

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 1ª CAMPAGNA (28 Gennaio – 4 Marzo 2014)**



Redazione	Funzione: Collaboratore Tecnico Professionale Nome: Giacomo Castrogiovanni	Data: 17/04/2014	F
Verifica e Approvazione	Funzione: Dirigente con incarico professionale presso la SS di produzione Nome: Dott. Francesco Lollobrigida	Data: 17/04/2014	F



L'organizzazione della campagna di monitoraggio, l'elaborazione dei dati e la stesura della presente relazione sono state curate dai tecnici del Gruppo di Lavoro di "Monitoraggio della Qualità dell'Aria" nel Dipartimento di Torino di Arpa Piemonte, d.ssa Annalisa Bruno, 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 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
OBIETTIVI DELLA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO	14
<i>Elaborazione dei dati meteorologici</i>	<i>18</i>
<i>Elaborazione statistiche e grafiche relative al monitoraggio nel comune di Rivarolo C.se.....</i>	<i>21</i>
<i>Andamento orario e giornaliero - Confronto con i limiti di legge.....</i>	<i>22</i>
<i>Giorno medio</i>	<i>22</i>
<i>Biossido di zolfo.....</i>	<i>23</i>
<i>Ossidi di Azoto</i>	<i>26</i>
<i>Monossido d'azoto</i>	<i>26</i>
<i>Biossido d'azoto.....</i>	<i>29</i>
<i>Monossido di Carbonio.....</i>	<i>33</i>
<i>Benzene e Toluene</i>	<i>36</i>
<i>Particolato Sospeso (PM₁₀) e (PM_{2.5}).....</i>	<i>39</i>
<i>PM₁₀</i>	<i>40</i>
<i>PM_{2.5}.....</i>	<i>42</i>
<i>Ozono</i>	<i>48</i>

Conclusioni.....	53
APPENDICE - SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI	55



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/m³) al microgrammo per metro cubo (µg/m³).

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 2012", 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 2012".

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/ civile anno	1-gen-2005
	Valore limite per la protezione degli ecosistemi	anno civile	20 µg/m ³	--	19-lug-2001
		inverno (1 ott ÷ 31 mar)			
	Soglia di allarme	3 ore consecutive	500 µg/m ³	--	--
BIOSSIDO DI AZOTO (NO ₂) e OSSIDI DI AZOTO (NO _x)	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.

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 contributi delle sorgenti 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 la richiesta in oggetto è la prima pervenuta dal Vs. Comune e non sono quindi state effettuate campagne ante operam.

Iln 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 di monitorare con l'uso del laboratorio mobile la qualità dell'aria in un area adiacente i siti sensibili del contesto urbano.

Nel corso del sopralluogo preliminare alla realizzazione della campagna di monitoraggio dell'inquinamento atmosferico è stato individuato come idoneo al posizionamento della stazione mobile il seguente sito: *corso Indipendenza angolo corso Italia*

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



La prima campagna, oggetto della presente relazione è stata condotta tra il **28 gennaio** e il **4 marzo 2014** (36 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.

Alla luce di quanto esposto sopra la campagna sarà ripetuta in condizioni stagionali differenti nel corso dell'estate 2014.

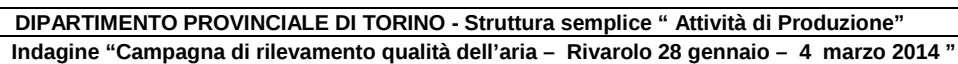


Figura 2: Postazione di monitoraggio del Laboratorio Mobile dettaglio



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

Per motivi logistici il laboratorio mobile è stato posizionato in un'area dove non è stato possibile alzare il palo meteorologico sino ai 10 metri previsti dalle norme tecniche internazionali; inoltre le case adiacenti al sito di monitoraggio sono alte più di dieci metri, ostacolando quindi la libera circolazione dell'aria. Di conseguenza le misure di velocità e direzione del vento non sono attendibili e pertanto sono state omesse nella trattazione che segue.

La [Figura 3](#) 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 (450 - 550 W/m² ca.). I giorni dal 30 gennaio al 6 febbraio, il 17 e il 19 febbraio e dal 26 febbraio al 3 marzo sono stati caratterizzati da instabilità atmosferica con elevate precipitazioni e intensa copertura nuvolosa. Le [Figure 4](#) e [Figura 5](#) confermano le situazioni di instabilità atmosferica con diminuzioni della pressione e della temperatura e aumento della umidità relativa nei giorni con intense precipitazioni.

Nel complesso il periodo di monitoraggio è stato particolarmente piovoso: in totale sono caduti 202 mm di pioggia nei 36 giorni di campionamento, contribuendo quindi ad un abbassamento delle concentrazioni degli inquinanti atmosferici.

La temperatura media di tutto il periodo è stata di 5.8 °C. Il valore minimo orario si è raggiunto il 28 e il 29 gennaio (-0,5 °C), mentre il valore massimo è stato rilevato il 27 febbraio con 15.1 °C.

L'umidità relativa in condizioni di stabilità atmosferica presenta un andamento opposto a quello della temperatura, con massimi concentrati nelle ore notturne e minimi nelle ore più calde della giornata. ([Figura 5](#)).

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	0.0	0.9	7	962	
Massima media giornaliera	106	8.8	99	986	
Media delle medie giornaliere	43	5.8	81	975	
Giorni validi	36	36	36	36	
Percentuale giorni validi	100%	100%	100%	100%	
Media dei valori orari	43	5.8	81	975	
Massima media oraria	570	15.1	99	988	
Ore valide	864	864	859	864	
Percentuale ore valide	100%	100%	99%	100%	

Figura 3:Radiazione solare e Pioggia

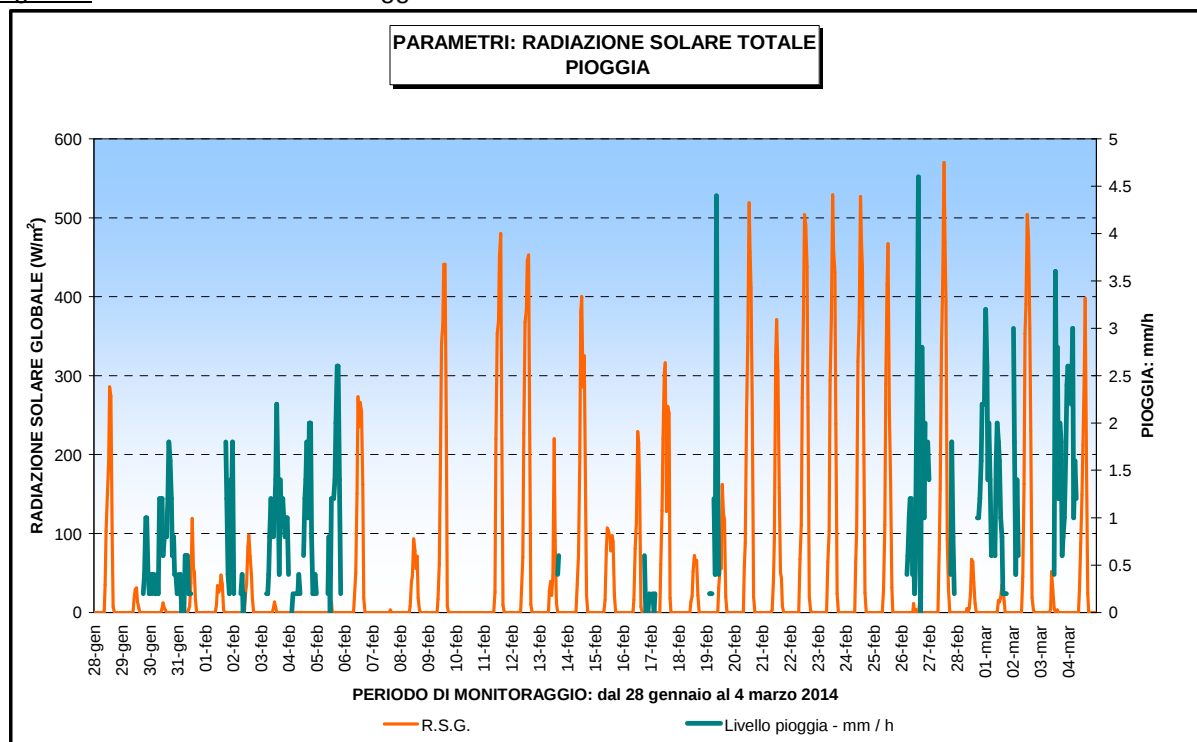


Figura 4: Pressione Atmosferica e Pioggia

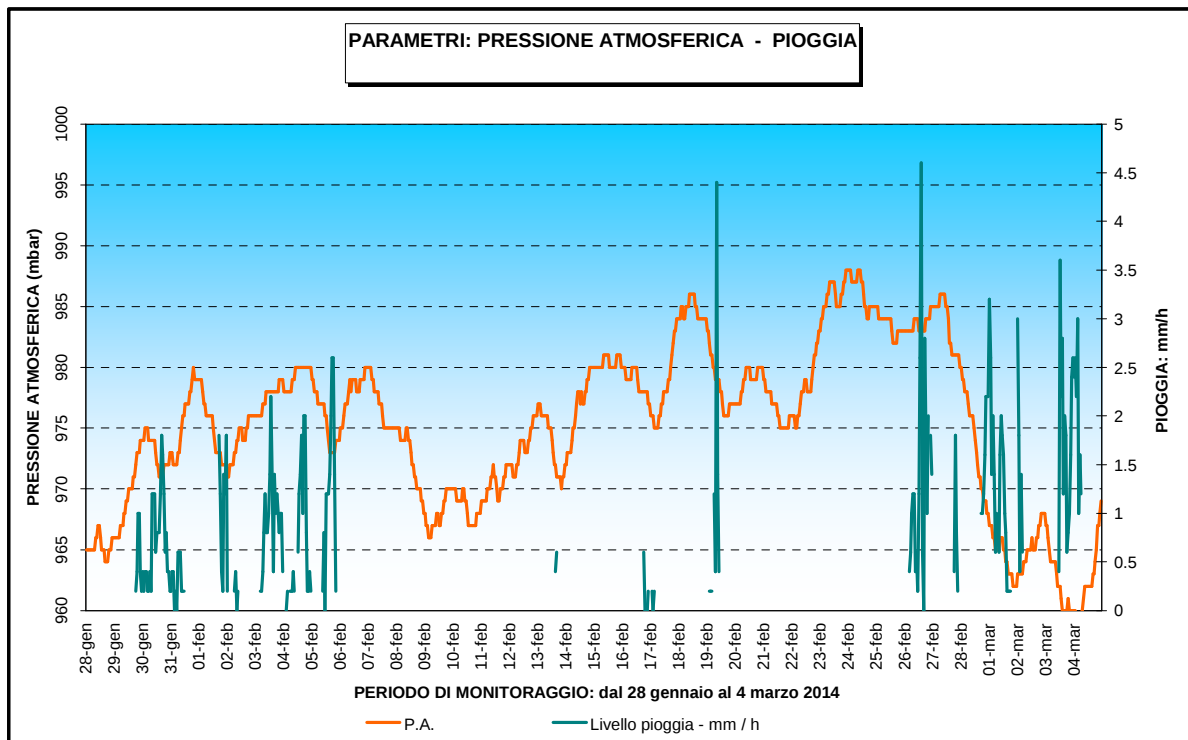
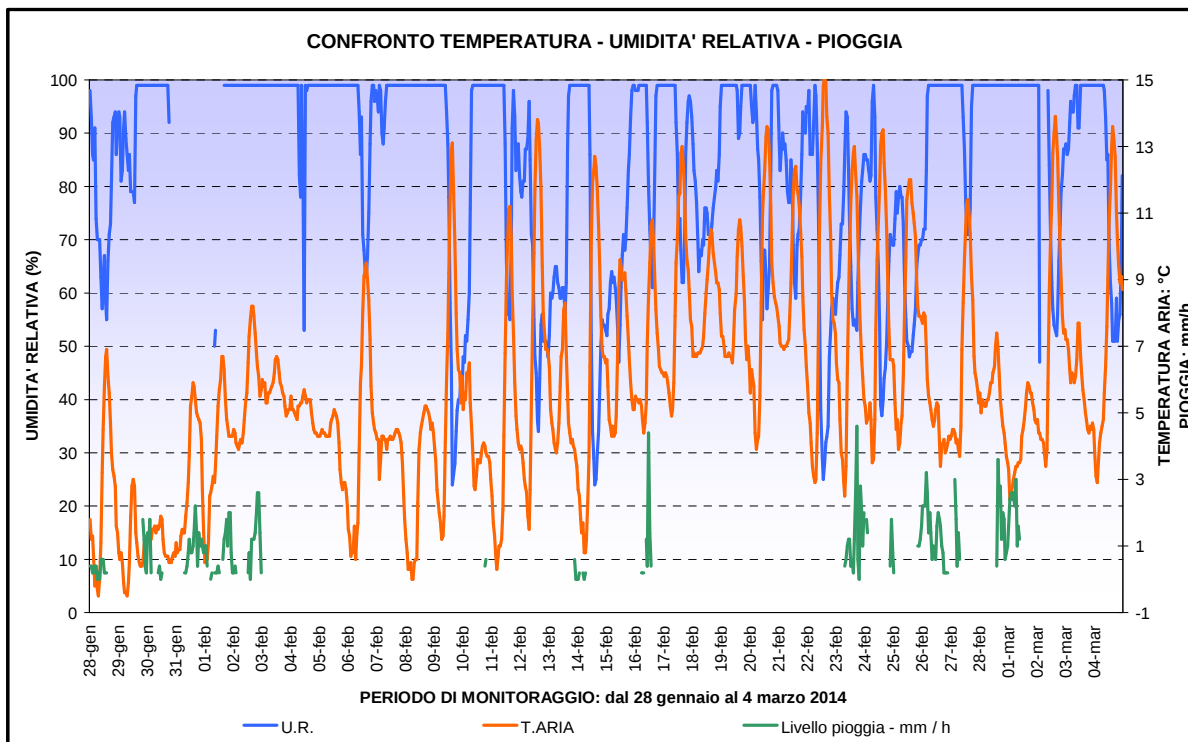


Figura 5: Umidità Relativa Temperatura



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 6](#)). Il massimo valore giornaliero è pari a 13 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 31 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 8](#) 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 (SO₂) (µg/ m³)

Minima media giornaliera	8.5
Massima media giornaliera	13.0
Media delle medie giornaliere	10.4
Giorni validi	36
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	10.4
Massima media oraria	31.0
Ore valide	860
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 6:SO₂: confronto con il livello di protezione della salute (media giornaliera)

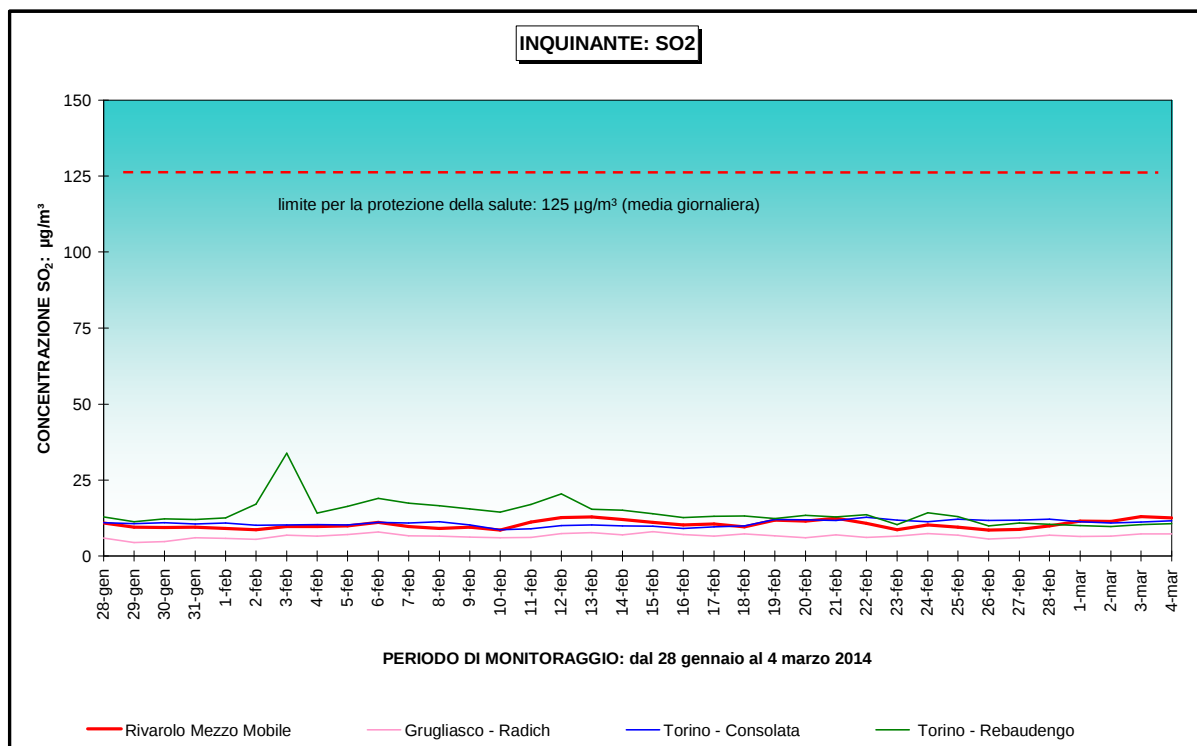


Figura 7: SO₂: medie orarie confronto con alcune stazioni della rete fissa

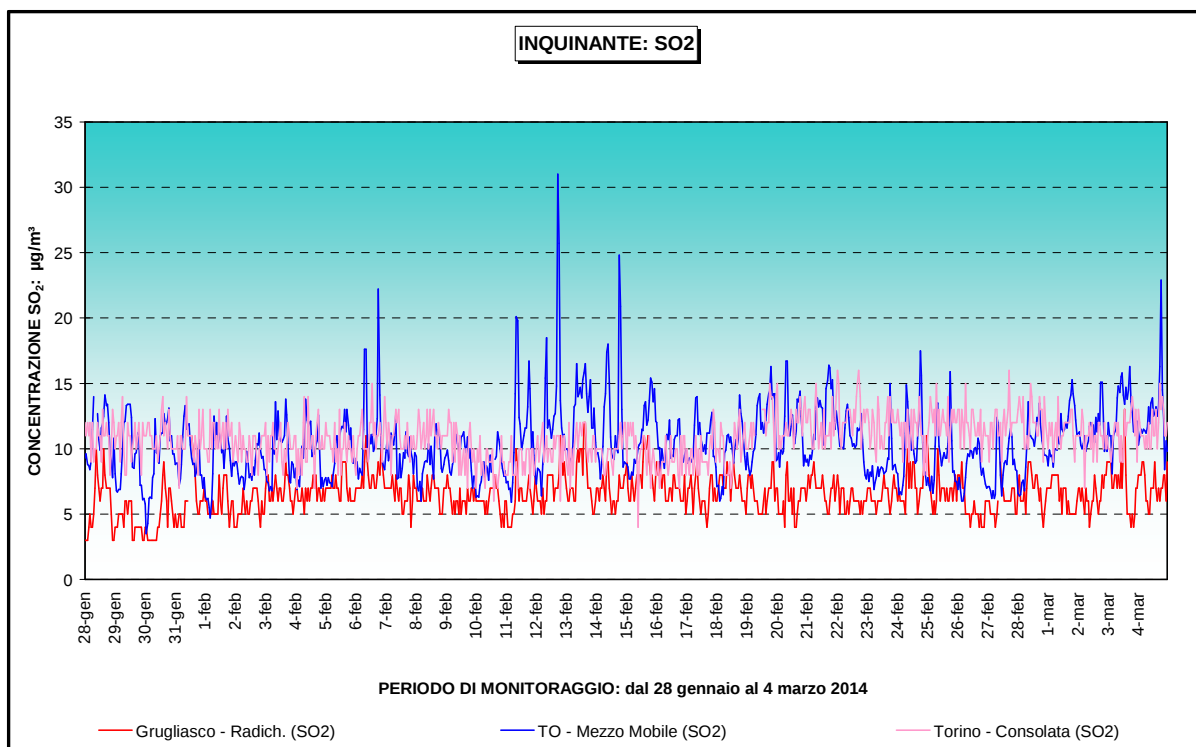
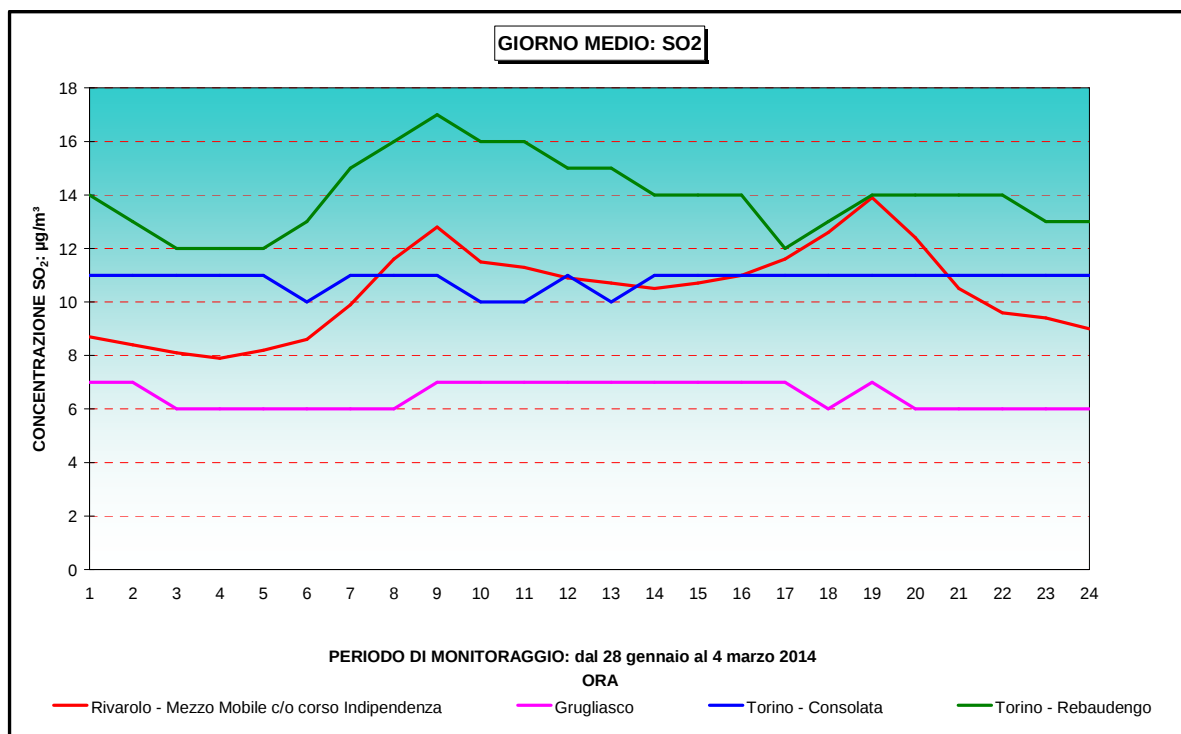


Figura 8: SO₂: giorno medio confronto con alcune stazioni della rete fissa



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 elevati della provincia. A tale proposito va rilevato che il sito monitorato è adiacente a due vie a intenso traffico veicolare.

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 in è molto 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 significativamente elevati e simili ai valori delle centraline della rete di monitoraggio da traffico urbano Torino Rebaudengo o Torino Consolata. Il massimo valore di monossido di azoto registrato nel sito del laboratorio mobile (media oraria) è pari a 578 µg/m³, la massima media giornaliera è di 121 µg/m³ e il valore medio dell'intera campagna è di 65 µg/m³.

Dalla Figura 11 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 significativamente elevati e superiori ai valori della centralina di Torino Consolata, che storicamente è il sito con i valori più elevati insieme a Torino Rebaudengo dell'intera rete fissa provinciale. In Figura 10 e Tabella 8 vengono messi a confronto le medie del periodo con le medie annuali 2013 di tutte le centraline della provincia. I valori del sito in esame sono tra le più elevati dell'intera provincia inferiore solo a Torino Rebaudengo, quest'ultima storicamente come già sottolineato tra i siti con valori più alti della provincia.

L'andamento del giorno medio mostra il tipico aspetto con due massimi giornalieri, con i valori più elevati nelle ore in cui è presumibilmente maggiore il traffico autoveicolare (dalle 7 alle 10 al mattino e dalle 18 alle 20 nel pomeriggio). Tale ipotesi potrà essere verificata nella seconda campagna valutando con l'Amministrazione comunale la possibilità di installare nei pressi del sito di monitoraggio il contatraffico in dotazione al Dipartimento scrivente.

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

Minima media giornaliera	32
Massima media giornaliera	121
Media delle medie giornaliere	65
Giorni validi	36
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	65
Massima media oraria	578
Ore valide	857
Percentuale ore valide	99%

Figura 9: NO medie orarie confronto con alcune stazioni della rete fissa

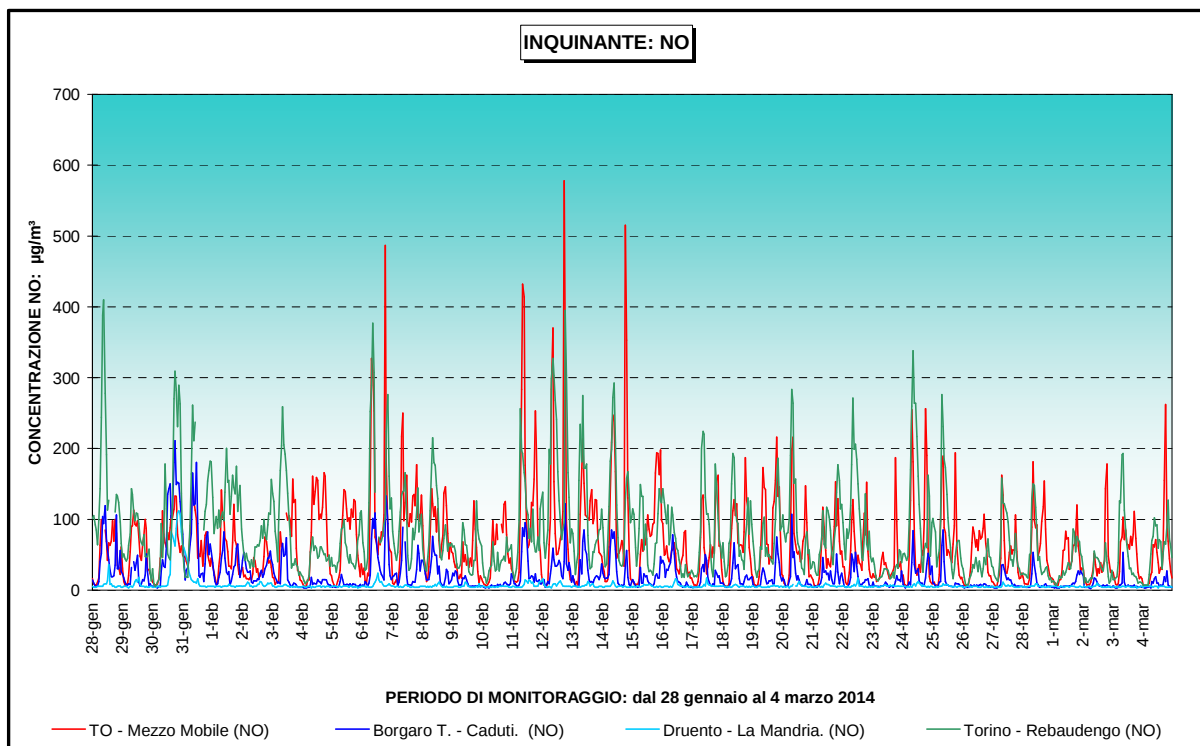


Figura 10: NO, confronto medie del periodo con medie annuali 2013 nella provincia di Torino

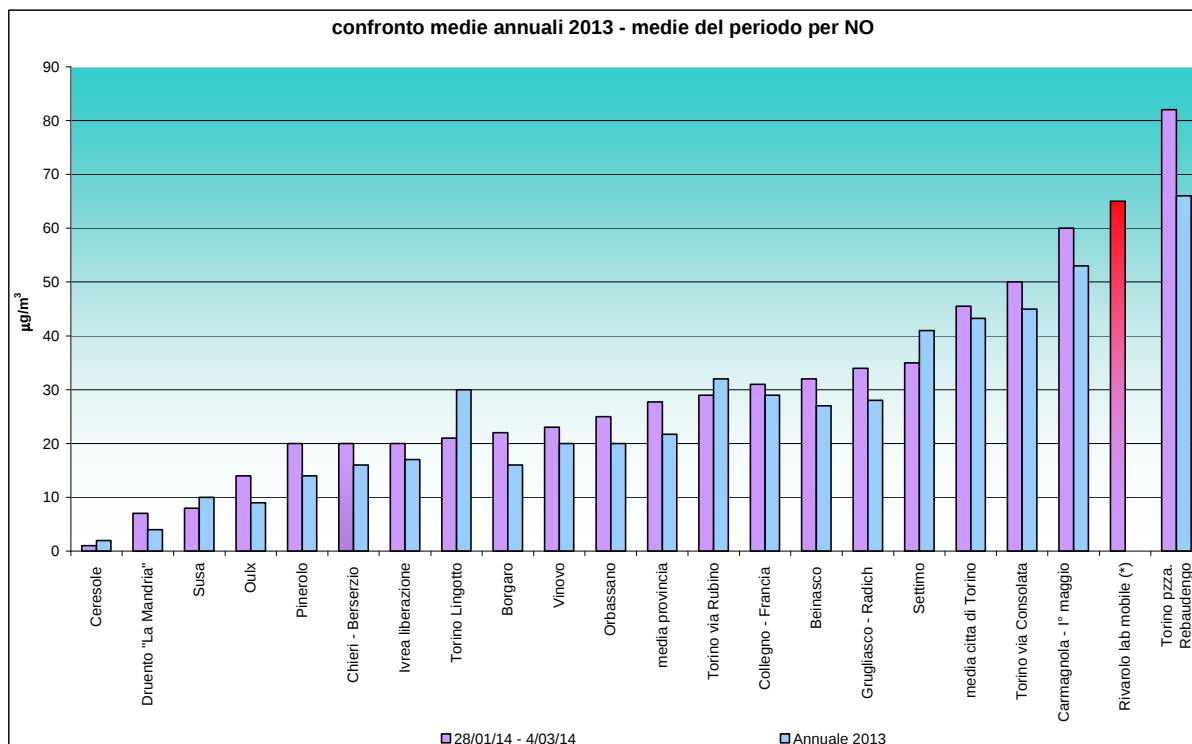
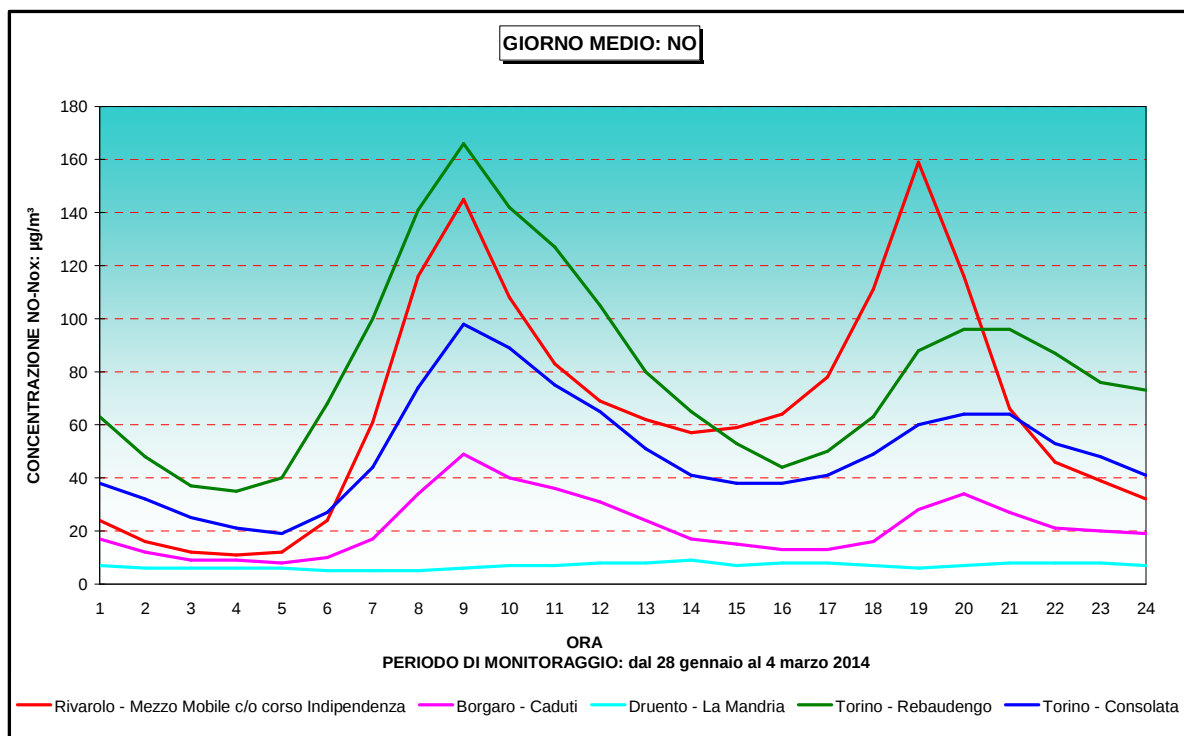


Figura 11: NO giorno medio confronto con alcune stazioni della rete fissa



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 1,070 g/veic*km, per i veicoli commerciali leggeri è 2,338 g/veic*km, mentre per i veicoli commerciali pesanti (>3,5 t) e i bus il fattore di emissione è pari a 12,014 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 172 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Le Figura 12 e Figura 13 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 relativamente elevate. In particolare il confronto del giorno medio mostra che i valori di Rivarolo sono simili 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; dalle ore 6 sino alle 10 le concentrazioni di NO_2 aumentano e alle ore 9 i valori di Rivarolo sono simili a quelli di Torino Consolata e Torino Rebaudengo. Nelle ore seguenti i valori di NO_2 a Rivarolo diminuiscono leggermente sino alle 16 per poi aumentare sino a superare i valori dei siti di Torino alle ore 19 e diminuire poi nuovamente nella tarda serata.

Anche in questo caso la presumibile correlazione di questi andamenti con i flussi veicolari potrà essere verificata nella seconda campagna valutando con l'Amministrazione comunale la possibilità di installare nei pressi del sito di monitoraggio il contatraffico in dotazione al Dipartimento scrivente.

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 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, valore superiore al limite. Un stima più accurata sarà possibile al termine della seconda campagna, quando si disporrà di una base dati più ampia e maggiormente rappresentativa delle variazioni stagionali delle concentrazioni

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 2013 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 campagne NO₂ Rivarolo c/o c.so Indipendenza

M_c : media anno stimata NO₂ Rivarolo c/o c.so Indipendenza

m_p : media periodo campagne NO₂ Provincia di Torino

M_p : media anno 2013 NO₂ Provincia di Torino

Data la pericolosità di questo inquinante, anche in qualità di precursore di altri inquinanti come l'ozono, 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.

Considerazioni più approfondite su questo inquinante, ed in particolare sul rispetto le valore limite annuale, potranno essere effettuate al termine della seconda campagna

Tabella 8: NO₂, NO confronto medie del periodo di monitoraggio con medie annuali 2013 nella provincia di Torino

	28/01/14 - 4/03/14		Annuale 2013	
	NO (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NO (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)
Ceresole	1	4	2	6
Druento "La Mandria"	7	13	4	12
Susa	8	30	10	19
Oulx	14	31	9	21
Ivrea liberazione	20	32	17	25
Chieri - Berserzio	20	36	16	27
Borgaro	22	36	16	32
Pinerolo	20	39	14	29
media provincia	25	39	19	31
Settimo	35	42	41	42
Orbassano	25	43	20	32
Vinovo	23	44	20	31
Beinasco	32	45	27	35
Grugliasco - Radich	34	48	28	38
Torino via Rubino	29	53	32	42
Rivarolo lab mobile (*)	65	56		45
Collegno - Francia	31	57	29	44
Torino Lingotto	21	60	30	42
media città di Torino	46	63	43	52
Torino piazza Rebaudengo	82	67	66	65
Torino via Consolata	50	70	45	60

(*)= media annuale (NO₂) stimata

Tabella 9: Dati relativi al biossido di azoto (NO₂) (µg/ m³) sito c/o c.so Indipendenza

Minima media giornaliera	40
Massima media giornaliera	86
Media delle medie giornaliere	56
Giorni validi	36
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	56
Massima media oraria	172
Ore valide	857
Percentuale ore valide	99%
<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 12: NO₂ : confronto con i limiti di legge e con i dati delle stazioni fisse di Torino Rebaudengo, Borgaro, Druento “La Mandria” e Torino Consolata

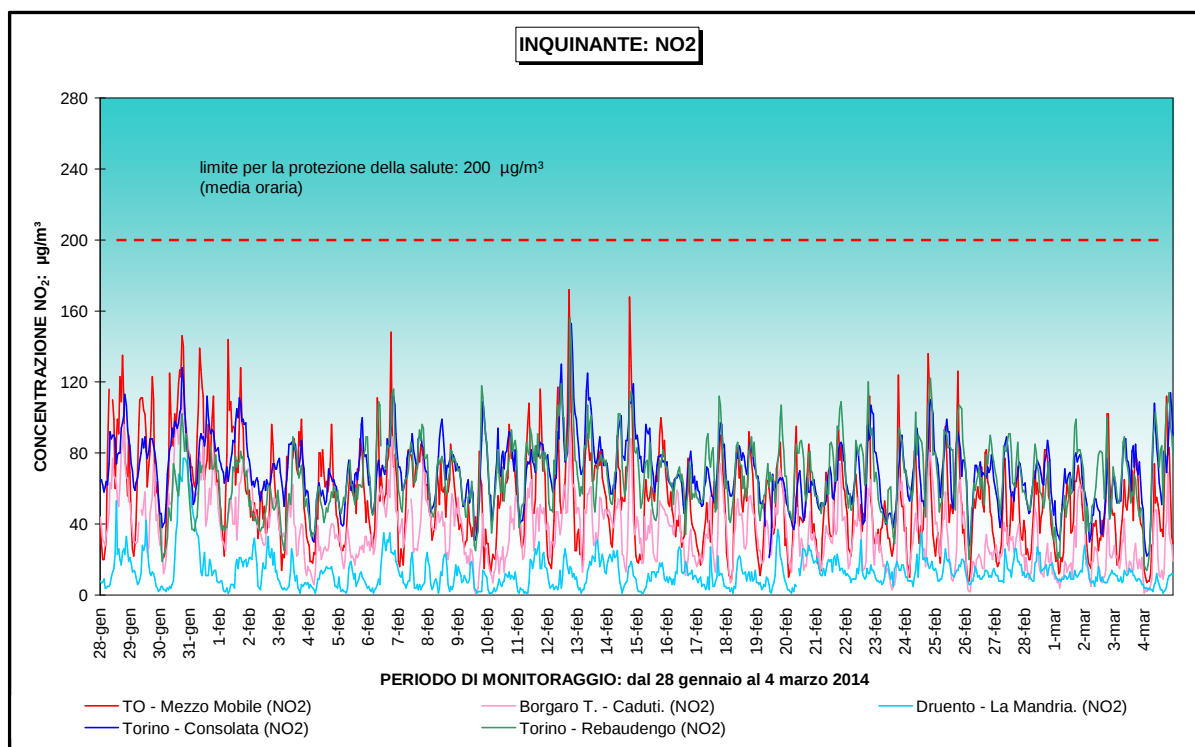


Figura 13: NO₂: andamento del giorno medio

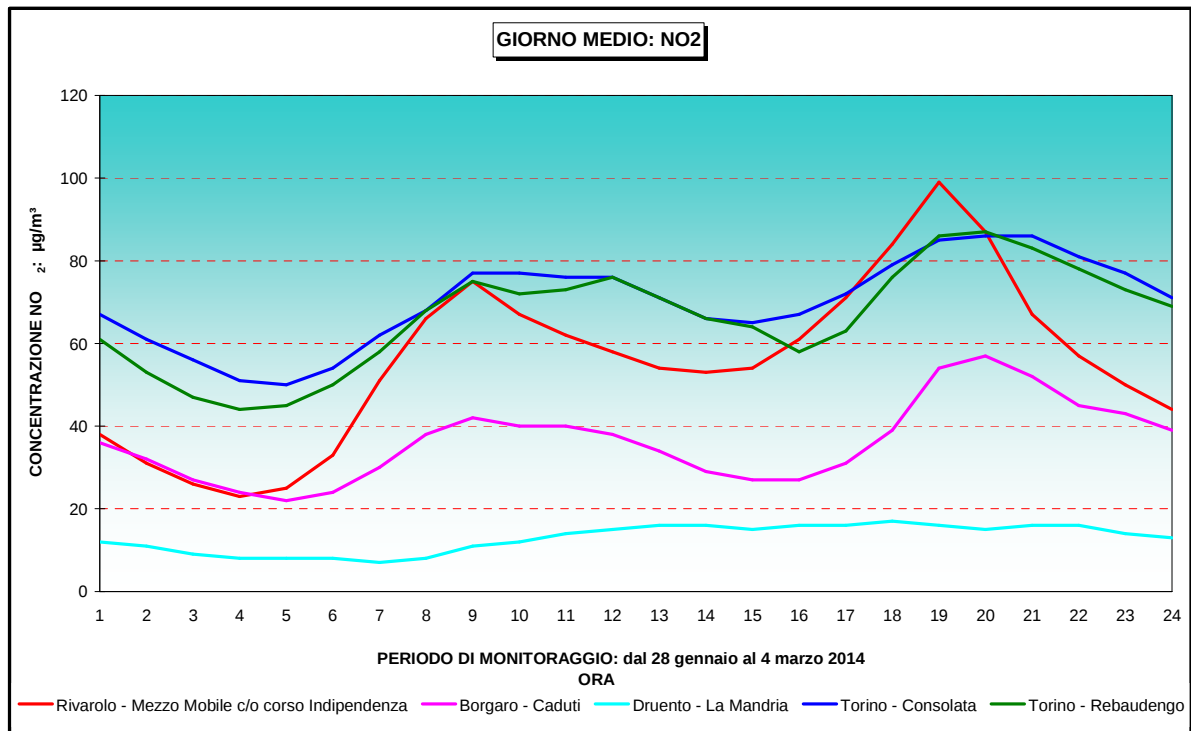
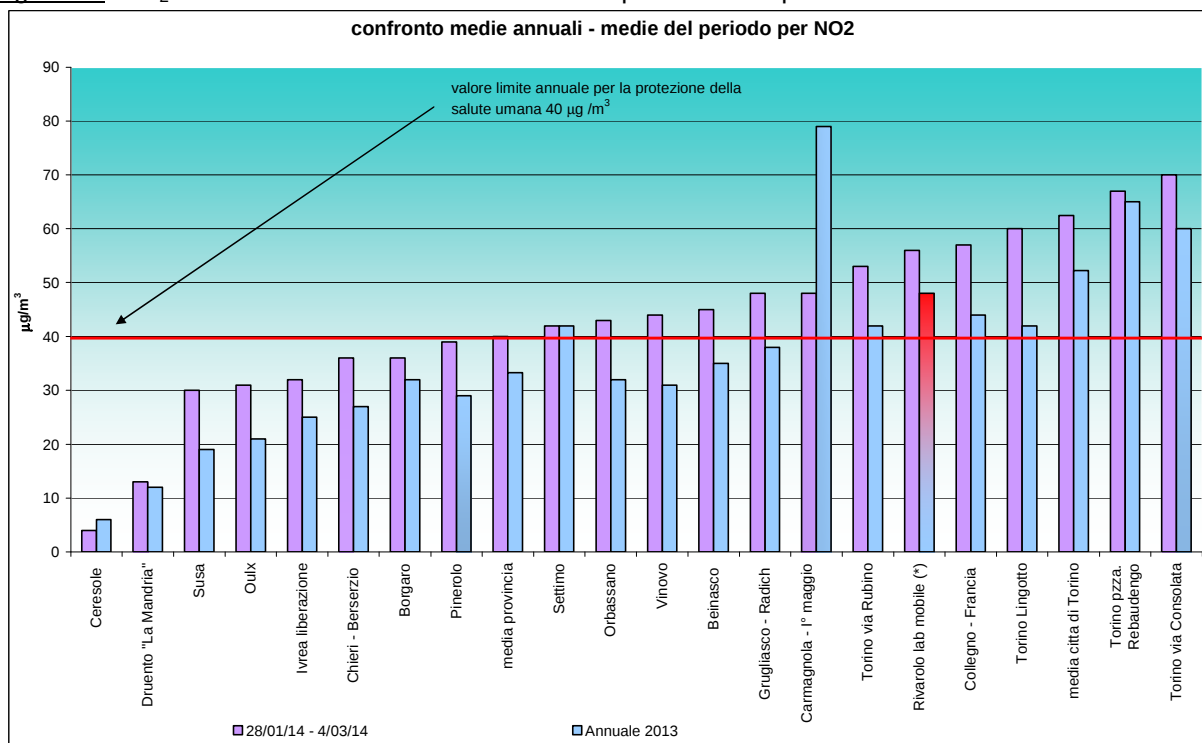


Figura 14: NO₂: confronto medie annuali e medie del periodo nella provincia di Torino



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 $1.7 \text{ mg}/\text{m}^3$ (Figura 15) e tale limite non è raggiunto neppure su base oraria (il massimo valore orario è pari a $2.3 \text{ mg}/\text{m}^3$).

La Figura 17 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)

Minima media giornaliera	0.9
Massima media giornaliera	1.4
Media delle medie giornaliere	1.0
Giorni validi	36
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	1.0
Massima media oraria	2.3
Ore valide	861
Percentuale ore valide	100%
Minimo delle medie 8 ore	0.7
Media delle medie 8 ore	1.0
Massimo delle medie 8 ore	1.7
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 15: CO: confronto con il limite di legge (media trascinata sulle 8 ore)

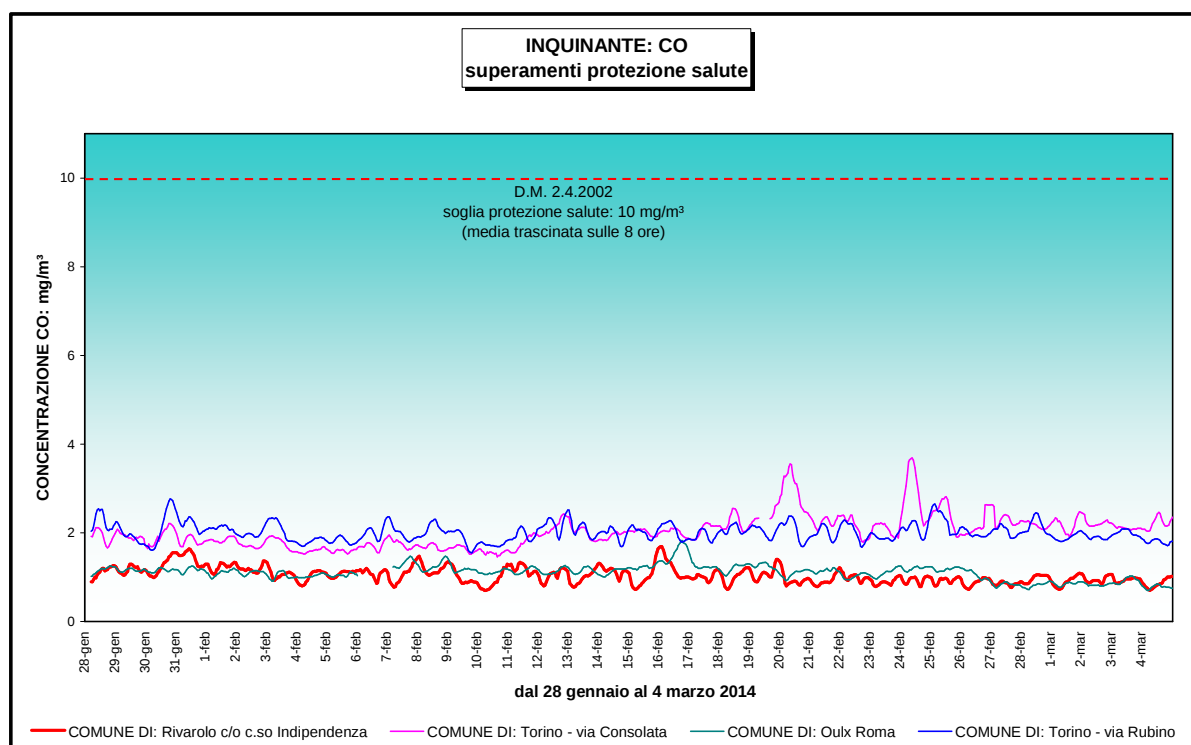


Figura 16: CO andamento medie orarie

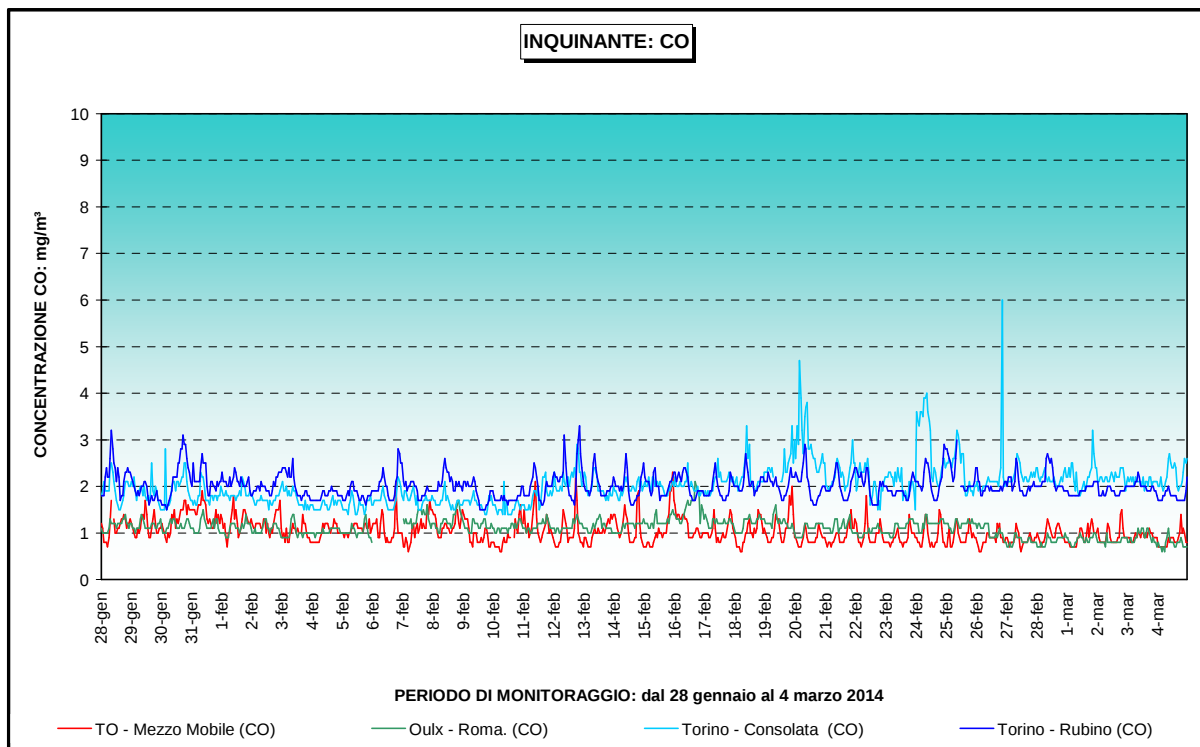
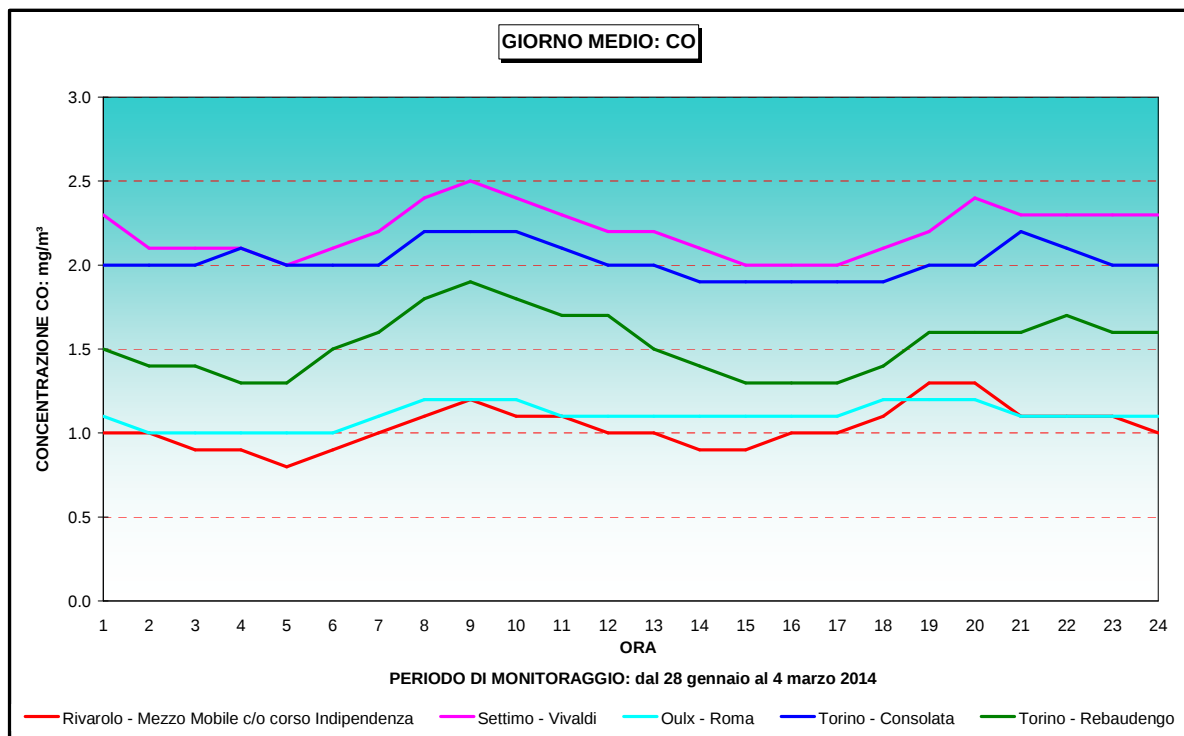


Figura 17: CO: andamento del giorno medio



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 $3.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come riportato in [Tabella 11](#): dalla [Figura 18](#) e dalla [Figura 19](#) 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 superiore sia a Borgaro che Vinovo. L'andamento del giorno medio è simile a quello del monossido di carbonio avendo i due inquinante 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 (traffico urbano).

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 $3.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, e un fattore ricavato come descritto nella nota.

Applicando tale procedimento, la media annuale stimata è pari a $2.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, (vedi [Figura 20](#)) valore inferiore al limite.

Analogamente al biossido d'azoto considerazioni più approfondite su questo inquinante. ed in particolare sul rispetto le valore limite annuale, potranno essere effettuate al termine della seconda campagna.

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 2013 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 campagne benzene Rivarolo

M_c : media anno stimata benzene Rivarolo

m_p : media periodo campagne benzene Provincia di Torino

M_p : media anno 2013 benzene Provincia di Torino

Per il toluene la massima media giornaliera è risultata essere di $5.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tabella 12), ben al di sotto del valore guida consigliato dall'OMS.

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

Minima media giornaliera	2.1
Massima media giornaliera	4.9
Media delle medie giornaliere	3.3
Giorni validi	26
Percentuale giorni validi	72%
Media dei valori orari	3.3
Massima media oraria	12.0
Ore valide	634
Percentuale ore valide	73%

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

Minima media giornaliera	1.7
Massima media giornaliera	5.6
Media delle medie giornaliere	3.2
Giorni validi	26
Percentuale giorni validi	72%
Media dei valori orari	3.2
Massima media oraria	35.3
Ore valide	633
Percentuale ore valide	73%

Figura 18: Benzene: andamento orario e confronto con i dati delle stazioni di Borgaro, Torino – Rebaudengo e Vinovo.

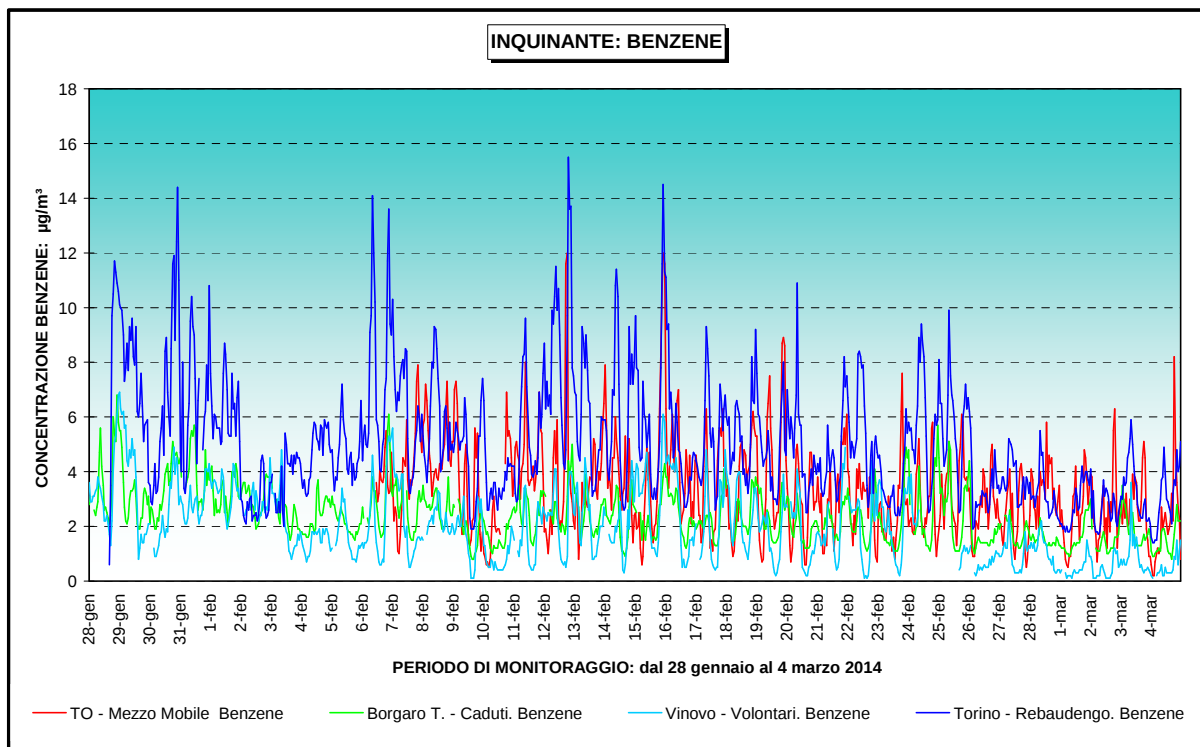


Figura 19: Benzene: giorno medio e confronto con i dati delle stazioni di Torino – Consolata, Torino – Rebaudengo, Borgaro e Vinovo.

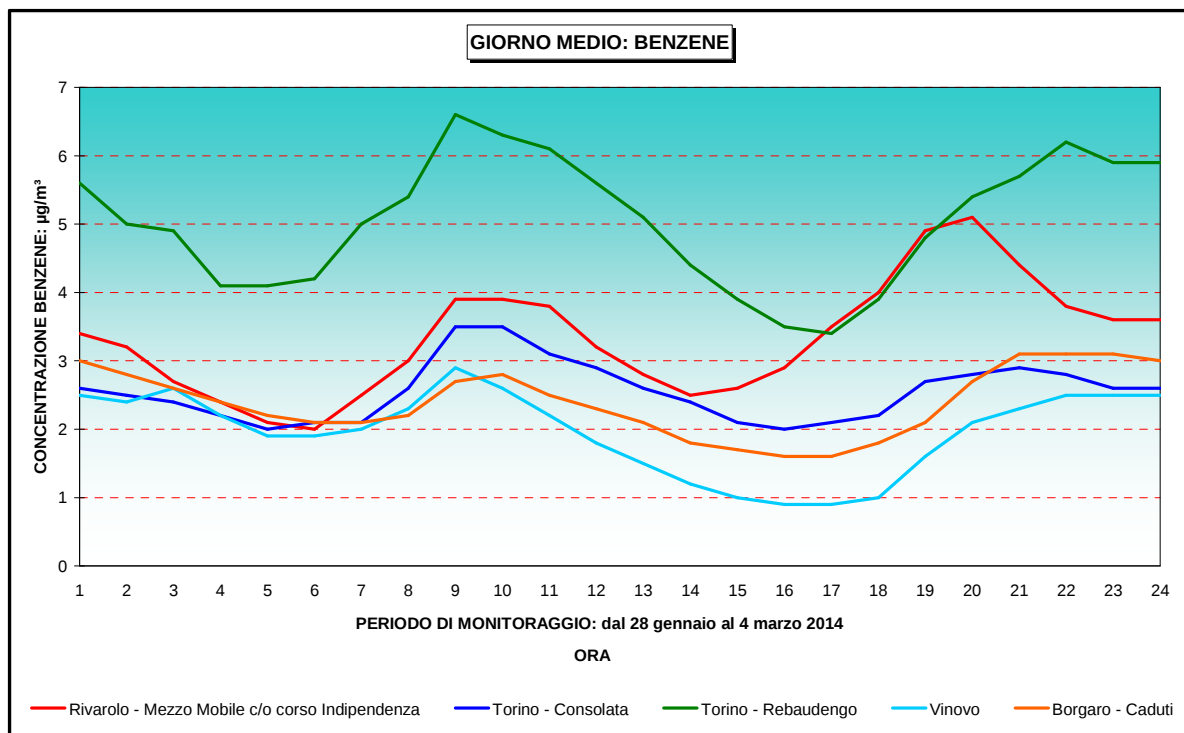
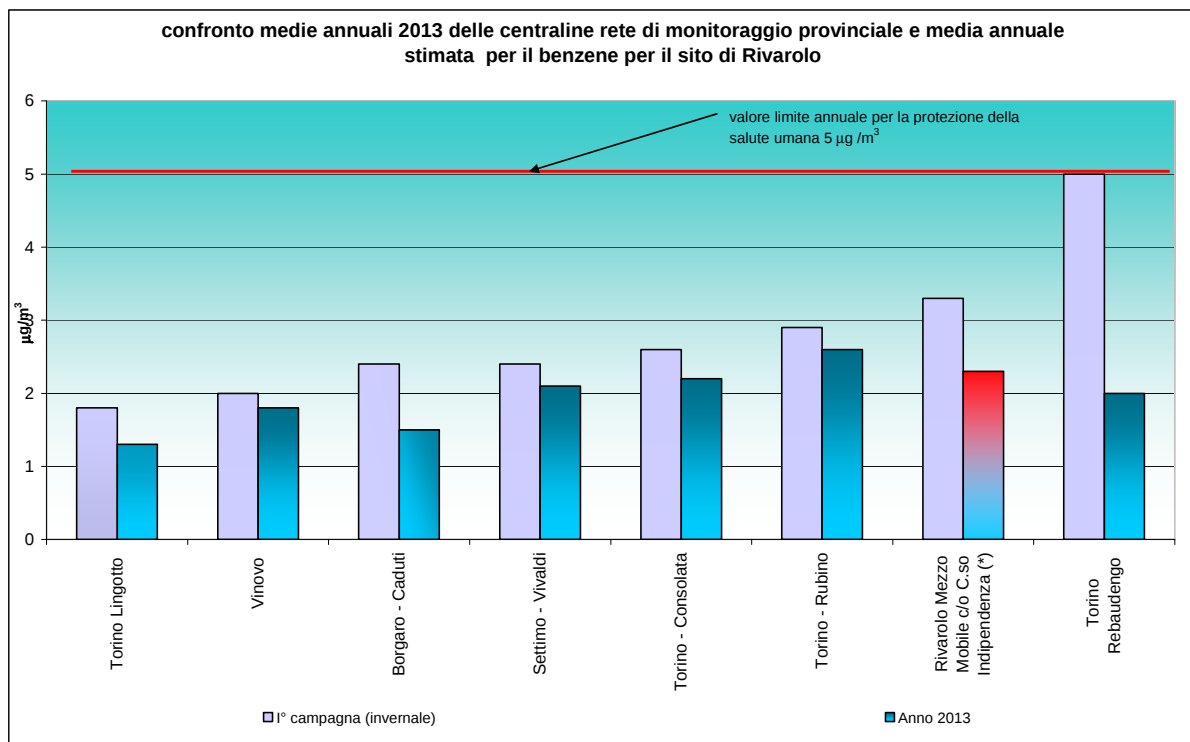


Figura 20: Benzene confronto media annuali 2013 e media del periodo.



Particolato Sospeso (PM₁₀) 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.

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 PM₁₀, 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 eseguito nel comune di Rivarolo C.se vi sono stati per il particolato PM₁₀ 5 superamenti del valore limite giornaliero di 50 µg/m³ su 36 giorni validi, pari al 14 % dei giorni validi, come indicato in [Tabella 13](#), in [Figura 21](#) e [Figura 26](#), 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 a parte le stazioni non interessate da traffico veicolare come la stazione di Druento “La Mandria”, posizionata all'interno del omonimo parco regionale o 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 26](#) 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 urbano (Torino Lingotto e TO Rubino) e quello di siti da traffico (Collegno) dell'area urbana torinese. Va comunque sottolineato che nel periodo considerato le condizioni di instabilità atmosferica e le abbondanti piogge hanno contribuito alla diminuzione delle polveri aerodisperse su tutto il territorio provinciale.

Il valore medio del periodo rilevato nel sito di Rivarolo è pari a 33 µg/m³ ([Tabella 15](#) e [Figura 24](#)). In termini puramente numerici tale valore è inferiore al valore limite previsto dalla normativa 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 35 µg/m³, (vedi [Figura 24](#)). Tale valore – trattandosi di una stima basata su una campagna caratterizzata da un meteorologia anomala per la stagione - non garantisce il rispetto del valore limite annuale e richiederà un approfondimento .

Nota

Si sono calcolate le medie delle concentrazioni del PM₁₀ 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 2013 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio della campagna a Rivarolo c/o c.so Indipendenza permette di ricavare la stima annuale:

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

dove

m_c : media periodo campagne PM₁₀ Rivarolo c/o c.so Indipendenza

M_c : media anno stimata PM₁₀ Rivarolo c/o c.so Indipendenza

m_p : media periodo campagne PM₁₀ Provincia di Torino

M_p : media anno 2013 PM₁₀ Provincia di Torino

La

[Figura 21](#) 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 Torino Lingotto o Borgaro T.se ; 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.

Anche in questo caso considerazioni più approfondite, in particolare sul rispetto del valore limite annuale, potranno essere effettuate al termine della seconda campagna estiva .

PM_{2.5}

Il parametro PM_{2.5} segue, come andamento temporale e valori medi di concentrazione giornaliera, il PM₁₀ (vedi [Figura 23](#)).

Il valore medio del periodo è 25 µg/m³. Dalla [Figura 22](#) e dalla [Figura 25](#) notiamo che, in termini relativi, i valori di PM_{2.5} nel sito di Rivarolo C.se sono risultati mediamente comparabili a quelle 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 misurata nel sito di Rivarolo C.se è uguale al valore limite previsto dalla normativa, pari a 25 µg /m³, che però va calcolato su base annuale; si è quindi proceduto analogamente al PM₁₀ alla stima del valore medio annuale, che risulta essere anch'essa di 25 µg /m³ (vedi [Tabella 16](#) e [Figura 25](#)) valore identico al limite fissato dal DLgs 155/2010.

Considerazioni più approfondite sul rispetto o meno di tale valore limite potranno essere effettuate, come per il PM₁₀, al termine della seconda campagna.

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)

Minima media giornaliera	12
Massima media giornaliera	67
Media delle medie giornaliere (b):	33
Giorni validi	36
Percentuale giorni validi	100%
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)</u>	5

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

Minima media giornaliera	10
Massima media giornaliera	53
Media delle medie giornaliere (b):	25
Giorni validi	36
Percentuale giorni validi	100%

Tabella 15: PM₁₀ (µg/m³) confronto numero di superamenti limite giornaliero, concentrazioni medie del periodo e anno 2013

	periodo 1° campagna (invernale)		anno 2013	
	media periodo [µg/m ³]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	media anno 2013 [µg/m ³]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)
Oulx - Roma. PM10	16	0	18	6
Druento - La Mandria. PM10	17	0	24	29
Susa - Repubblica. PM10	17	0	18	10
Ivrea - Liberazione. PM10	23	1	27	52
Collegno - Francia. PM10	32	5	36	83
Torino - Rubino. PM10	32	4	36	87
Torino - Lingotto. PM10	33	4	38	89
Borgaro T. - Caduti. PM10	33	2	35	75
TO - Mezzo Mobile . PM10 (*)	33	5	35	
Torino - Consolata. PM10	38	7	40	100
Settimo T. - Vivaldi. PM10	40	11	39	88
Carmagnola - I Maggio. PM10	46	14	42	109
Torino - Grassi. PM10	49	14	48	126

* = media annuale stimata

Tabella 16: : PM_{2.5} (µg /m³) confronto, concentrazioni medie del periodo e anno 2013

	periodo I° campagna (invernale)	anno 2013
	media periodo [µg/m ³]	media periodo [µg/m ³]
Borgaro T. - Caduti. PM2.5	29	28
Chieri - Bersezio. PM2.5	29	28
Ivrea - Liberazione. PM2.5	22	24
Settimo T. - Vivaldi. PM2.5	32	33
TO - Mezzo Mobile . PM2.5 (*)	25	25
Torino - Lingotto. PM2.5	28	29

Figura 21: Particolato sospeso PM₁₀: confronto con il limite giornaliero per la protezione della salute e con i dati di alcune stazioni della rete fissa

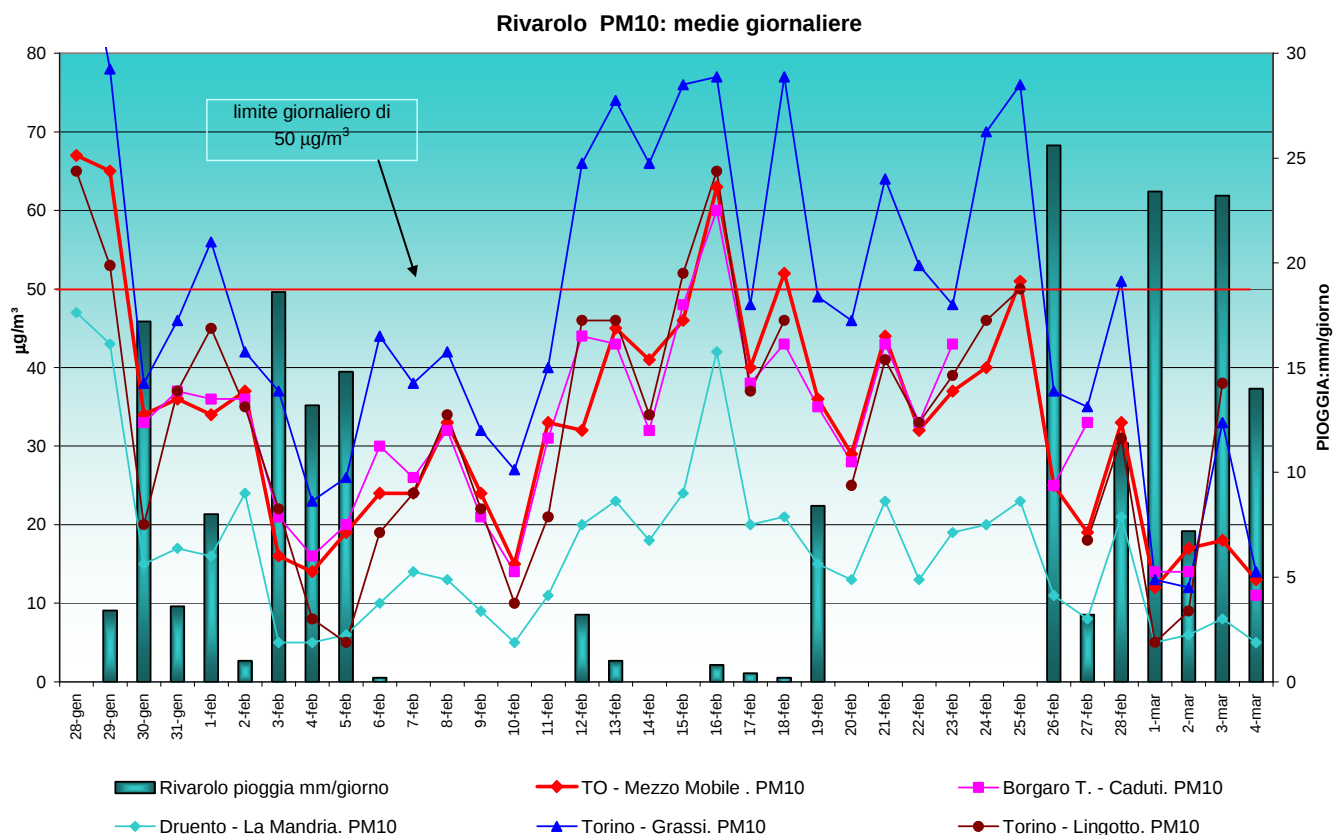


Figura 22: Particolato sospeso PM_{2.5}: confronto con i dati di alcune stazioni della rete fissa

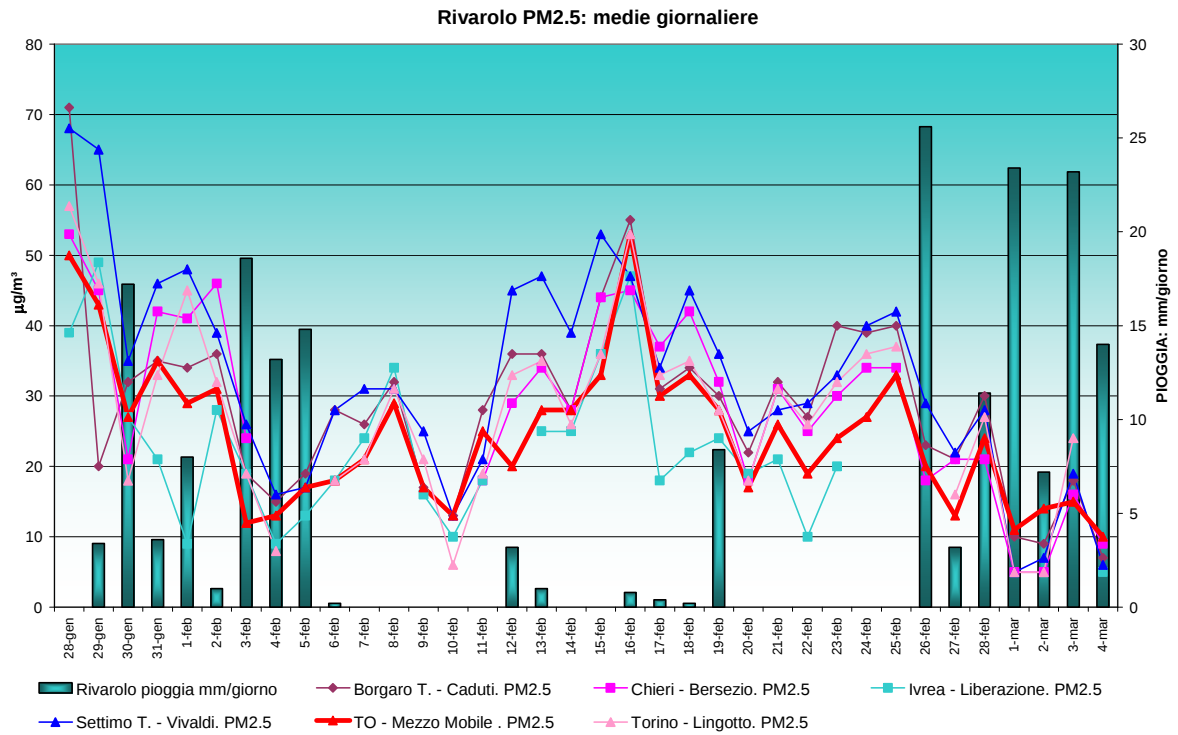


Figura 23: Particolato sospeso PM₁₀ e PM_{2.5}: confronto

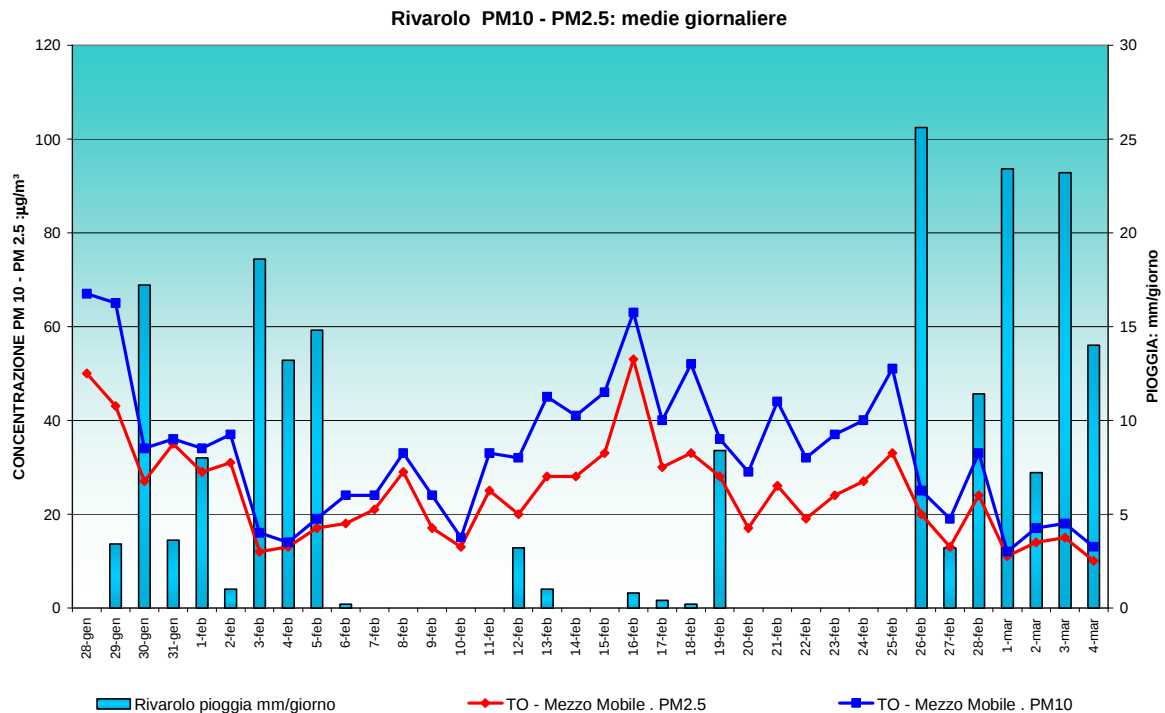


Figura 24: Particolato sospeso PM₁₀ confronto medie anno 2013 e medie del periodo nella provincia di Torino

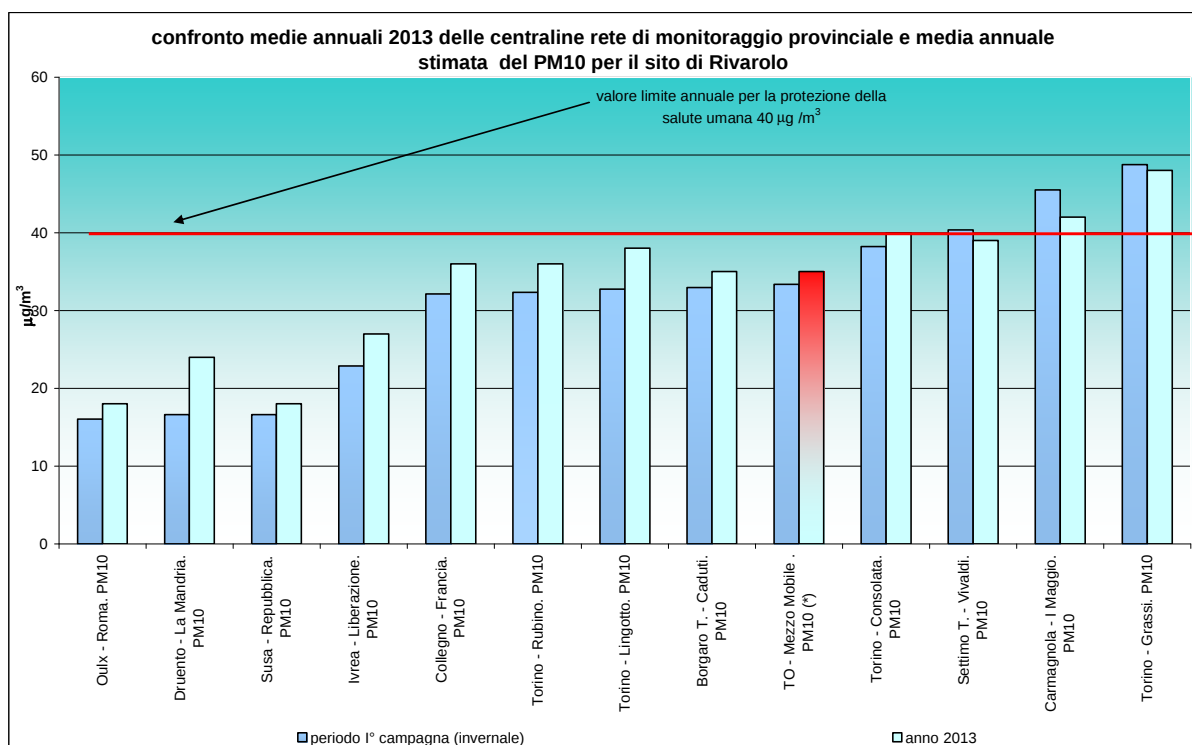


Figura 25: Particolato sospeso PM_{2.5} confronto medie anno 2013 e medie del periodo nella provincia di Torino

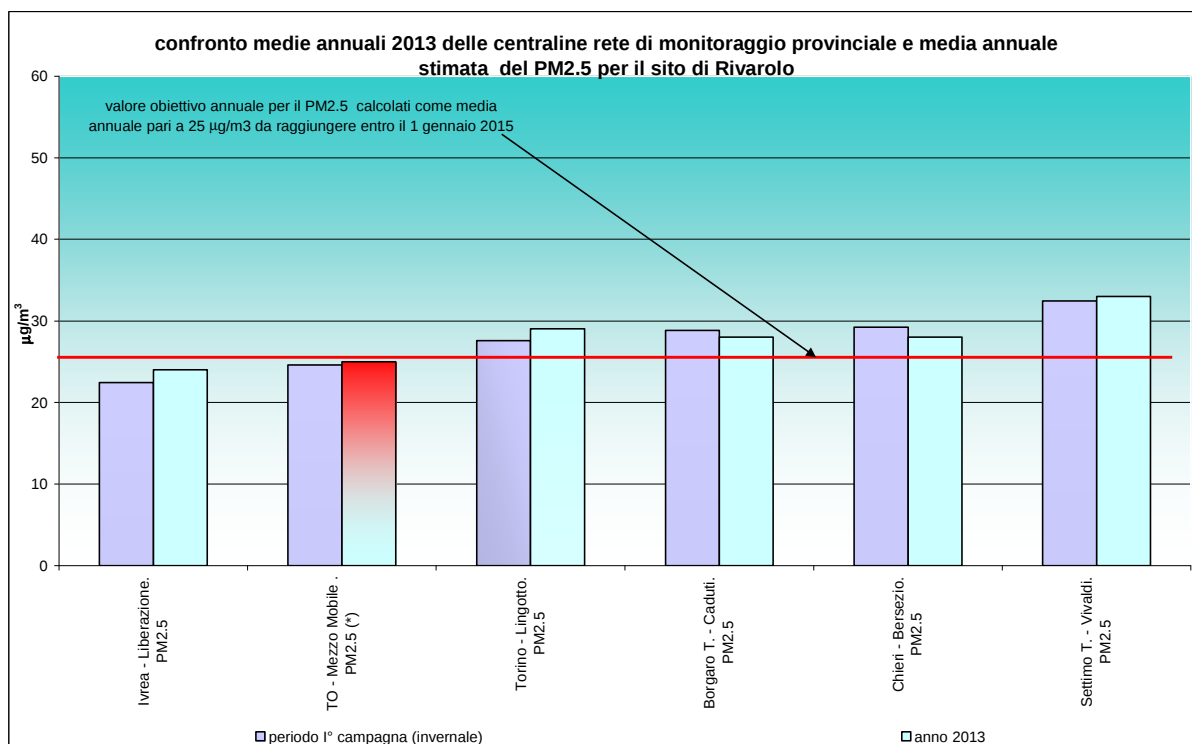
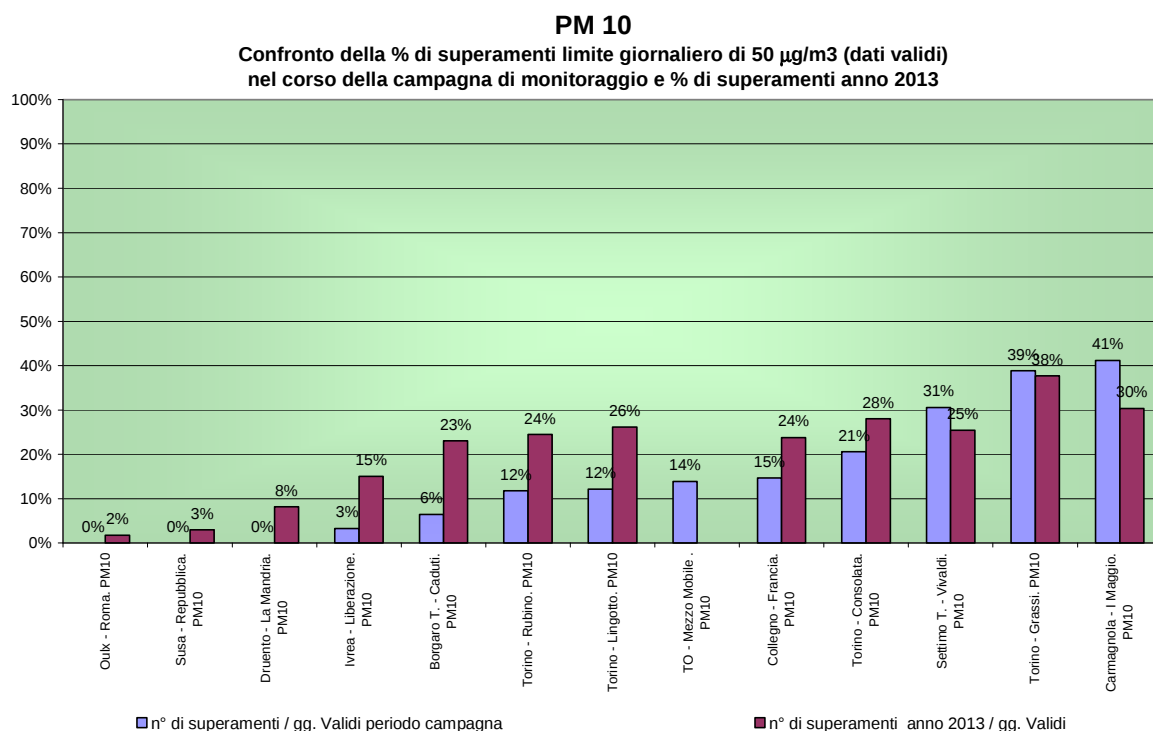
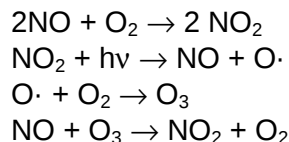


Figura 26: PM 10 Confronto della % di superamenti limite giornaliero di 50 µg/m³ (dati validi) nel corso della campagna di monitoraggio e % di superamenti anno 2013



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 campagne di monitoraggio effettuata nel periodo 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 17.

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



Figura 29 e Figura 309

Nel corso della campagna l'ozono non ha presentato superamenti dei limiti normativi , in quanto si tratta di un inquinante di origine fotochimica la cui criticità è limitata ai mesi caldi dell'anno. Considerazioni più approfondite su questo inquinante potranno essere effettuate la termine della seconda campagna estiva, la più critica per questo inquinante.

Tabella 17: Dati relativi all'ozono (O_3) ($\mu g/m^3$)

Minima media giornaliera	10
Massima media giornaliera	58
Media delle medie giornaliere	29
Giorni validi	36
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	29
Massima media oraria	93
Ore valide	860
Percentuale ore valide	100%
Minimo delle medie 8 ore	8
Media delle medie 8 ore	29
Massimo delle medie 8 ore	78
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 27: O₃: confronto con i limiti di legge

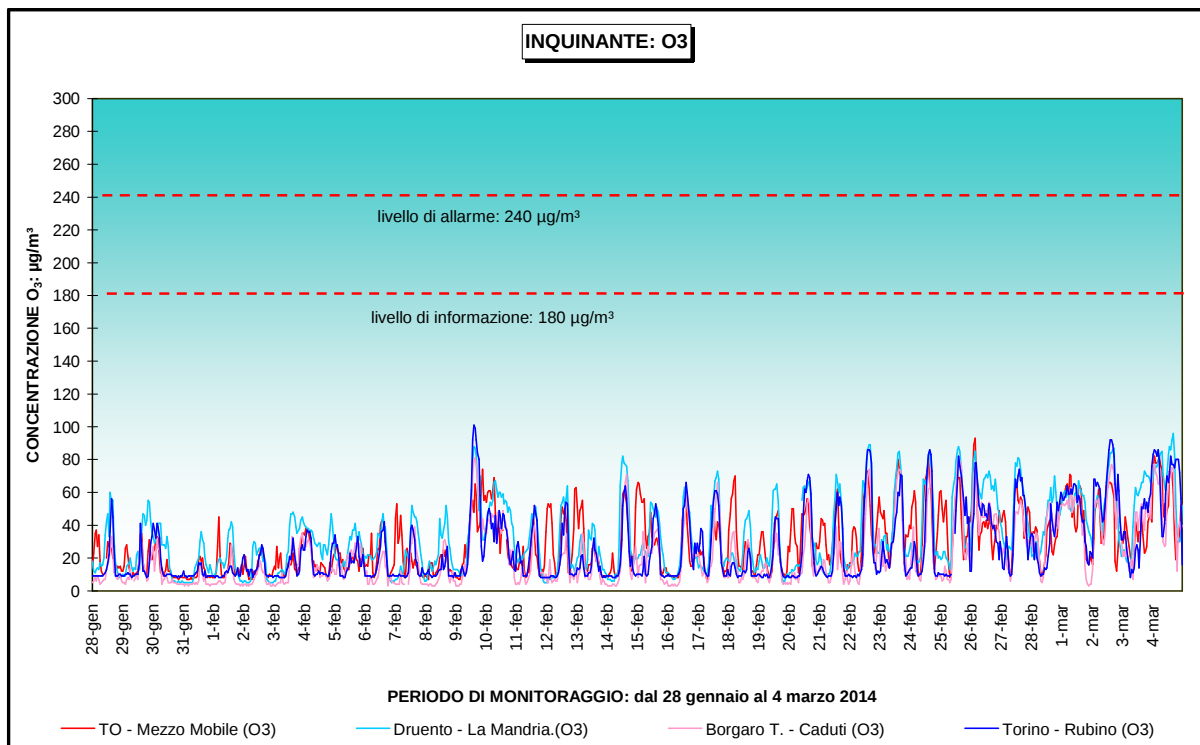


Figura 28: O₃ superamenti protezione della salute umana

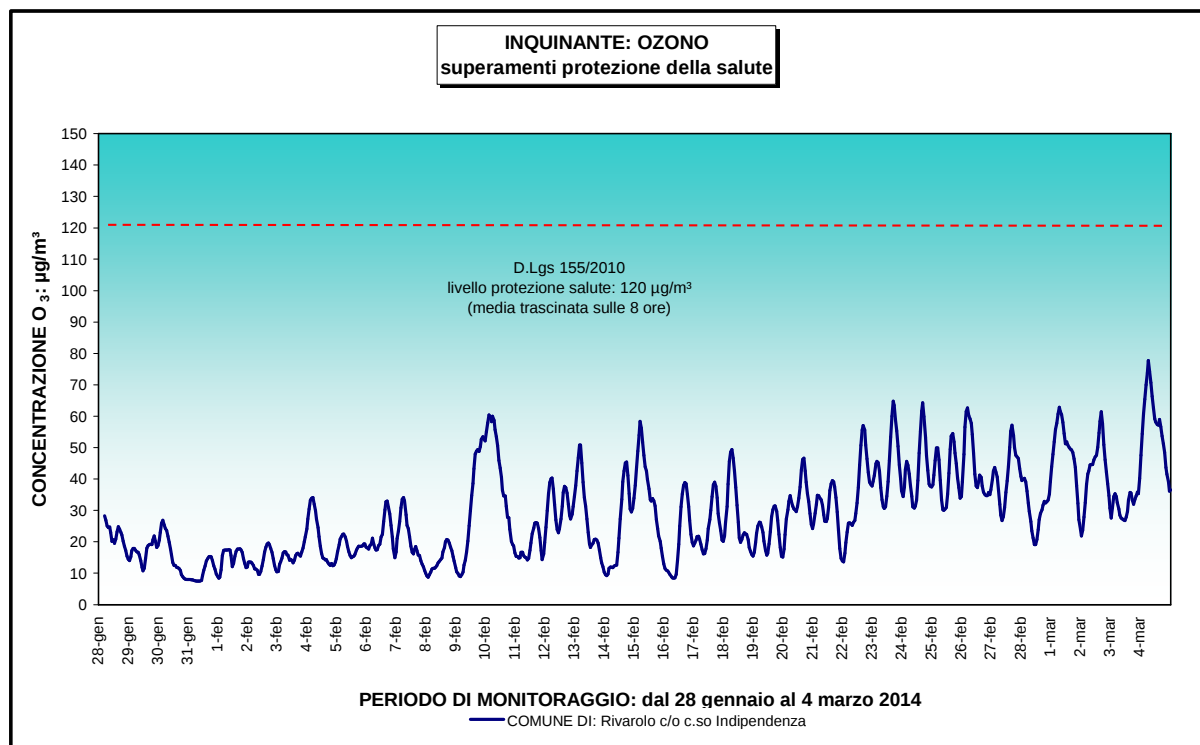


Figura 29: Ozono giorno medio

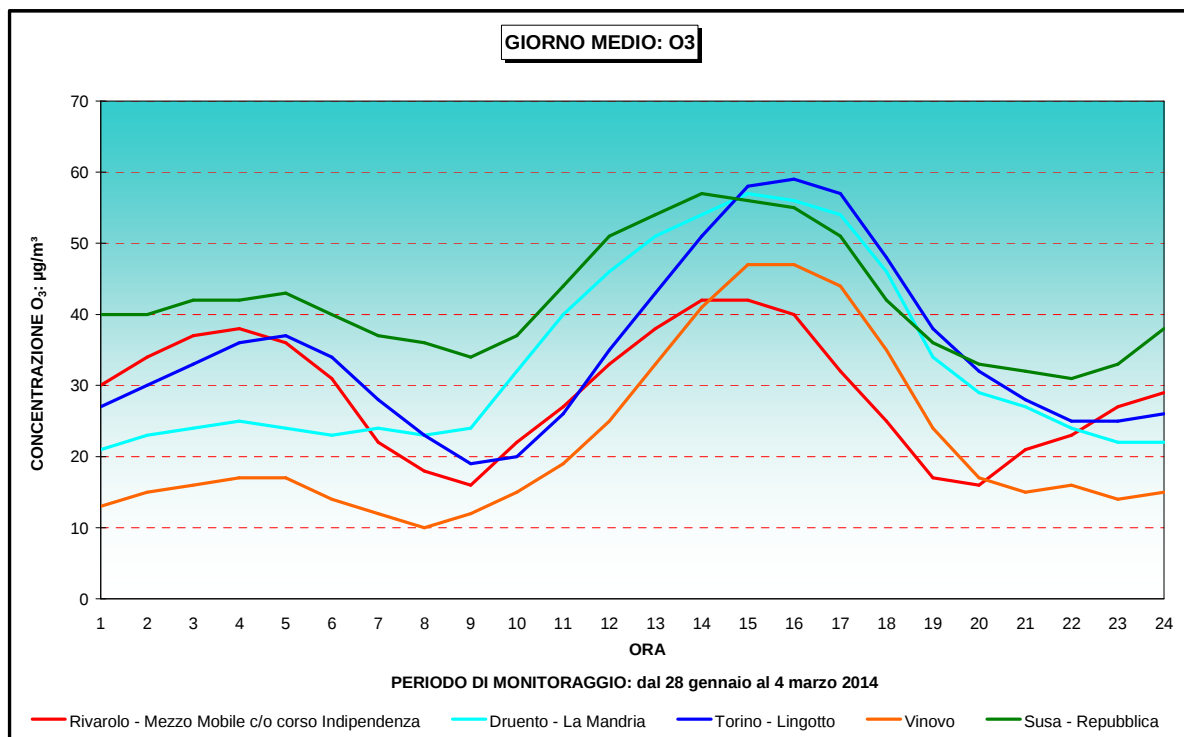
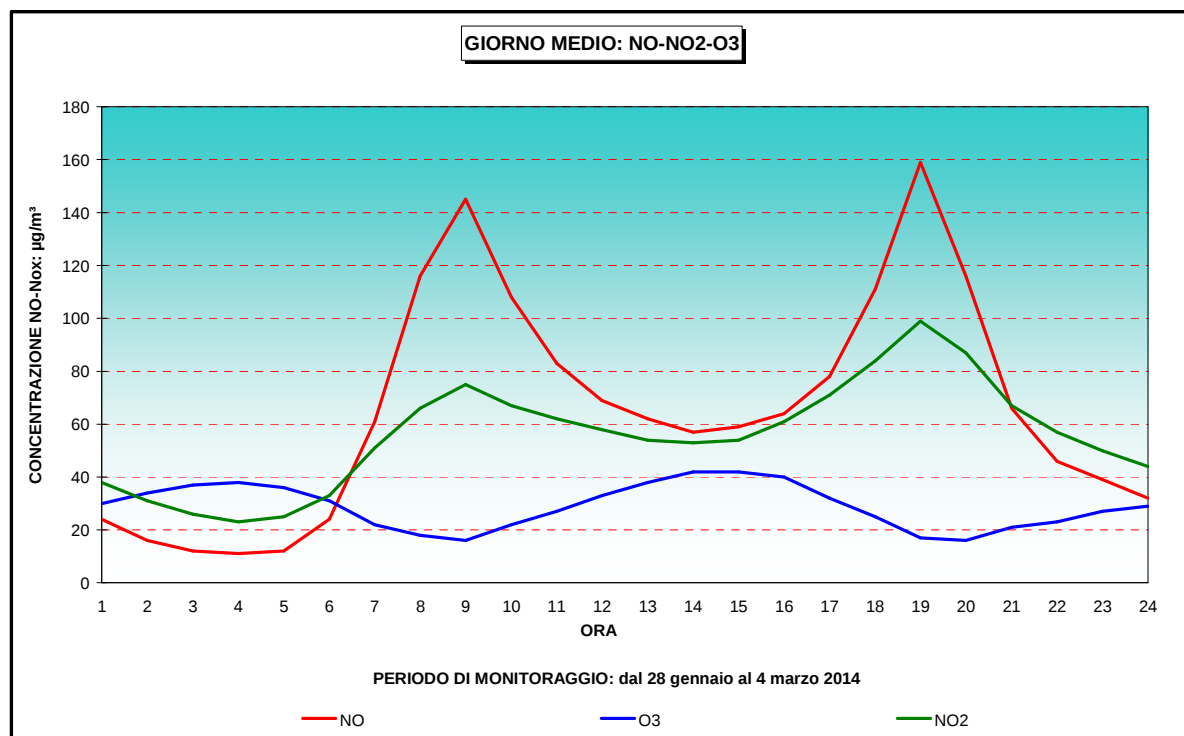


Figura 30: Ozono, NO, NO₂ confronto giorno medio



Conclusioni

Va innanzitutto premesso che la campagna si è svolta in un periodo particolarmente piovoso e quindi anomalo rispetto alle condizioni tipiche stagionali¹. Questo fenomeno non inficia la possibilità del confronto del sito di Rivarolo C.se con le stazioni fisse della rete provinciale - e quindi l'inquadramento in termini relativi del sito stesso in un contesto più ampio - in quanto l'anomalia meteorologica ha interessato l'intero territorio della provincia di Torino. D'altro canto il fenomeno in questione ha certamente comportato un abbattimento delle concentrazioni assolute degli inquinanti, in particolare di quelli che presentano maggiori criticità nei mesi freddi (PM₁₀, PM_{2.5} e biossido di azoto). Di conseguenza il Dipartimento scrivente valuterà con l'Amministrazione Comunale la possibilità di ripetere la prima campagna durante il prossimo inverno, compatibilmente con la propria programmazione, finalizzata a fornire il servizio a tutte le Amministrazioni che ne fanno richiesta.

Venendo alla valutazione dei dati, i valori rilevati nel corso della campagna di monitoraggio mediante la stazione mobile nel sito di Rivarolo C.se sono in generale comparabili a quelli misurati in siti simili della provincia di Torino.

Le soglie di allarme non sono mai state superate per tutti e tre gli inquinanti (biossido di zolfo, biossido di azoto e ozono), 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, monossido di carbonio e ozono. In quest'ultimo caso va però considerato che, a differenza degli altri inquinanti, l'ozono presenta una maggiore criticità nei mesi caldi dell'anno, per cui una valutazione su questo inquinante potrà esser effettuata solo dopo la seconda campagna, prevista nel periodo estivo.

Il PM₁₀ ha invece presentato 5 giorni di superamento (pari al 14 %, 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. Dal confronto con il numero di superamenti annui rilevati nel 2013 nelle stazioni fisse che presentano andamenti del PM₁₀ analoghi a quelli del sito di Rivarolo C.se è presumibile che se si effettuasse un monitoraggio esteso all'intero anno anche in questo sito il numero massimo di giorni ammessi sarebbe superato, come peraltro accade in tutto il territorio provinciale di pianura.

Si sottolinea che il monossido di azoto, per il quale la normativa non prevede valori di riferimento, presenta nel sito di Rivarolo C.se valori relativamente elevati se confrontati con il contesto provinciale. In misura minore un fenomeno analogo si evidenzia per il biossido di azoto, pur nel rispetto del valore limite orario previsto per questo inquinante. Poiché l'analisi di dettaglio dei dati di questi due inquinanti fa presumere una correlazione significativa con il traffico autoveicolare, sarà cura del Dipartimento scrivente verificare con l'Amministrazione Comunale la possibilità - nel corso della seconda campagna estiva e dell'eventuale ripetizione della campagna invernale - di installare presso il sito di posizionamento del laboratorio mobile il contatraffico in dotazione.

Per quanto riguarda i valori di riferimento di lungo periodo, sulla base dei dati della prima campagna è ipotizzabile un rispetto del valore limite annuale per il benzene e un superamento per il biossido di azoto. Nel caso di PM₁₀ e PM_{2.5} la stima della concentrazione media annuale è invece, rispettivamente, inferiore e pari al valore limite. Trattandosi però in tutti i casi di stime basate su una campagna caratterizzata, come già evidenziato, da una meteorologia anomala, una valutazione accurata richiederà un ampliamento della base dati che potrà essere effettuato dopo la seconda campagna e eventualmente con la ripetizione della campagna invernale.

¹ A titolo esemplificativo si consideri che nell'area urbana torinese la quantità di pioggia caduta nel febbraio 2013 è risultata circa il doppio della quantità caduta in media nello stesso mese durante il decennio precedente



Si evidenzia infine che sui campioni di PM_{10} raccolti nel corso della prima e della seconda campagna – come pure nell'eventuale ripetizione della prima campagna - sarà effettuata la determinazione di laboratorio degli idrocarburi policiclici aromatici, che sono prodotti sia dagli autoveicoli alimentati a gasolio che dalla combustione di biomasse . I relativi risultati saranno riportati e commentati nella relazione finale.

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

Gascromatografo 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;