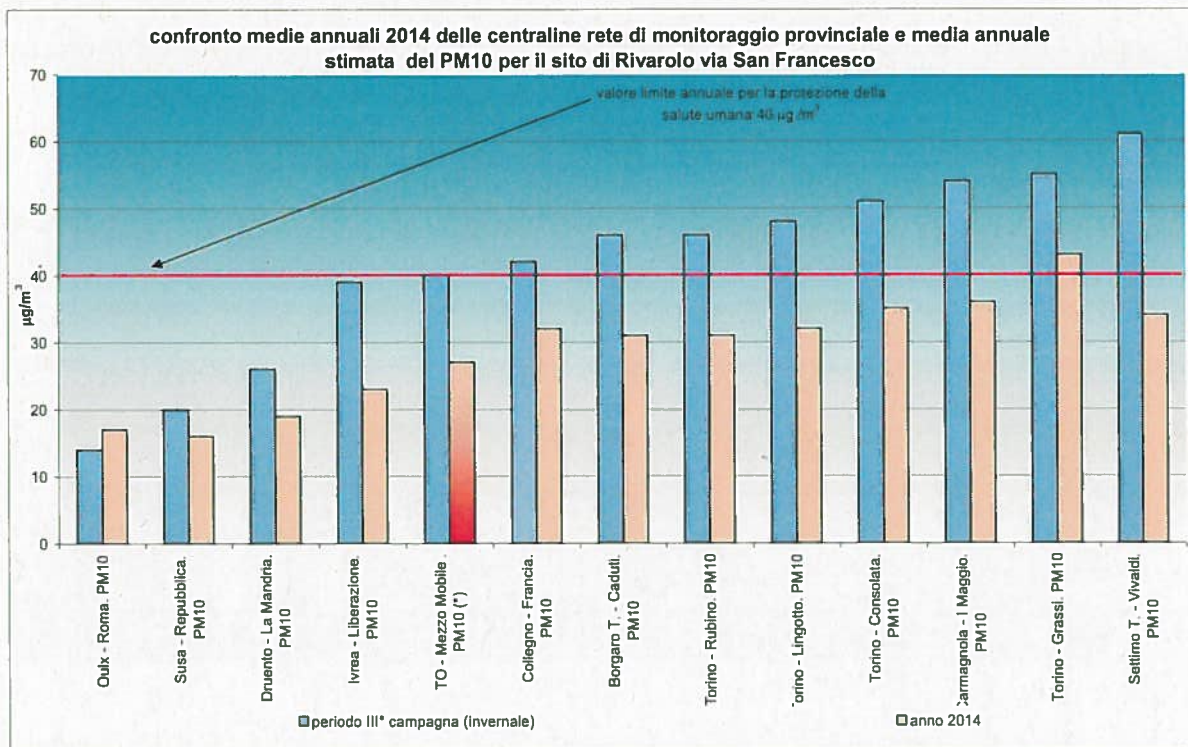


Figura 33: Particolato sospeso PM_{2.5} confronto medie anno 2014 e medie del periodo nella provincia di Torino

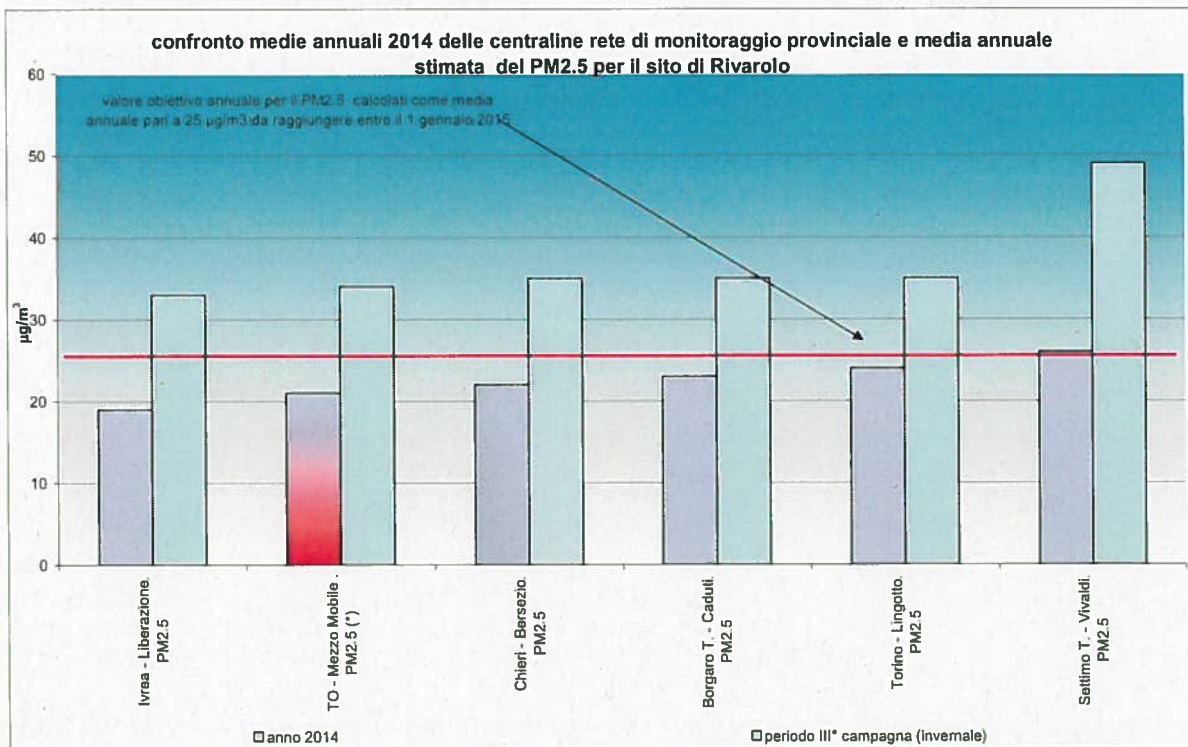
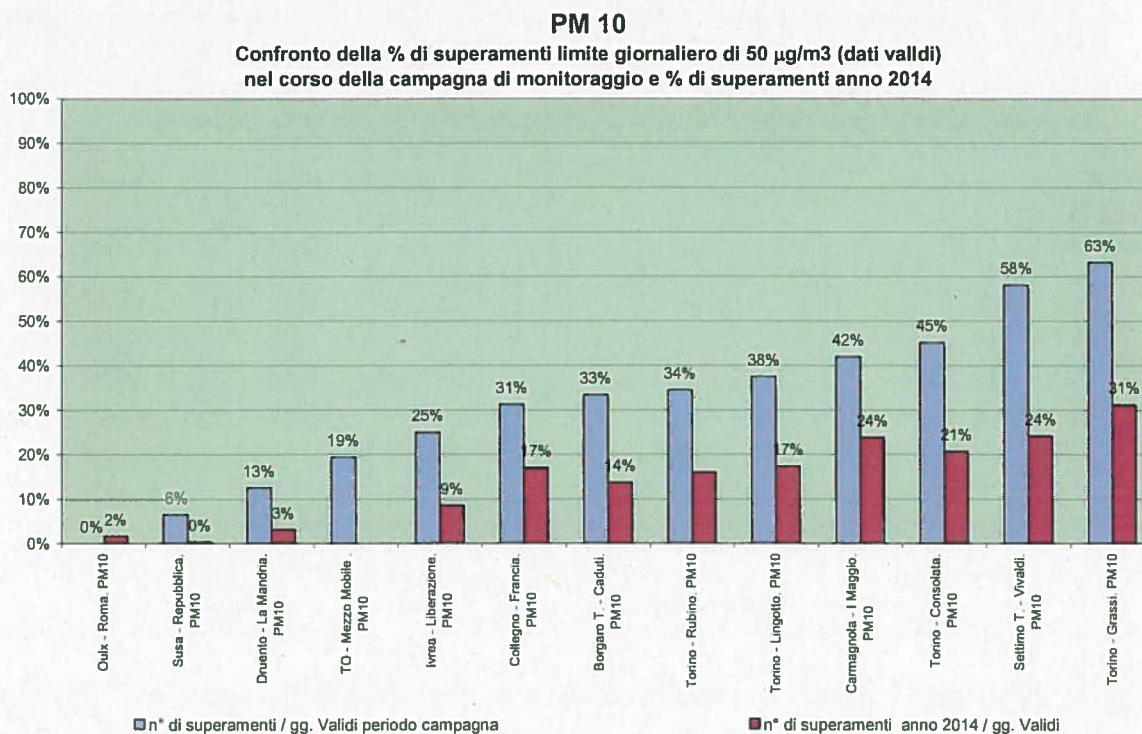
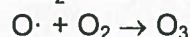
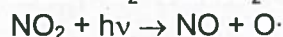
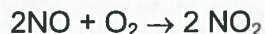


Figura 34: PM 10 Confronto della % di superamenti limite giornaliero di 50 µg/m³ (dati validi) nel corso della campagna di monitoraggio e % di superamenti anno 2014



L'ozono è un gas con elevato potere ossidante, di odore pungente. L'ozono presente nella troposfera, lo strato più basso dell'atmosfera, è un inquinante non direttamente emesso da fonti antropiche, che si genera in atmosfera grazie all'instaurarsi di un ciclo di reazioni fotochimiche (favorite da un intenso irraggiamento solare) che coinvolgono principalmente gli ossidi di azoto (NO_x) e i composti organici volatili (VOC).

In forma semplificata, si possono riassumere nel modo seguente le reazioni coinvolte nella formazione di questo inquinante:



L'elevato potere ossidante dell'ozono è in grado di produrre infiammazioni e danni all'apparato respiratorio più o meno gravi, in funzione della concentrazione cui si è esposti, della durata dell'esposizione e della ventilazione polmonare, in particolar modo nei soggetti sensibili (asmatici, bambini, anziani, soggetti aventi patologie respiratorie).

Nel corso della campagna invernale, il meno critico per questo inquinante a causa del minore irraggiamento solare, nel sito oggetto della relazione è stato rispettato il livello di allarme, non si sono registrati superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana e nessun superamento della soglia di informazione vedi [Tabella 16](#),

L'andamento del giorno medio indica la dipendenza della concentrazione di ozono dai valori di temperatura, presentando i valori massimi nel pomeriggio, tra le 13 e le 17. I minimi sono nelle ore di maggiore traffico veicolare del mattino, che corrispondono a condizioni di irraggiamento solare relativamente basso e di elevata presenza di monossido di azoto, che è uno dei principali componenti dell'aria ambiente coinvolti nei complessi processi di distruzione dell'ozono vedi [Fig. 37](#) e [Fig. 38](#)

Tabella 16: Dati relativi all'ozono (O_3) ($\mu g / m^3$)

	Inverno
Minima media giornaliera	3
Massima media giornaliera	38
Media delle medie giornaliere	22
Giorni validi	32
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	22
Massima media oraria	78
Ore valide	766
Percentuale ore valide	100%
Minimo delle medie 8 ore	2
Media delle medie 8 ore	22
Massimo delle medie 8 ore	62
Percentuale medie 8 ore valide	100%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore(120)</u>	0
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 120)</u>	0
<u>Numero di superamenti livello informazione (180)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello informazione (180)</u>	0
<u>Numero di valori orari superiori al livello allarme (240)</u>	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (240 per almeno 3 ore consecutive)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un valore superiore al livello allarme (240)</u>	0

Figura 35: O₃: confronto con i limiti di legge

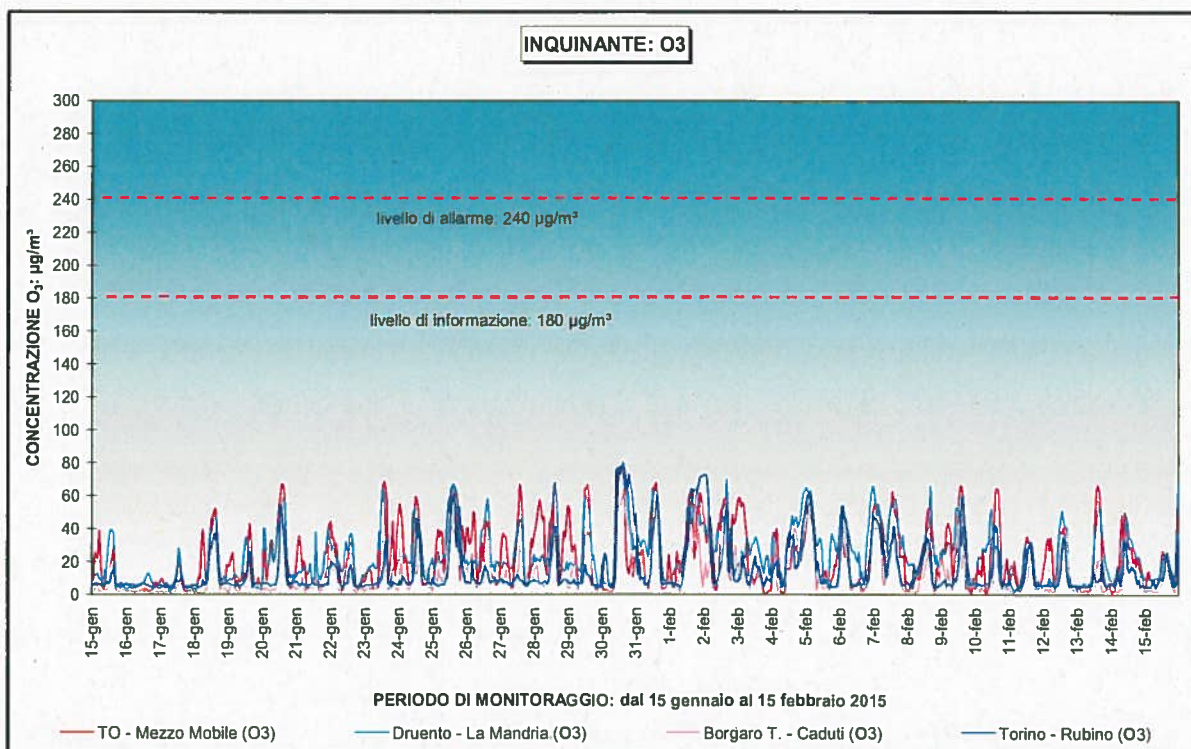
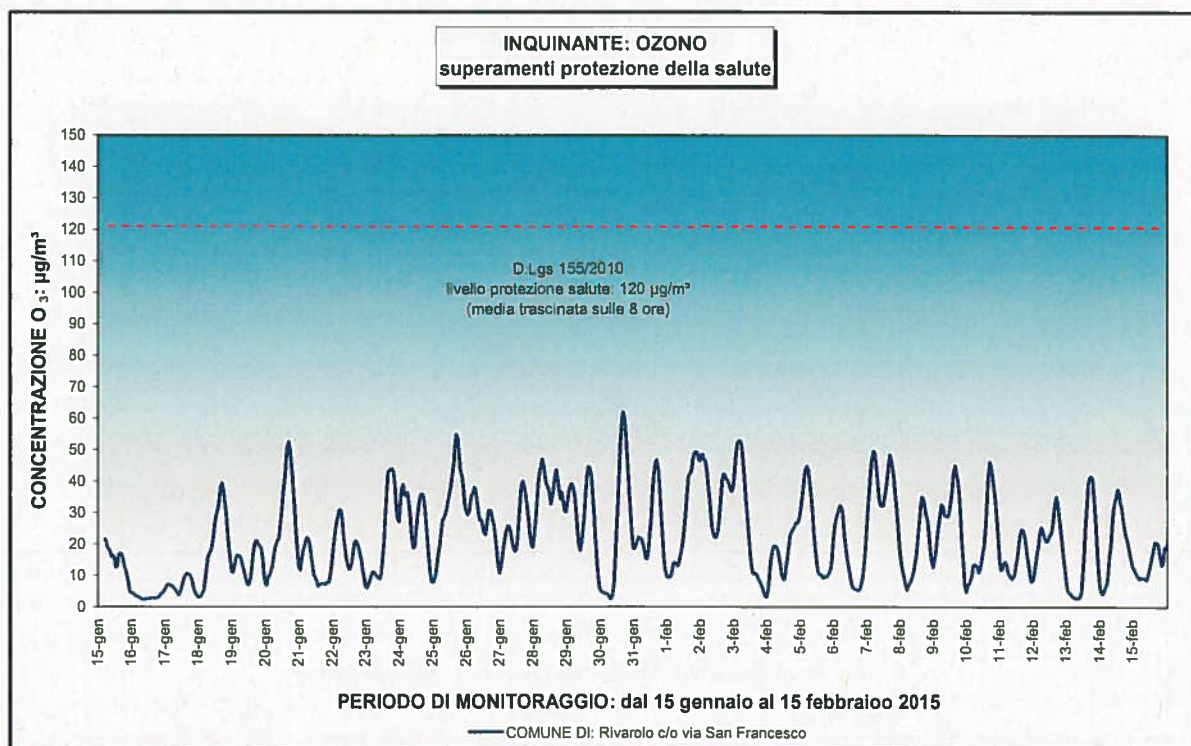


Figura 36: O₃ superamenti protezione della salute umana



Gli idrocarburi policiclici aromatici, noti come I.P.A., sono un importante gruppo di composti organici caratterizzati dalla presenza di due o più anelli aromatici condensati. Gli I.P.A. presenti in aria ambiente si originano da tutti i processi che comportano la combustione incompleta e/o la pirolisi di materiali organici. Le principali fonti di emissione in ambito urbano sono costituite dagli autoveicoli alimentati a benzina o gasolio e dalle combustioni domestiche e industriali che utilizzano combustibili solidi o liquidi. Tuttavia negli autoveicoli alimentati a benzina l'utilizzo di marmitte catalitiche riduce l'emissione di I.P.A. dell'80-90%¹. A livello di ambienti confinati il fumo di sigaretta e le combustioni domestiche possono costituire un'ulteriore fonte di inquinamento da IPA.

In termini generali la parziale sostituzione del carbone e degli oli combustibili con il gas naturale ai fini della produzione di energia ha costituito un indubbio beneficio anche in termini di emissioni di I.P.A. La diffusione della combustione di biomasse per il riscaldamento domestico, invece, se da un lato ha indubbi benefici in termini di bilancio complessivo di gas serra, dall'altro va tenuta attentamente sotto controllo in quanto la quantità di I.P.A. emessi da un impianto domestico alimentato a legna è 5 -10 volte maggiore di quella emessa da un impianto alimentato con combustibile liquido (kerosene, gasolio da riscaldamento, ecc.)².

In termini di massa gli I.P.A. costituiscono una frazione molto piccola del particolato atmosferico rilevabile in aria ambiente (< 0,1%) ma rivestono un grande rilievo tossicologico, specialmente quelli con 5 o più anelli, e sono per la quasi totalità adsorbiti sulla frazione di particolato con diametro aerodinamico inferiore a 2,5 µm.

In particolare il benzo(a)pirene (o 3,4-benzopirene), che è costituito da cinque anelli condensati, viene utilizzato quale indicatore di esposizione in aria per l'intera classe degli I.P.A.. La normativa individua anche altri sei idrocarburi policiclici aromatici di rilevanza tossicologica (art. 5.4) che vanno misurati sul PM₁₀ al fine di verificare la costanza dei rapporti tra la loro concentrazione e quella del benzo(a)pirene stesso

I dati ricavati da test su animali di laboratorio indicano che molti IPA hanno effetti sanitari rilevanti che includono l'immunotossicità, la genotossicità, e la cancerogenicità. Va comunque sottolineato che, da un punto di vista generale, la maggiore fonte di esposizione a I.P.A., secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità, non è costituita dall'inalazione diretta ma dall'ingestione di alimenti contaminati a seguito della deposizione del particolato atmosferico al suolo. In particolare il benzo(a)pirene, produce tumori a livello di diversi tessuti sugli animali da laboratorio ed è inoltre l'unico idrocarburo policiclico aromatico per il quale sono disponibili studi approfonditi di tossicità per inalazione, dai quali risulta che questo composto induce il tumore polmonare in alcune specie.

L'International Agency for Research on Cancer (IARC)³ classifica il benzo(a)pirene nel gruppo 1 come "cancerogeno per l'uomo", il dibenzo(a,h)antracene nel gruppo 2A come "probabile cancerogeno per l'uomo" mentre tutti gli altri IPA sono inseriti nel gruppo 2B come "possibili cancerogeni per l'uomo".

La normativa italiana fissa un valore obiettivo per il benzo(a)pirene qui di seguito riportato.

Tabella 17: benzo(a)pirene, valori di riferimento e normativa in vigore.

BENZO(A)PIRENE			
Riferimento normativo	Parametro di controllo	Periodo di osservazione	Valore di riferimento
VALORE OBIETTIVO (D.Lgs 155/2010)	media annuale	Anno (1 gennaio - 31 dicembre)	1 ng/m ³

¹ European Commission Ambient air pollution by PAH -Position Paper , pag 8

² EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook - 2007 pag. B216-29 tab 8.1a e B216-.32 tab 8.2 b

³ International Agency for Research on Cancer (IARC) -Agents reviewed by the IARC monographs Volumes 1-100A

IPA determinati con analisi di laboratorio sui filtri di raccolta del PM₁₀

I campioni di PM₁₀ raccolti nel corso della campagna effettuata con il laboratorio mobile sono stati sottoposti ad analisi di laboratorio per la determinazione di Benzo(a)antracene, Benzo(b+j+k)fluorantene, Benzo(a)pirene e Indeno(1, 2, 3-cd)pirene, con la stessa metodologia utilizzata da Arpa Piemonte su tutto il territorio regionale per le stazioni della rete di monitoraggio della qualità dell'aria. Tale metodologia prevede al termine del mese solare il prelievo di una porzione definita da ognuno dei singoli filtri giornalieri, ottenendo un campione detto "medio composito" su cui si effettua la determinazione degli I.P.A., la cui concentrazione viene quindi espressa come media mensile, nel nostro caso i campioni compositi sono maggiori del mese solare e precisamente nella campagna invernale dal 15 gennaio al 15 febbraio 2015, i valori di IPA ottenuti sono stati confrontati con i valori medi del periodo delle altre centraline della rete di monitoraggio della provincia di Torino in cui viene misurato il parametro IPA.

Le concentrazioni di IPA rilevati a Rivarolo sono simili e confrontabili con le concentrazioni di IPA misurati nelle centraline di monitoraggio della rete provinciale aventi caratteristiche d'inquinamento simili catalogate come Background urbano (e precisamente Borgaro – Caduti, e Torino – Rubino).

Per il benzo(a)pirene analogamente agli altri inquinanti in cui esiste un valore di riferimento annuale (ad esempio PM₁₀), poiché la durata del monitoraggio nel sito oggetto della relazione non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo; non è quindi possibile in termini formali un confronto diretto con il limite stesso, si può però considerare un valore stimato di media annuale ricavato come descritto nella nota sotto riportata. Applicando tale procedimento, si ottengono i valori di media annuale che sono stati messi a confronto con i valori delle altre stazioni della rete di monitoraggio della provincia di Torino in cui si determina il benzo(a)pirene

Nota

Si sono calcolate le medie delle concentrazioni del benzo(a)pirene per il periodo della campagna, di tutte le stazioni della provincia in cui viene monitorato tale parametro ad eccezione della cabina di Ceresole in quanto stazione remota esente da apporti di particolato da traffico veicolare significativi; dal rapporto con la media dell'anno 2014 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne a Rivarolo c/o via Roma permette di ricavare la stima annuale:

$$M_c = (M_p / m_p) \times m_c$$

dove

m_c : media periodo campagna benzo(a)pirene Rivarolo c/o via Roma

M_c : media anno stimata benzo(a)pirene Rivarolo c/o via Roma

m_p : media periodo campagna benzo(a)pirene Provincia di Torino

M_p : media anno 2014 benzo(a)pirene Provincia di Torino

Le concentrazioni annuali stimate nel sito di Rivarolo per il benzo(a)pirene sono inferiore (0,71 ng/m³) al valore obiettivo fissato dal D.Lgs 155/2010 di 1 ng/m³ e simili ai valori rilevati nelle centraline catalogate come background urbano in zone residenziali come Torino – Rubino o Borgaro - Caduti (vedi [Tabella 18](#) e [Figura 39](#)).

Tabella 18: concentrazioni di IPA confronto valori medi della campagna e media anno 2014

	Benzo(a)antracene (ng/m ³)	Benzo(b+j+k)fluorantene (ng/m ³)	Benzo(a)pirene (ng/m ³)	Indeno(1,2,3-cd)pirene (ng/m ³)	Benzo(a)antracene (ng/m ³)	Benzo(b+j+k)fluorantene (ng/m ³)	Benzo(a)pirene (ng/m ³)	Indeno(1,2,3-cd)pirene (ng/m ³)	Benzo(a)pirene (ng/m ³)	Indeno(1,2,3-cd)pirene (ng/m ³)
Ceresole Reale - Diga	0,04	0,26	0,05	0,07	0,04	0,11	0,05	0,06	0,05	0,06
Druento - La Mandria	0,50	2,44	0,87	0,90	0,15	0,83	0,31	0,35	0,31	0,35
Oulx - Roma	1,2	2,6	1,1	0,9	0,4	1,2	0,5	0,5	0,5	0,5
Susa - Repubblica	1,0	3,3	1,5	1,2	0,4	1,3	0,6	0,5	0,6	0,5
Torino - Consolata	1,6	5,2	2,3	1,9	0,4	1,6	0,7	0,6	0,7	0,6
Laboratorio mobile c/o Rivarolo (*)	1,9	5,5	2,3	2,0			0,8		0,8	
Torino - Rubino	1,7	5,8	2,5	2,1	0,4	1,6	0,7	0,7	0,7	0,7
Borgaro T. - Caduti	1,8	5,7	2,7	2,1	0,5	1,7	0,8	0,7	0,8	0,7
Beinasco TRM	1,9	6,3	2,7	2,2	0,5	1,8	0,8	0,7	0,8	0,7
Torino - Lingotto	1,8	6,7	2,8	2,3	0,4	1,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Carmagnola - I° maggio	2,1	6,6	2,9	2,3	0,5	1,8	0,8	0,7	0,8	0,7
Torino - Grassi	2,5	6,2	3,1	2,3	0,7	2,1	1,0	0,9	1,0	0,9
Ivrea - Liberazione	2,3	7,1	3,2	2,5	0,3	1,6	0,7	0,7	0,7	0,7
Torino - Rebaudengo	3,6	9,1	4,5	3,4	0,9	2,4	1,1	0,9	1,1	0,9
Settimo - Vivaldi	3,9	9,6	4,7	3,4	0,8	2,4	1,2	1,0	1,2	1,0
(*) = valore annuale di Benzo(a)pirene stimato	campagna invernale dal 15 gennaio al 15 febbraio 2015				Anno 2014					

Figura 39: confronto media campagna invernale e anno 2014 per il Benzo(a)pirene

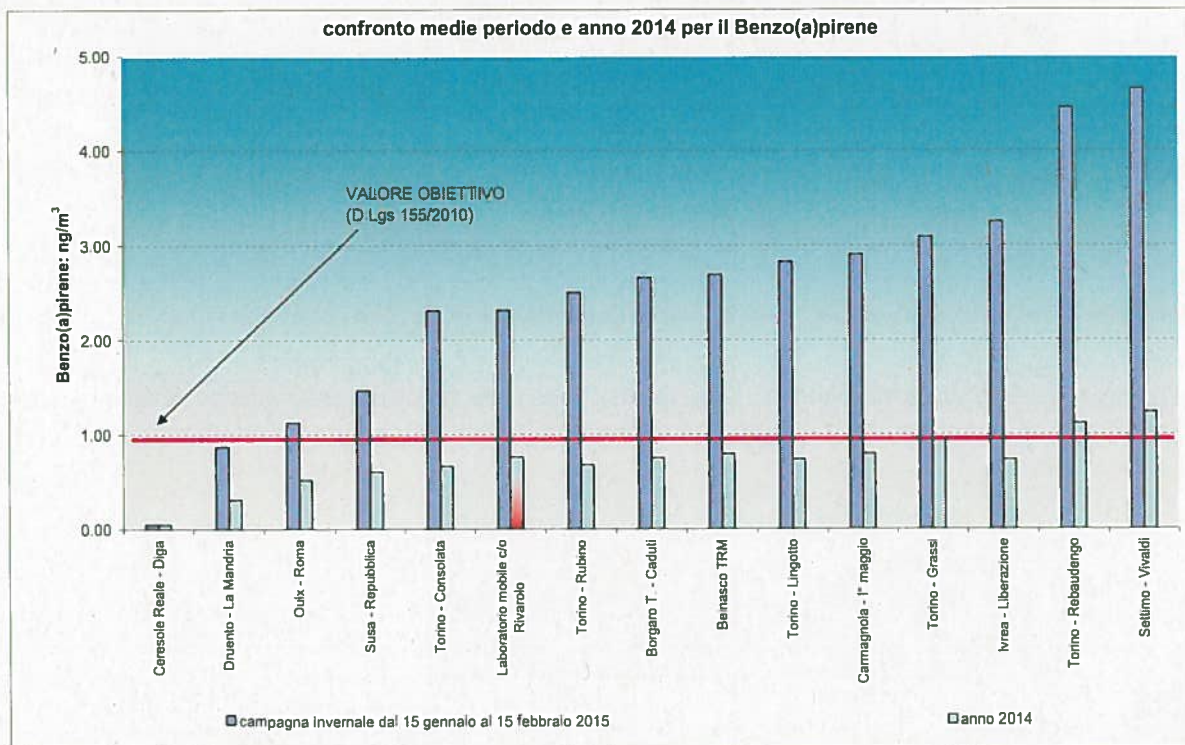
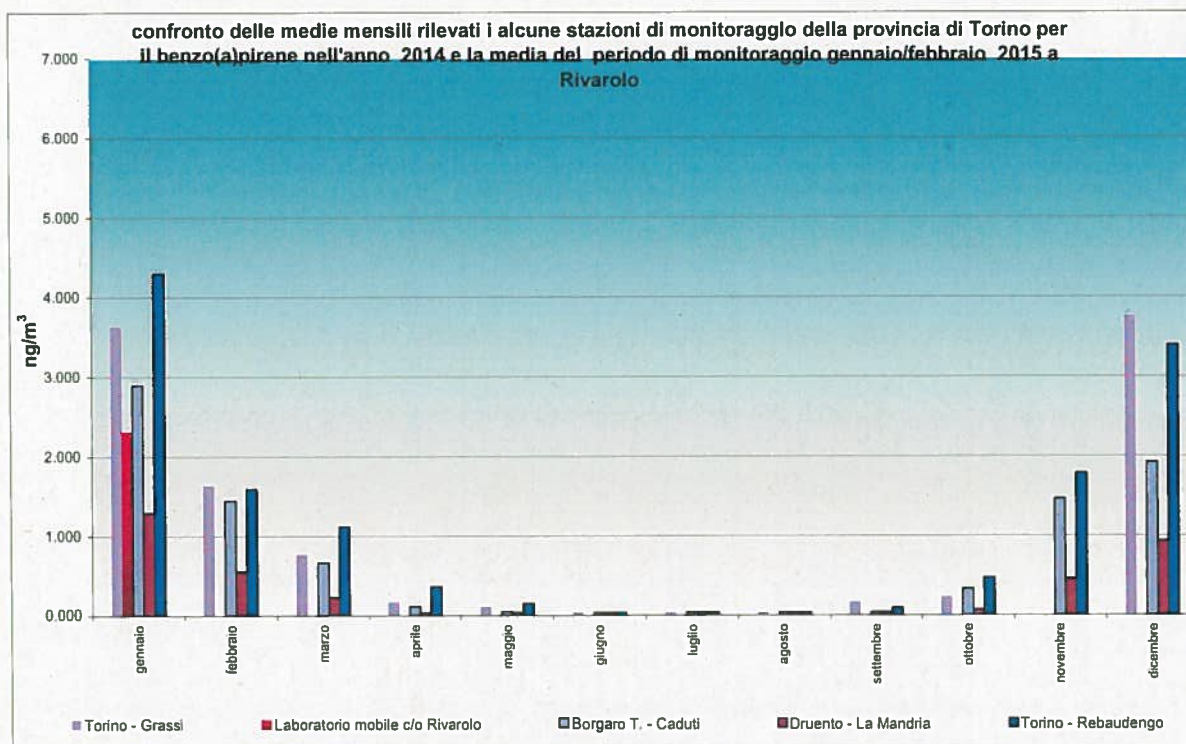


Figura 40: confronto delle medie mensili di benzo(a)pirene rilevati nell'anno 2014 in alcune stazioni della rete di monitoraggio della provincia di Torino con le media misurate nella campagna di monitoraggio nel gennaio/febbraio 2015 a Rivarolo



IPA determinati con analisi di laboratorio sui filtri di raccolta del PM_{2.5}

Analogamente alle determinazioni di IPA effettuati sulle polveri PM₁₀ sono stati determinati gli IPA adsorbito sul particolato PM_{2.5}. La normativa vigente (D.Lgs 155/2010) non fissa nessun limite e nessun valore obiettivo per il benzo(a)pirene ne per gli altri IPA determinati sul particolato atmosferico PM_{2.5} per cui le considerazioni che seguono hanno quindi un valore di indagine conoscitiva su un fenomeno che però potrà avere ulteriori sviluppi legislativi visto che gli IPA sono presenti nella quasi totalità nella frazione PM_{2.5}, (confrontare a questo proposito [Figura 42](#), [Figura 43](#), [Tabella 18](#) e [Tabella 19](#)). In altre parole a parità di sito la loro percentuale in massa è maggiore se li si raffronta al PM_{2.5} (vedi [Figura 42](#)) invece che al PM₁₀.

Le concentrazioni di IPA rilevate sulle polveri PM_{2.5} a Rivarolo sono state messe a confronto con quelle rilevate a Torino – Lingotto unica stazione in cui sono disponibili valori di IPA sulle polveri PM_{2.5}: anche in questo caso i valori trovati a Rivarolo sono confrontabili e simili a quelli misurati a Torino – Lingotto.

Tabella 19: concentrazioni di IPA rilevati sul PM_{2.5} confronto dei valori medi della campagna gennaio – febbraio 2015 e media anno 2014

	Benzo(a)antracene (ng/m ³)	Benzo(b+j+k)fluorantene (ng/m ³)	Benzo(a)pirene (ng/m ³)	Indeno(1,2,3-cd)pirene (ng/m ³)	Benzo(a)antracene (ng/m ³)	Benzo(b+j+k)fluorantene (ng/m ³)	Benzo(a)pirene (ng/m ³)	Indeno(1,2,3-cd)pirene (ng/m ³)
Laboratorio mobile c/o Rivarolo	1,8	5,6	2,3	2,0				
Torino - Lingotto	1,6	5,8	2,5	2,0	0,4	1,7	0,7	0,7
	campagna invernale dal 15 gennaio al 15 febbraio				Anno 2014			

Figura 41: confronto medie campagna gennaio febbraio 2015 e anno 2014 per il Benzo(a)pirene adsorbito sul PM_{2.5}

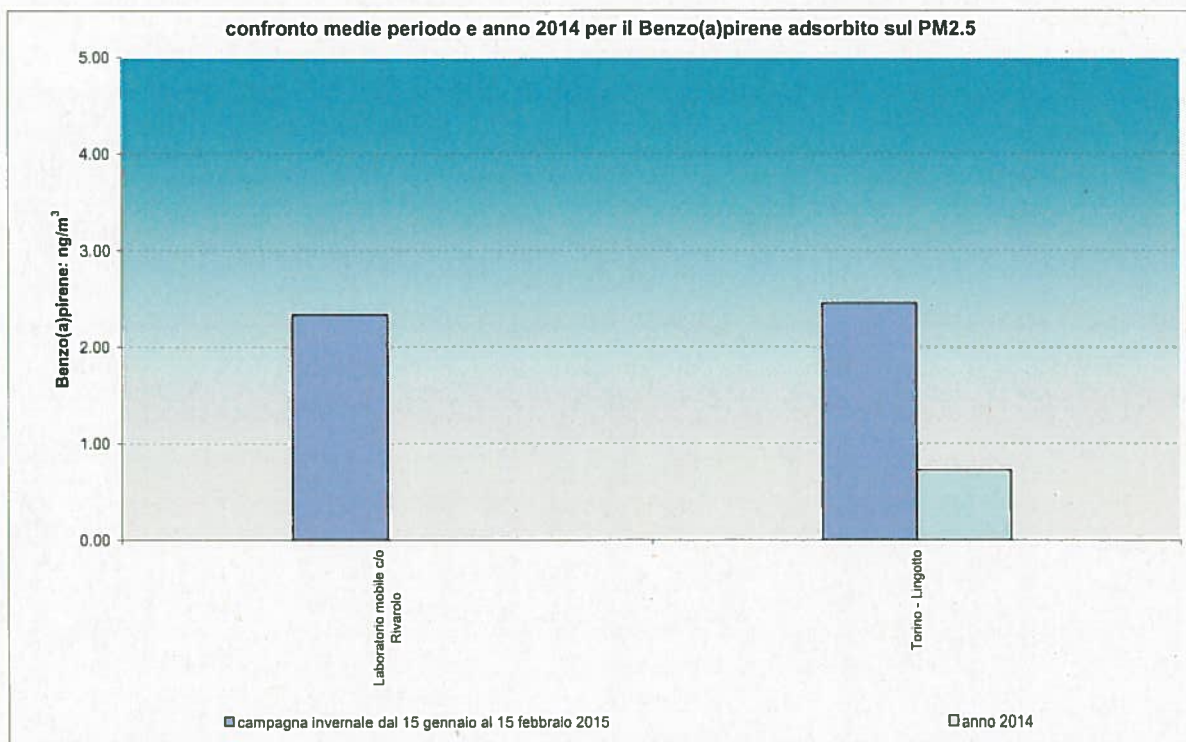


Figura 42: confronto del rapporto IPA / medie mensili di PM 10 e PM 2.5 in percentuale campagna invernale

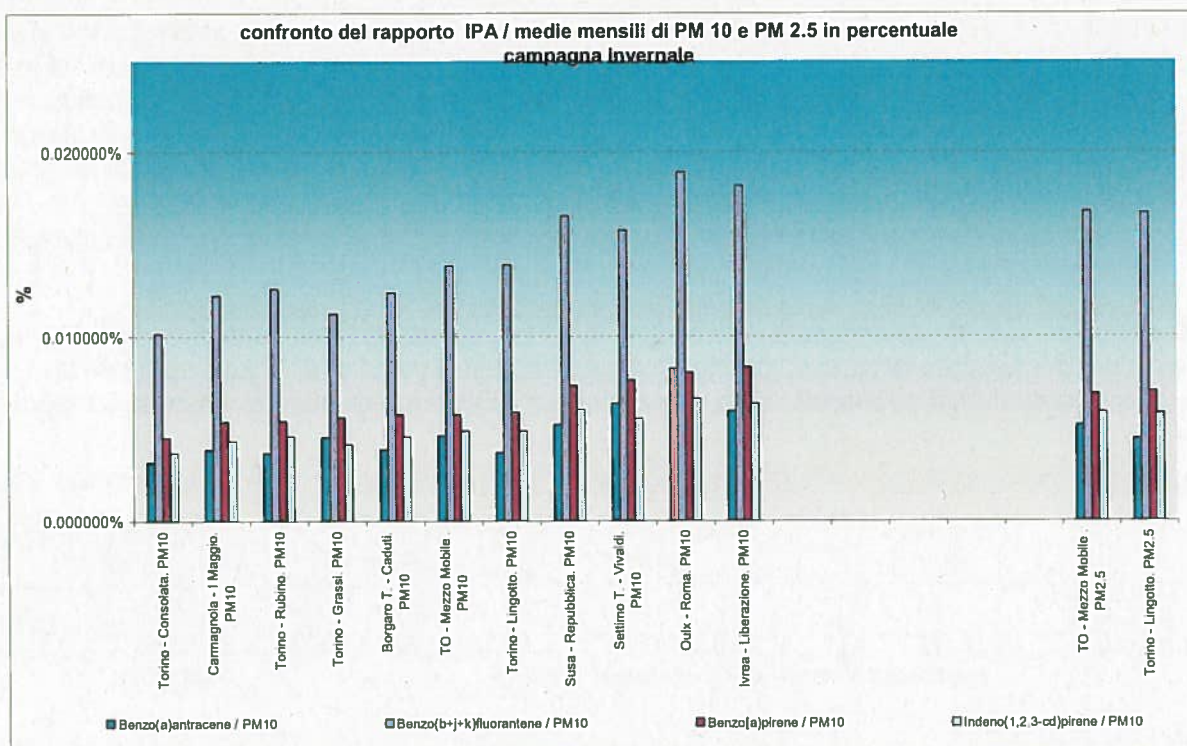
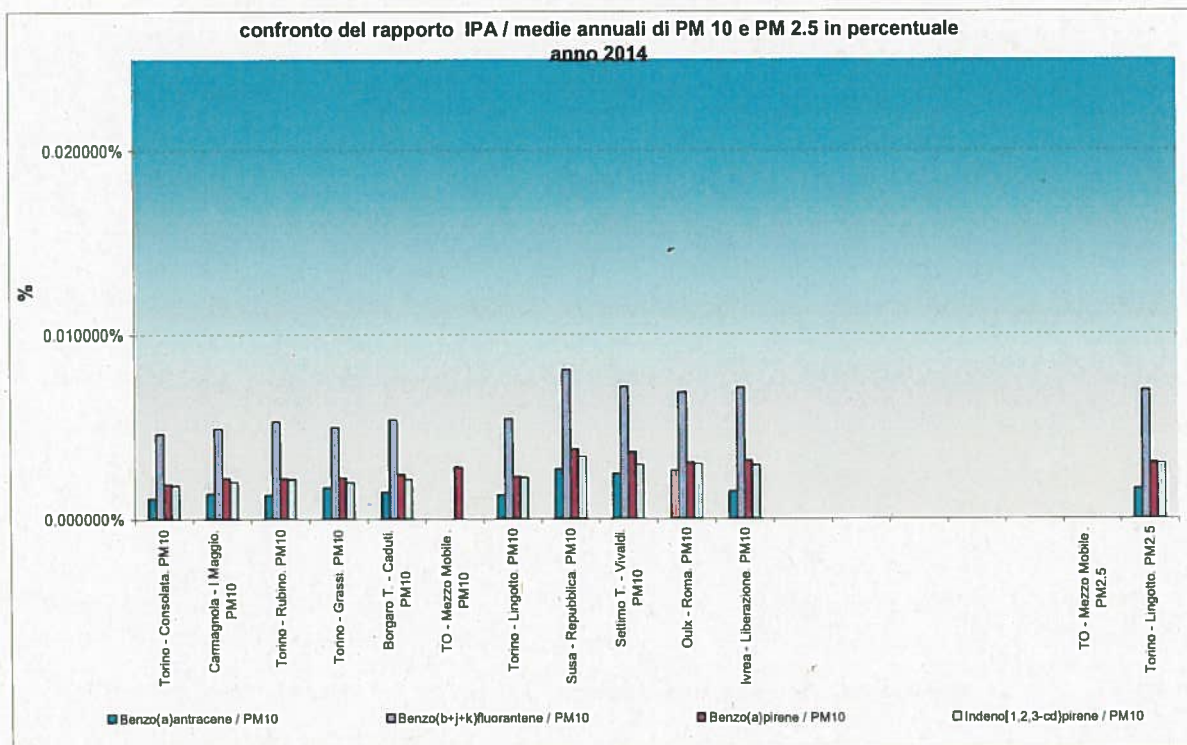


Figura 43: confronto del rapporto IPA / medie annuali di PM 10 e PM 2.5 in percentuale anno 2014



I metalli pesanti costituiscono una classe di sostanze inquinanti estremamente diffusa nelle varie matrici ambientali. La loro presenza in aria, acqua e suolo può derivare da fenomeni naturali (erosione, eruzioni vulcaniche), ai quali si sommano gli effetti derivanti da tutte le attività antropiche.

Riguardo l'inquinamento atmosferico i metalli che maggiormente preoccupano sono generalmente As (arsenico), Cd (cadmio), Co (cobalto), Cr (cromo), Mn (manganese), Ni (nichel) e Pb (piombo), che sono veicolati dal particolato atmosferico.

La loro origine è varia, Cd, Cr e As provengono principalmente dalle industrie minerarie e metallurgiche; Cu dalla lavorazione di manufatti e da processi di combustione; Ni dall'industria dell'acciaio, della numismatica, da processi di fusione e combustione; Co e Zn da materiali cementizi ottenuti con il riciclaggio degli scarti delle industrie siderurgiche e degli inceneritori. L'incenerimento dei rifiuti può essere una fonte di metalli pesanti quali antimonio, cadmio, cromo, manganese, mercurio, stagno, piombo.

L'effetto dei metalli pesanti sull'organismo umano dipende dalle modalità di assunzione del metallo, nonché dalle quantità assorbite. Alcuni metalli sono oligoelementi necessari all'organismo per lo svolgimento di numerose funzioni quali il metabolismo proteico (Zn), quello del tessuto connettivo osseo e la sintesi dell'emoglobina (Cu), la sintesi della vitamina B12 (Co) e altre funzioni endocrino-metaboliche ancora oggetto di studio. L'assunzione eccessiva e prolungata di tali sostanze, invece, può provocare danni molteplici a tessuti ed organi.

L'avvelenamento da zinco si manifesta con disturbi al sistema nervoso centrale, anemia, febbre e pancreatite. Il rame, invece, produce alterazioni della sintesi di emoglobina e del tessuto connettivo osseo oltre a promuovere epatiti, cirrosi e danni renali. L'intossicazione da cobalto provoca un blocco della captazione dello iodio a livello tiroideo con conseguente gozzo da ipotiroidismo, alterazioni delle fibre muscolari cardiache e disturbi neurologici. Cromo e nichel, sono responsabili, in soggetti predisposti, di dermatiti da contatto e di cancro polmonare. L'enfisema polmonare (per deficit di $\alpha 1$ antitripsina) è la principale manifestazione dell'intossicazione cronica da cadmio, cui generalmente si accompagnano danni ai tubuli renali e osteomalacia. Sia il piombo, che l'arsenico, inoltre, sono responsabili di numerose alterazioni organiche. L'avvelenamento cronico da piombo (saturnismo), ad esempio, è responsabile di anemia emolitica e danni neurologici.

Tra i metalli che sono più comunemente monitorati nel particolato atmosferico, quelli di maggiore rilevanza sotto il profilo tossicologico sono il nichel, il cadmio e il piombo. I composti del nichel e del cadmio sono classificati dalla Agenzia Internazionale di Ricerca sul Cancro come cancerogeni per l'uomo; l'Organizzazione Mondiale della Sanità stima che, a fronte di una esposizione ad una concentrazione di nichel nell'aria di $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per l'intera vita, quattro persone su diecimila siano a rischio di contrarre il cancro.

Nella Tabella 20 sono riportati i valori obiettivo per arsenico, cadmio, nichel e il valore limite per la protezione della salute umana per il piombo previsti dal D.Lgs. 13/8/2010 n. 155.

PIOMBO (Pb)		
VALORE LIMITE ANNUALE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA		
Periodo di mediazione	Valore limite (condizioni di campionamento)	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
Anno civile	0,5 µg/m ³	1 gennaio 2005
ARSENICO (As)		
VALORE OBIETTIVO DELLA MEDIA ANNUALE		
Periodo di mediazione	Valore Obiettivo	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
Anno civile	6 ng/m ³	31 dicembre 2012
CADMIO (Cd)		
VALORE OBIETTIVO DELLA MEDIA ANNUALE		
Periodo di mediazione	Valore Obiettivo	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
Anno civile	5 ng/m ³	31 dicembre 2012
NICHEL (Ni)		
VALORE OBIETTIVO DELLA MEDIA ANNUALE		
Periodo di mediazione	Valore Obiettivo	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
Anno civile	20 ng/m ³	31 dicembre 2012

Tabella 20: valori obiettivo per As, Cd e Ni e il valore limite per la protezione della salute umana per il Pb dal previsti dal D.Lgs. 13/8/2010 n. 155.

Le concentrazioni rilevate nel sito monitorato sono abbondantemente inferiori ai limiti in vigore e rispecchiano la situazione tipica della provincia di Torino vedi [Figura 44](#), [Figura 45](#), [Figura 46](#) e [Figura 47](#).

Figura 44: Confronto medie del periodo di monitoraggio con le medie annuali 2014 per l'arsenico

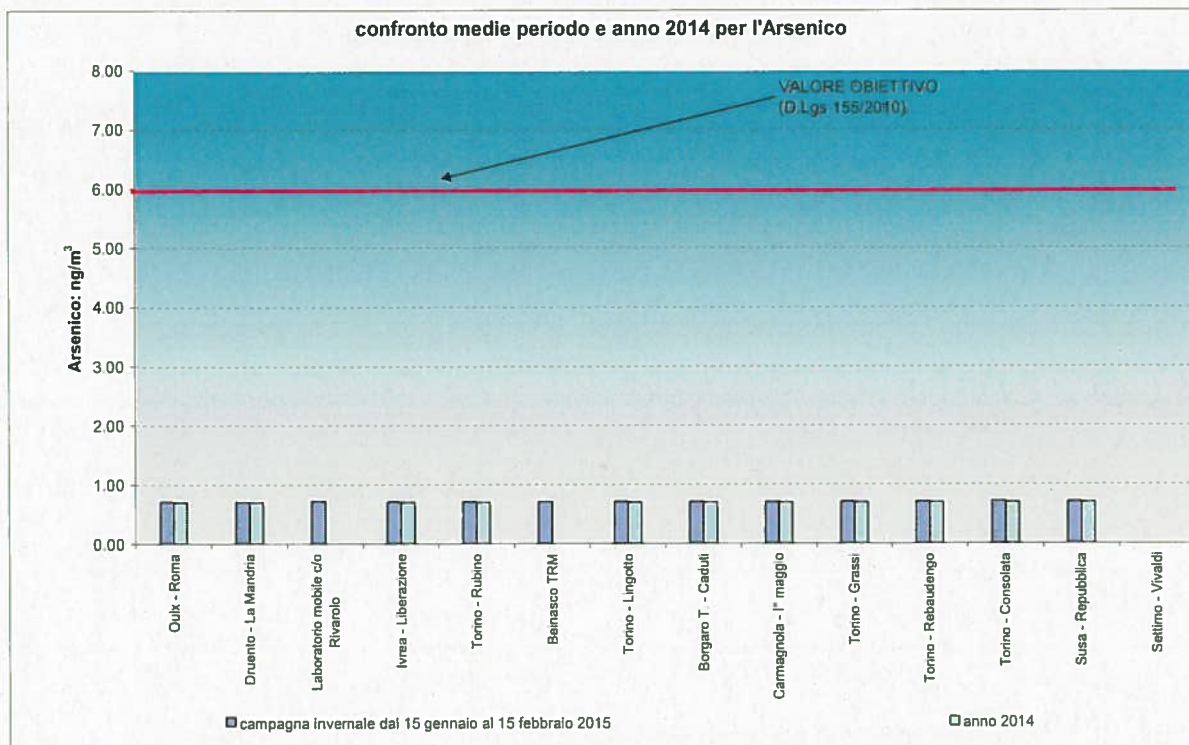


Figura 45: Confronto medie del periodo di monitoraggio con le medie annuali 2014 per il cadmio

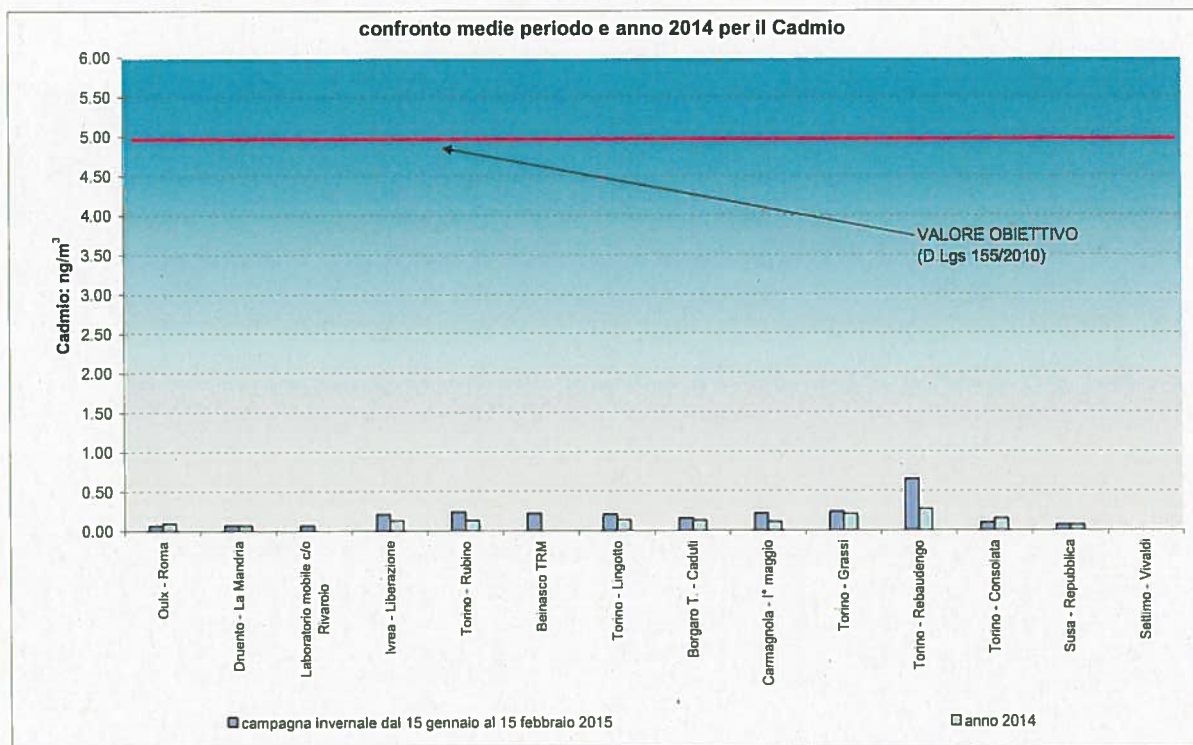


Figura 46: Confronto medie del periodo di monitoraggio con le medie annuali 2014 per il nichel

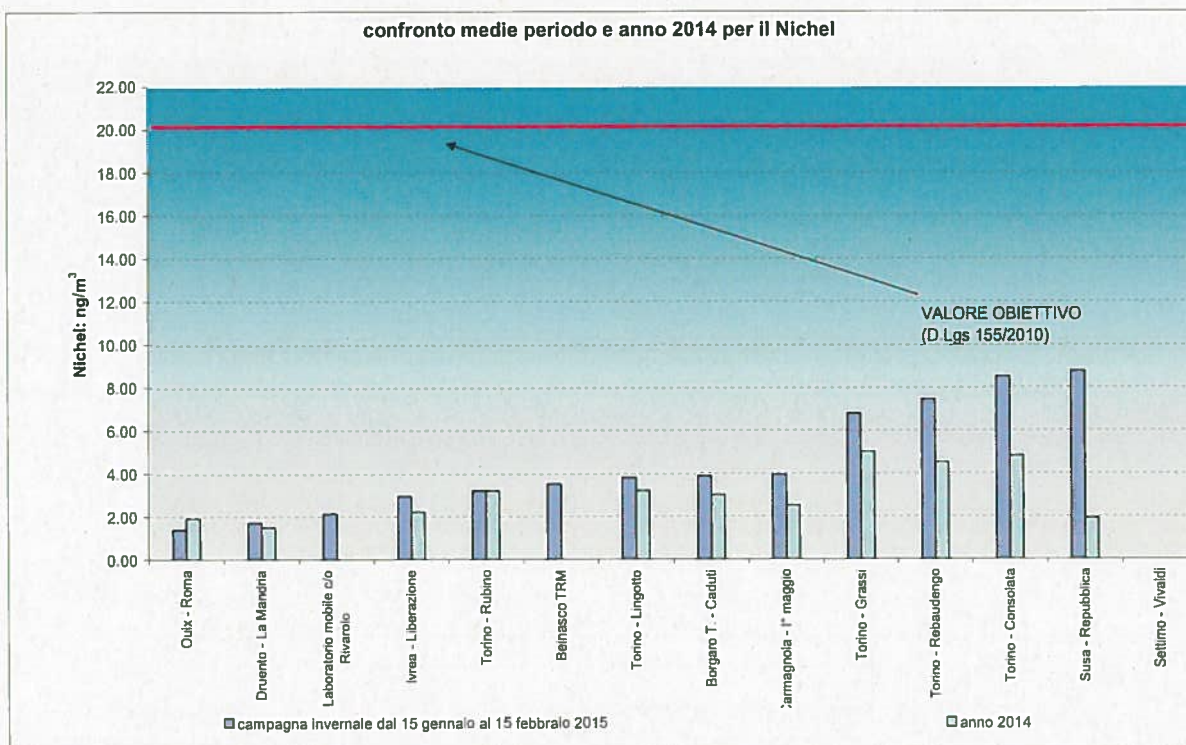
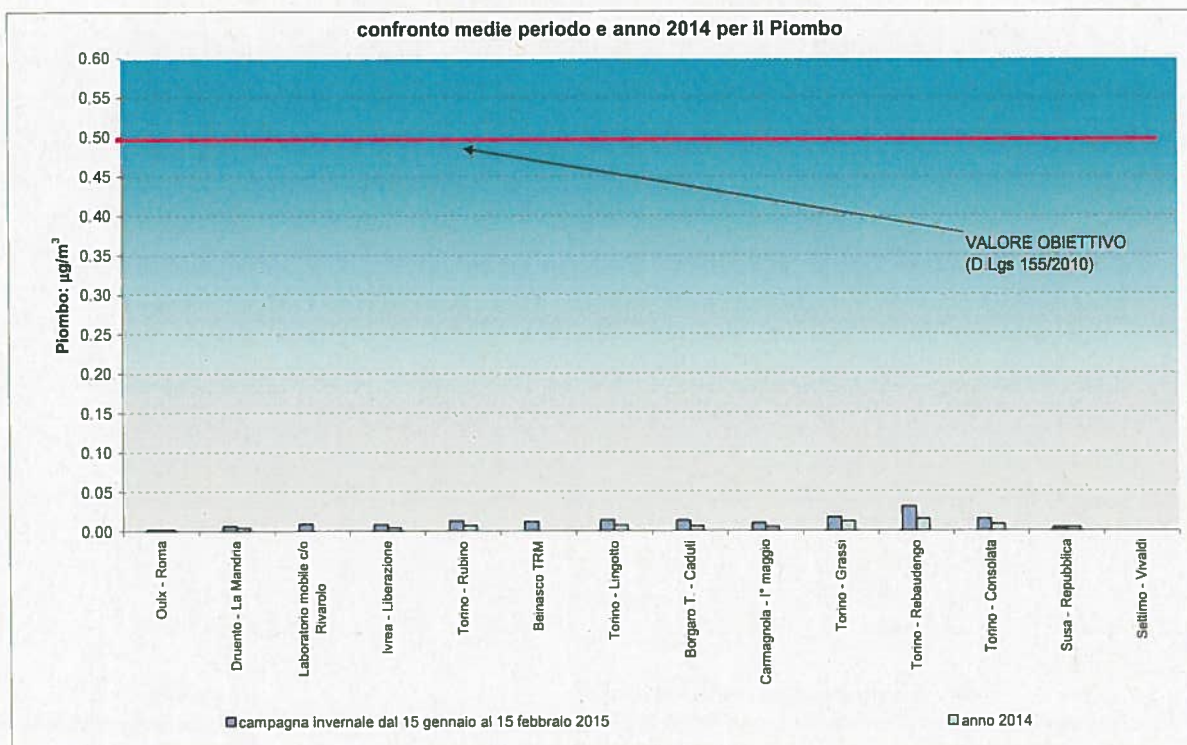


Figura 47: Confronto medie del periodo di monitoraggio con le medie annuali 2013 per il piombo



Conclusioni

I valori rilevati nel corso della campagna di monitoraggio mediante la stazione mobile nel sito di Via Roma a Rivarolo C.se sono in generale comparabili a quelli misurati in siti simili – vale a dire ubicati in zona residenziale urbana e suburbana - della provincia di Torino.

Le soglie di allarme non sono mai state superate per i due inquinanti con massimi invernali (biossido di zolfo e biossido di azoto) per i quali la normativa prevede tale tipo di limite; sono inoltre rispettati i valori limite di breve periodo per la protezione della salute umana per biossido d'azoto, biossido di zolfo e monossido di carbonio.

Il PM₁₀ ha invece presentato 6 giorni di superamento (pari al 19 %, dei giorni validi di misura nel corso della campagna) del valore limite giornaliero di 50 µg/m³, a fronte dei 35 giorni ammessi dalla normativa in un intero anno. Il confronto con la stazione fissa di Ivrea, i cui indici statistici nel periodo considerato sono analoghi a quelli del sito di Via Roma, indica che su base annuale è presumibile che il limite sia rispettato negli anni con condizioni meteorologiche particolarmente favorevoli alla dispersione degli inquinanti, mentre negli altri anni si può verificare un superamento del limite. Questa situazione è peraltro comune a tutti i siti di fondo esterni all'area urbana torinese.

Per quanto riguarda i valori di riferimento di lungo periodo, sulla base dei dati rilevati sono rispettati i valori limite annuali per benzene, biossido di azoto , PM₁₀ e PM_{2.5}.

Per il benzo(a)pirene le concentrazioni annuali stimate sono inferiori ma prossime al limite normativo (0.7 ng/m³ a fronte di un limite è 1 ng/m³). Per i metalli le concentrazioni annuali stimate sono invece abbondantemente inferiori ai limiti di legge. In entrambi casi si tratta di situazioni analoghe a quelle rilevate negli altri siti residenziali del territorio provinciale

Nel complesso le condizioni di qualità dell'aria rilevate nel sito di Via Roma sono risultate significativamente meno critiche di quelle riscontrate nell'inverno del 2014 nel sito di C.so Indipendenza, tenendo conto delle diverse condizioni meteorologiche⁴ dei due periodi. Si tratta peraltro di un fenomeno tipico quando si confrontano siti da traffico e siti residenziali all'interno di uno stesso ambito territoriale, in particolare in riferimento agli ossidi di azoto.

Per quanto riguarda infine i flussi veicolari, nel sito di Via Roma i valori sono risultati dell'ordine di 9000 veicoli/giorno, meno della metà di quelli rilevati in C.so Indipendenza/C.so Italia nel 2014: Come in quest'ultimo sito, inoltre, anche in Via Roma l'andamento medio degli ossidi di azoto risulta fortemente correlato con i flussi veicolari, confermando che per questi inquinanti la fonte di gran lunga predominante è il traffico stradale.

⁴ Come dettagliato nello specifico capitolo, durante la campagna dell'inverno 2014 la piovosità media è stata quasi il doppio di quella rilevata nella campagna oggetto della presente relazione

APPENDICE - SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI

• **Biossido di zolfo**

API 100 E

Analizzatore a fluorescenza per la misura della concentrazione di SO₂ nell'aria ambiente.

- ✓ Campo di misura: 0 ÷ 2000 ppb;
- ✓ Limite inferiore di rivelabilità < 1 ppb.

• **Ossidi di azoto**

MONITOR EUROPE ML 9841B

Analizzatore reazione di chemiluminescenza per la misura della concentrazione di NO/NO_x.

- ✓ Campo di misura: 0 ÷ 20000 ppb;
- ✓ Limite inferiore di rivelabilità : 0.5 ppb.

• **Ozono**

MONITOR EUROPE ML 9810B

Analizzatore ad assorbimento ultravioletto per la misura delle concentrazioni di O₃ nell'aria ambiente.

- ✓ Campo di misura: 0 ÷ 20 ppm;
- ✓ Limite inferiore di rivelabilità: 0.001 ppm.

• **Monossido di carbonio**

API 300 A

Analizzatore a filtro a correzione di gas per la misura della concentrazione di CO nell'aria ambiente.

- ✓ Campo di misura: 0 ÷ 200 ppm;
- ✓ Limite inferiore di rivelabilità: 0.1 ppm.

• **Particolato sospeso PM10-PM2.5**

TECORA CHARLIE AIR GUARD PM

Campionatore di particolato sospeso ; campionamento delle particelle sospese con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm in aria ambiente, con testa di prelievo a norma europea .

Analisi gravimetrica su filtri in fibra di quarzo di diametro 47 mm.

• **Stazione meteorologica**

LSI LASTEM

Stazione completa per la misura dei seguenti parametri: velocità e direzione vento, temperatura, umidità relativa, pressione atmosferica, irraggiamento solare.

• **Benzene, Toluene, Xileni**

SINTECH SPECTRAS CG 855 serie 600

Gas cromatografo con doppia colonna, rivelatore PID (fotoionizzazione)

- ✓ Campo di misura benzene: 0 ÷ 324 µg/m³;
- ✓ Campo di misura toluene: 0 ÷ 766 µg/m³;
- ✓ Campo di misura xileni : 0 ÷ 442 µg/m³;
- ✓ Campo di misura etilbenzene : 0 ÷ 441 µg/m³;