

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 IV e V CAMPAGNA (26 febbraio – 18 marzo 2016 e 7-26 giugno 2017)



Redazione	Funzione: Tecnico SS Attività Produzione	Data: 06.07.2018	Firma: 
	Nome: Annalisa Bruno		
Verifica e Approvazione	Funzione: dirigente con incarico professionale presso la SS di produzione	06.07.2018	Firma: 
	Nome: Francesco Lollobrigida		

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 Elisa Calderaro, sig.ra. Maria Leogrande, d.ssa Laura Milizia, d.ssa Marilena Maringo, sig. Francesco Romeo, ing. Milena Sacco, d.ssa. Claudia Strumia, 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.

INDICE

CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO	4
<i>L'aria e i suoi inquinanti</i>	<i>5</i>
Il Laboratorio Mobile	7
Il quadro normativo	7
LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO	10
Obiettivi della campagna di monitoraggio	11
Elaborazione dei dati meteorologici	15
Elaborazione dei dati relativi agli inquinanti atmosferici	23
Biossido di zolfo	24
Ossidi d'azoto.....	27
Monossido di carbonio.....	33
Benzene e toluene	36
Particolato sospeso (PM10 e PM2.5)	41
Ozono	50
Idrocarburi Policiclici Aromatici.....	54
Metalli.....	60
CONCLUSIONI	62
APPENDICE – SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI	63

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.

Oggigiorno 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 appartengono gli inquinanti emessi direttamente da sorgenti specifiche (inquinanti primari), al secondo gruppo 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 siti 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 2014", elaborata congiuntamente dalla Provincia di Torino e da Arpa Piemonte, e disponibile presso ARPA Piemonte e Provincia di Torino.

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 primarie
 = fonti secondarie

IL LABORATORIO MOBILE

Il controllo dell'inquinamento atmosferico nel territorio della Città Metropolitana di Torino 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 di Arpa Piemonte.

Il laboratorio mobile della Provincia 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 PM2.5, la cui concentrazione è determinata in laboratorio per via gravimetrica.

IL QUADRO NORMATIVO

La normativa italiana in materia di qualità dell'aria impone dei limiti per quegli inquinanti che risultano essere quantitativamente più rilevanti dal punto di vista sanitario e ambientale.

La normativa quadro è rappresentata dal D.Lgs. 155/2010 che ha abrogato e sostituito le normative precedenti senza però modificare i valori numerici dei limiti di riferimento degli inquinanti già normati, i limiti di legge possono essere classificati in tre tipologie:

- **valore limite annuale** per gli inquinanti biossido di zolfo (SO₂), ossidi di azoto (NO_x), materiale particolato PM10 e PM2.5, 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.

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 **D.Lgs. 155/2010** ha inoltre inserito nuovi indicatori relativi al PM2.5 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 20 µg/m³ da raggiungere entro il 1 gennaio 2020.

La normativa prevede inoltre per il PM2.5 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. 155/2010). Questi due ultimi indicatori esulano quindi dall'ambito della presente relazione.

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 2014".

Tabella 2 – Valori limite per alcuni inquinanti atmosferici.

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)			
	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 (PM10)	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
BENZENE	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	5 µg/m ³	---	1-gen-2010

Tabella 3 – Valori limite per ozono e benzo(a)pirene.

INQUINANTE	LIMITE	PARAMETRO	VALORE DI RIFERIMENTO	SUPERAMENTI CONCESSI	DATA PER IL RISPETTO DEL LIMITE
OZONO (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 QUALITÀ	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 4 – Valori obiettivo per arsenico, cadmio e nichel (D.Lgs. 13/08/2010 n.155).

INQUINANTE	VALORI OBIETTIVO ⁽¹⁾
Arsenico	6.0 ng/m ³
Cadmio	5.0 ng/m ³
Nichel	20.0 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.

LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO

OBIETTIVI DELLA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO

La IV e la V campagna di monitoraggio condotta nel Comune di Rivarolo C.se da Arpa Piemonte - Dipartimento Territoriale Piemonte Nord Ovest, sono state effettuate per rilevare la qualità dell'aria nel territorio comunale anche in relazione al contributo emissivo della centrale a biomasse (cippato di legno) della ditta SIPEA, ubicata in via Montenero, a poche centinaia di metri dal centro cittadino.

Nel comune di Rivarolo Arpa Piemonte ha già svolto 3 campagne di misura con il laboratorio mobile per il rilevamento della qualità dell'aria. Durante le prime due campagne, effettuate nel 2014, il mezzo mobile è stato collocato lungo l'arteria principale del paese, nei pressi della rotonda tra corso Indipendenza e corso Italia. Trattandosi di un sito di traffico i risultati hanno fornito la descrizione dello stato di qualità dell'aria che sussiste nelle immediate adiacenze di corsi ad elevato flusso veicolare, ma non necessariamente rappresentativo della situazione di fondo nel contesto urbano.

In occasione della terza campagna di monitoraggio – inverno 2015 - è stato quindi deciso, in accordo con l'Amministrazione Comunale (protocollo Arpa n° 1143 del 09/01/2014), di monitorare con l'uso del laboratorio mobile la qualità dell'aria di un'area a carattere residenziale abitativo, esente dagli apporti immediati del traffico e rappresentativa di una situazione d'inquinamento “di fondo” del territorio comunale. Il sito individuato come idoneo al posizionamento della stazione mobile è risultato il cortile dell'ex scuola elementare (non più in uso dal settembre 2015), situata in via Roma, 1.

L'amministrazione ha fatto quindi richiesta di svolgere ulteriori due campagne di misura nel nuovo sito di monitoraggio: una nuova campagna invernale - la quarta i cui dati sono già stati presentati nella precedente relazione di dicembre 2016 - e una campagna estiva – la quinta - che si è svolta dal 7 al 26 giugno 2017: entrambe le campagne saranno oggetto della presente relazione riassuntiva. Lo schema delle campagne svolte nel comune di Rivarolo Canavese è riassunto nella Tabella 5.

Tabella 5 – Specifiche del nuovo sito di misura di Rivarolo Canavese

MEZZO DI MISURA	PERIODO	INDIRIZZO	Coordinate UTM (S.R. WGS84)	
Laboratorio mobile per la qualità dell'aria di Arpa Piemonte	• I CAMPAGNA 28 gen – 4 mar 2014 • II CAMPAGNA 6 ago – 16 set 2014	Corso indipendenza angolo corso Italia Rivarolo Canavese	EST: 399893	NORD: 5020791
Laboratorio mobile per la qualità dell'aria di Arpa Piemonte	• III CAMPAGNA 15 gen – 15 feb 2015 • IV CAMPAGNA 26 feb– 18 mar 2016 • V CAMPAGNA 7-26 giugno 2017	Scuola Elementare Via Roma 1 Rivarolo Canavese	EST: 399771	NORD: 5020468

La V ed ultima campagna, come accennato, si è svolta nel periodo estivo e precisamente dal 7 al 26 giugno 2017. Si rammenta tuttavia che nelle elaborazioni svolte non vi è corrispondenza con le date di posizionamento e spostamento del mezzo, perché in fase di studio è necessario considerare solo i giorni di campionamento completi, escludendo quelli di installazione e disinstallazione. Il periodo effettivo di studio va quindi dall'8 al 25 giugno.

Nelle Figure 1 e 2 è riportata sulle cartografie del Comune di Rivarolo l'ubicazione del sito nel quale è stato posizionato il Laboratorio Mobile nel corso delle cinque campagne di monitoraggio. Nella Figura 3 è stato evidenziato il particolare cartografico del sito delle campagne di misura III, IV e V. La Figura 4 e la Figura 5 rappresentano due foto del laboratorio mobile nel punto di misura in via Roma, 1 nel cortile dell'ex scuola elementare.

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.

Va sottolineato inoltre 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.

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 della Città Metropolitana di Torino.

Figura 1 – Ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Rivarolo Canavese – campagne 2014 e 2015-2017.



Figura 2 – Dettaglio del sito di campionamento della IV e della V campagna.



Figura 3 – Foto del sito di campionamento della IV e della V campagna.



Figura 4 – Foto del sito di campionamento della IV e della V campagna.



ELABORAZIONE DEI DATI METEOROLOGICI

Nelle pagine successive vengono presentate le elaborazioni statistiche e grafiche relative ai dati meteoroclimatici registrati durante le due campagne di monitoraggio, invernale (febbraio-marzo 2016) e estiva (7-26 giugno 2017). 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 meteoroclimatici 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

Gli indici statistici dei parametri meteo sono riassunti nella Tabella 6. Si fa notare che durante la campagna di misura invernale per la radiazione solare e la pioggia si ha a disposizione un periodo di monitoraggio inferiore a quello complessivo della campagna; per problemi tecnici infatti il sensore per la misura della radiazione solare e il pluviometro hanno cominciato a fornire valori corretti solo il 2 marzo 2016, quindi il periodo di dati validi va dal 2 al 17 marzo 2016.

Tabella 6: - Dati relativi ai parametri meteorologici nel corso della campagna di monitoraggio

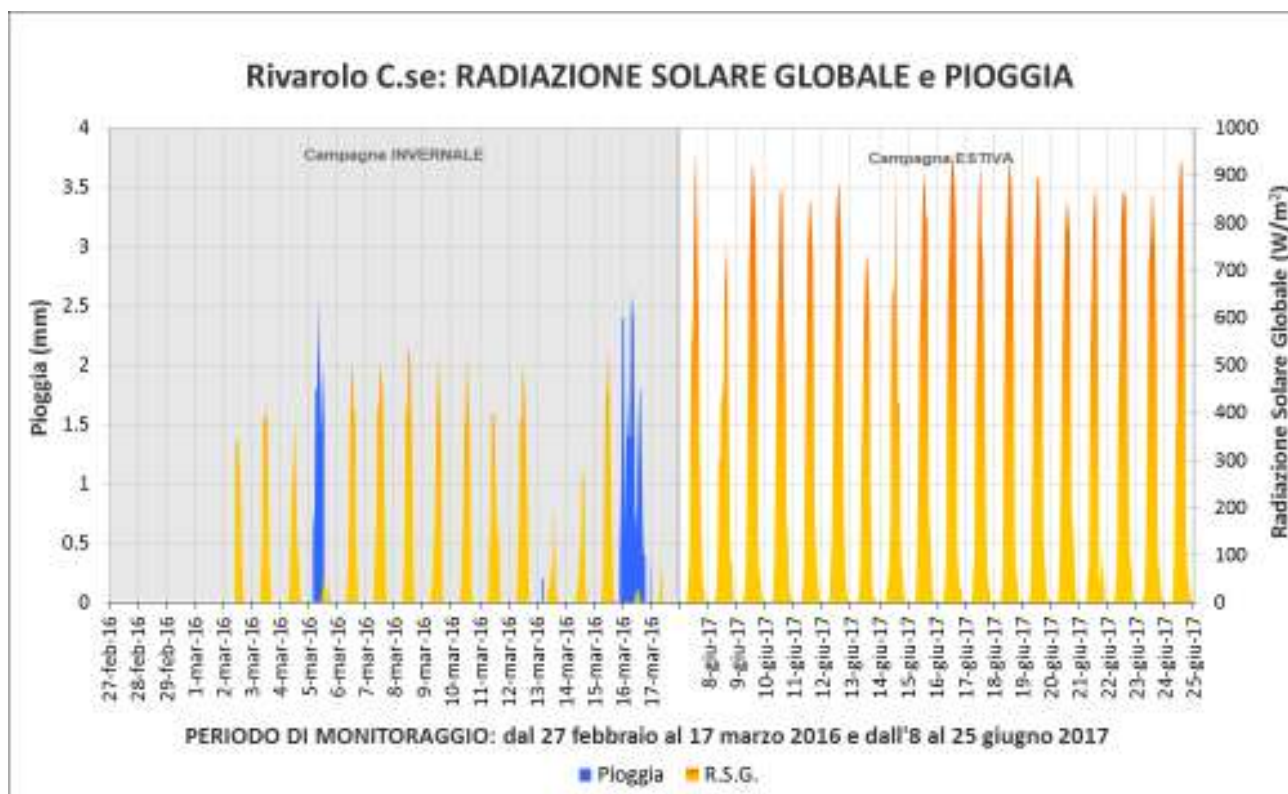
PARAMETRI METEO	RADIAZIONE SOLARE GLOBALE		TEMPERATURA		UMIDITÀ RELATIVA		PRESSIONE ATMOSFERICA		VELOCITÀ VENTO		PIOGGIA	
U.M.	W/m ²		°C		%		hPa		m/s		mm	
	Inv.	Est.	Inv.	Est.	Inv.	Est.	Inv.	Est.	Inv.	Est.	Inv.	Est.
Minima media giornaliera	3.9	215	2.6	19	36	45	963	976	0.3	0.3	0	0
Massima media giornaliera	132	300	11	28	93	73	990	985	1.1	0.6	1.2	0
Media delle medie giornaliere	78	268	6.8	25	64	58	974	981	0.5	0.5	0.1	0
Giorni validi	15	18	20	18	20	18	19	18	19	18	17	18
Percentuale giorni validi	75%	100%	100%	100%	100%	100%	95%	100%	95%	100%	85%	100%
Media dei valori orari	80	268	6.8	25	64	58	974	981	0.5	0.5	0.1	0
Massima media oraria	542	950	17	34	100	96	992	987	2.4	1.1	2.6	0
Ore valide	373	432	480	432	480	432	456	432	441	402	408	432
Percentuale ore valide	78%	100%	100%	100%	100%	100%	95%	100%	92%	93%	85%	100%

La Figura 5 mostra l'andamento della radiazione solare globale (R.S.G.) e delle precipitazioni nel corso delle due campagne di monitoraggio. Si ricorda, tuttavia, che per la prima parte della campagna invernale, a causa di un malfunzionamento strumentale non si hanno a disposizione i dati di irraggiamento e pioggia.

In inverno la durata e l'intensità dell'irraggiamento sono quelli tipici del periodo, con massimi orari intorno ai 3-400 W/m² nelle ore più calde della giornata. Durante la campagna invernale sono caduti nell'insieme 50 mm di pioggia, concentrati prevalentemente il 5 marzo (17 mm) e il 16 marzo (29 mm). La media è di 3.1 mm di pioggia al giorno, lo stesso valore riscontrato durante la precedente campagna invernale (gennaio - febbraio 2015). Sono stati invece molto piovosi i primi giorni della campagna quando il pluviometro del laboratorio mobile purtroppo non ha funzionato; dal 27 al 29 febbraio la stazione di Torino Caselle ha registrato quasi 80 mm di pioggia in soli tre giorni. Occorrerà quindi tenerne conto durante l'analisi degli andamenti degli inquinanti chimici.

A giugno 2017 nei giorni della campagna di misura invece non è mai piovuto e la radiazione solare si è mantenuta costante per tutto il periodo di campionamento con massimi intorno agli 8-900 W/m², in linea con il periodo e le stazioni di misura fisse della rete meteoidrografica di Arpa Piemonte. D'altronde il 2017 è stato un anno molto secco in tutto il Piemonte, il 4° meno piovoso degli ultimi 60 anni; in media sono caduti il 30% in meno di millimetri di pioggia rispetto alla norma dei decenni passati. Come vedremo più avanti nell'analisi dei dati, l'assenza di precipitazioni ha avuto un effetto negativo sulle concentrazioni di polveri sottili, che sono risultate relativamente alte per il periodo, soprattutto in relazione ai dati della campagna realizzata a fine inverno 2016.

Figura 5 – Andamento di radiazione solare e pioggia nel sito di misura



Durante la prima campagna di misura il campo pressorio si è attestato in media sui 974 hPa. La pressione è stata più bassa nella parte centrale della campagna di misura quando maggiore è stata la stabilità atmosferica e si sono verificate alcune giornate nebbiose (6-7 marzo). Nella campagna estiva del 2017 la media dei valori giornalieri di pressione atmosferica è stata di 981 hPa, rimanendo

pressoché costante per tutto il periodo di misura, fatte salve le consuete oscillazioni giornaliere. (Figura 6).

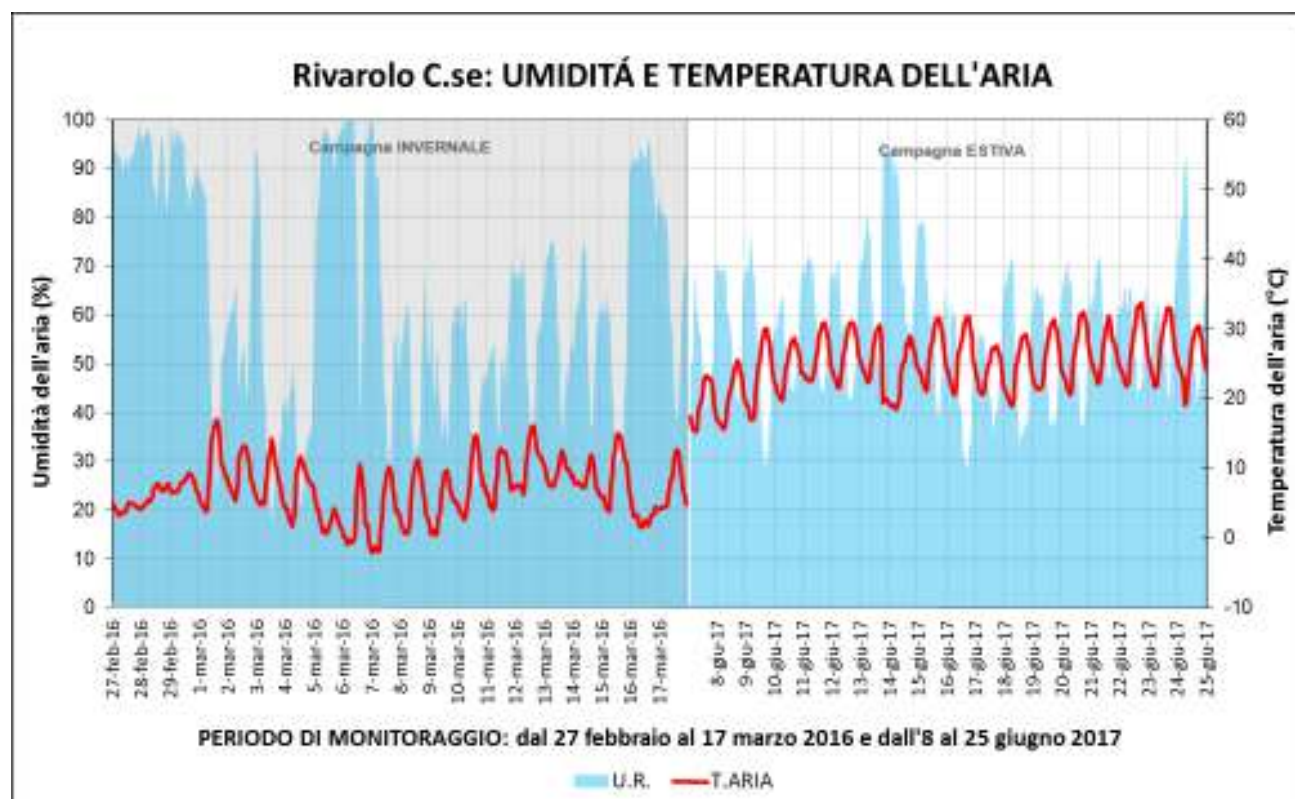
Figura 6 – Andamento della pressione atmosferica nel sito di misura.



La temperatura media durante il periodo di misura invernale è stata di 6.8 °C, il valore minimo di -2°C è stato registrato il 7 marzo 2016; la temperatura massima è stata raggiunta il 1 marzo con 17°C. Dall'8 al 25 giugno 2017 la temperatura media è stata di ben 25 °C con valori minimi e massimi non troppo distanti (19 °C e 28°C), in linea con quanto registrato dalle stazioni fisse della rete meteoroidrografica. In generale il mese di giugno è stato molto caldo in tutto il Piemonte, uno dei più caldi degli ultimi decenni, con una temperatura media mensile superiore di 3.7 °C rispetto alla media del periodo 1971-2000.

L'umidità relativa media si è attestata intorno al 64% durante la campagna invernale, più bassa invece nella campagna di giugno 2017 (58%) che, come già detto, si è svolta in un periodo estremamente secco. Nella campagna estiva in assenza di fenomeni piovosi più o meno intensi, è ben visibile l'andamento ciclico giornaliero dell'umidità relativa, con valori più alti di notte e più bassi di giorno, in corrispondenza delle temperature massime giornaliere. Durante gli eventi piovosi più o meno intensi l'andamento tipico dell'umidità viene meno e anche di giorno la percentuale di umidità rimane elevata a causa delle precipitazioni, come si è verificato a Rivarolo nei giorni 16 e 17 marzo 2016 (Figura 7). Il grafico infine evidenzia, soprattutto nel periodo estivo di misura, i tipici andamenti inversi di umidità relativa e temperatura, indici di una notevole stabilità atmosferica durante la campagna di monitoraggio.

Figura 7 – Andamento di temperatura e umidità relativa nel sito di misura



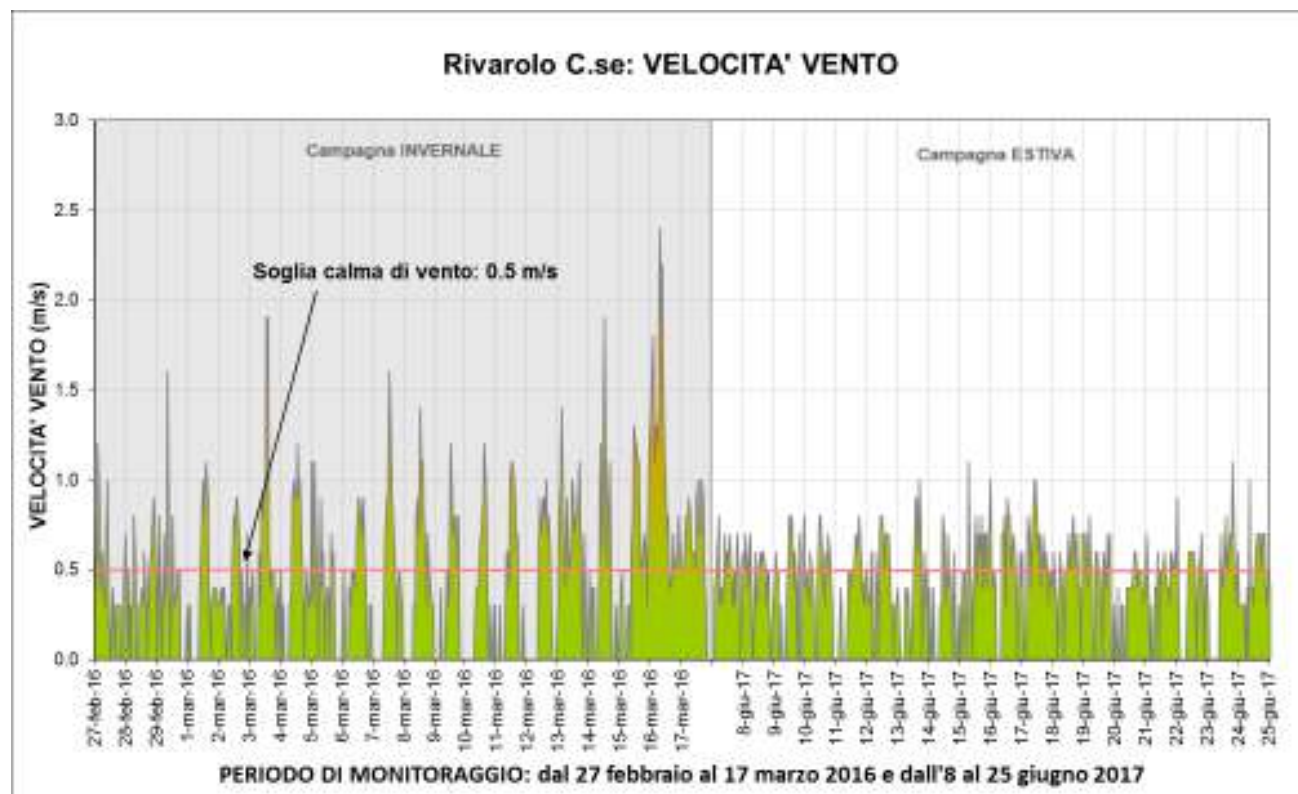
Lo scarso rimescolamento delle masse d'aria nei due periodi di misura d'altronde è evidenziato anche dall'anemologia rilevata (Figura 8 e

Figura 9). La velocità oraria media del vento è di 0.5 m/s in entrambe le campagne di monitoraggio – invernale ed estiva - valore che corrisponde per convenzione alla soglia di velocità oraria al di sotto della quale si identificano le calme di vento. Durante la campagna invernale del 2016 la massima velocità oraria supera raramente i 2 m/s e nel complesso le calme di vento raggiungono quasi il 50% del totale, più frequenti di notte (63.3%) che di giorno (25.4%). Nella campagna estiva del 2017 la velocità oraria massima raggiunge appena gli 1.1 m/s e le calme di vento – vale a dire le ore con velocità del vento inferiore a 0.5 m/s - rappresentano più del 45% del totale.

In generale i valori di velocità del vento nelle due campagne considerate sono inferiori a quelli registrati a Torino-Caselle, una stazione della rete meteo idrografica di Arpa Piemonte situata ad una ventina di chilometri di distanza da Rivarolo. Bisogna però considerare un fatto: il sito individuato per la campagna di monitoraggio non permette di rispettare pienamente i criteri ottimali per il posizionamento di una stazione meteorologica, spazi aperti e nessuno o pochissimi ostacoli all'intorno. Come si vede dalla Figura 4 il mezzo mobile è stato installato nel cortile della ex scuola elementare, risulta quindi circondato da edifici e alberi che ostacolano il passaggio dell'aria e oscurano il sensore della radiazione solare.

Nell'ambito delle campagne di valutazione della qualità dell'aria, d'altronde, la scelta del sito di monitoraggio deve tenere conto di molti fattori: la volontà del committente di indagare una determinata area, la presenza di un preesistente allaccio elettrico per la strumentazione, l'assenza di ostacoli importanti come palazzi a più piani che potrebbero impedire il passaggio delle grandi masse d'aria; così non sempre è possibile evitare effetti quali l'ombra dei rami degli alberi sul sensore di radiazione solare o evitare la limitata microcircolazione dell'aria all'intorno del sito di misura.

Figura 8 – Andamento di della velocità del vento nel sito di misura



Durante la campagna invernale del 2016 - Come in molti altri siti dell'area provinciale - la direzione del vento esprime sia in inverno sia in estate il classico andamento di brezze diurne e notturne: di giorno il vento spira in prevalenza da sud-sudovest, di notte da direzioni settentrionali, comprese tra nord-nordovest e nordest (Figura 9,

Figura 10 e Figura 11). I dati sono comparabili con quelli registrati durante la campagna invernale precedente, vanno tuttavia considerati con prudenza dato che la presenza degli edifici intorno al laboratorio mobile non rende, come già detto, il sito di misura prescelto una stazione meteorologica ideale.

Anche durante la campagna estiva si può evidenziare un regime di brezza con direzioni di provenienza diverse di giorno e di notte ma le direzioni differiscono da quelle messe in evidenza nelle campagne invernali. A giugno 2017 di giorno il vento proviene prevalentemente da nord-est, mentre di notte esiste un'unica direzione di provenienza, da ovest-nordovest. In questo caso non si trova particolare riscontro con la precedente campagna estiva del agosto-settembre del 2014 dove il vento proveniva da sud di giorno e da nord di notte.

Ribadiamo comunque che i sensori del vento oltre ad dover essere posti ad un'altezza di 10 m dovrebbero trovarsi ad una distanza pari a 10 volte l'altezza dell'ostacolo più alto, situazione difficilmente riscontrabile in un centro abitato, pur con edifici mediamente bassi. Di conseguenza non è possibile fare considerazioni generalizzate sulle provenienze dei venti nella zona indagata, ma ci si può riferire al solo periodo e al sito analizzato. In riferimento a ciò, durante la campagna di misura estiva, dai dati della rosa dei venti risulta che di giorno le eventuali emissioni della centrale a biomasse hanno influenzato la qualità dell'aria della zona a sud-sudovest della ditta SIPEA, mentre di notte è stata l'area sud orientale della cittadina ad essere sottovento alla centrale (Figura 12 e Figura 13).

Si fa notare tuttavia che la velocità del vento registrata a Rivarolo, soprattutto durante la campagna di misura estiva, è molto bassa, prossima al limite delle calme di vento (vedi Figura 9), lo spostamento delle masse d'aria risulta conseguentemente molto limitato, verosimilmente le emissioni prodotte nella più parte del tempo rimangono confinate all'intorno della centrale stessa.

Figura 9 – Rose dei venti diurna, notturna e totale durante la IV e V campagna di misura a Rivarolo.

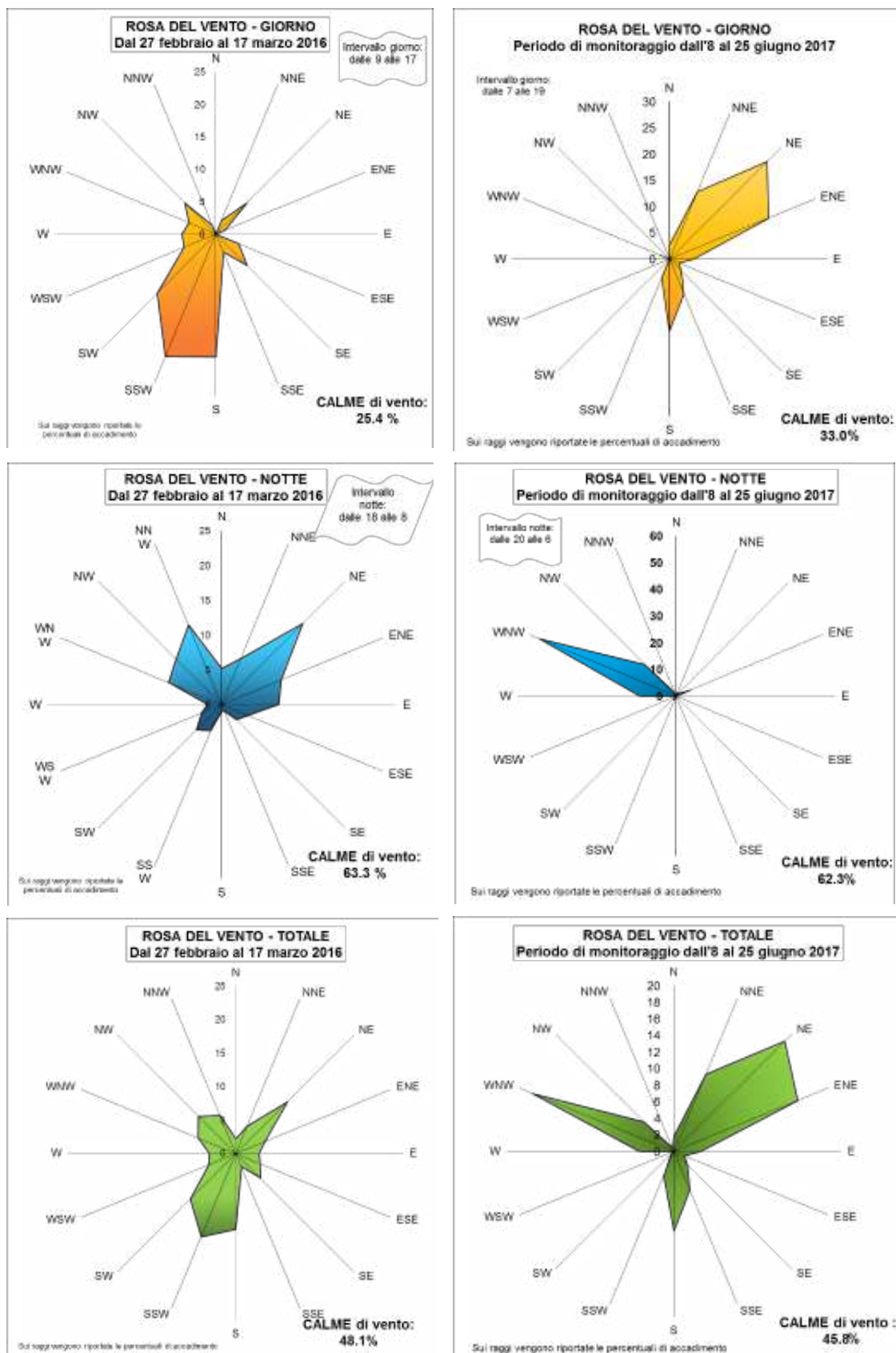


Figura 10 - Rivarolo C.se IV campagna - Direzione prevalente dei venti nelle ore diurne



Figura 11 - Rivarolo C.se IV campagna - Direzione prevalente dei venti nelle ore notturne



Figura 12 - Rivarolo C.se, V campagna di misura – direzione prevalente dei venti nelle ore diurne

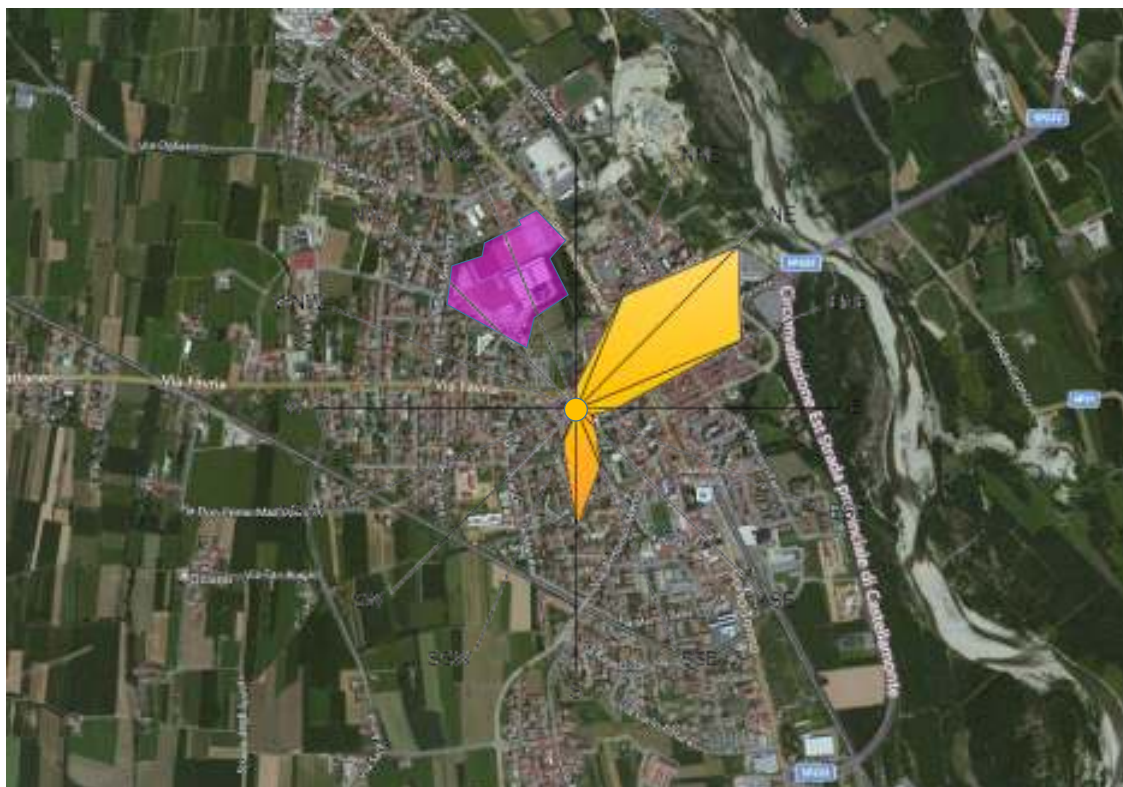


Figura 13 - Rivarolo C.se V campagna - Direzione prevalente dei venti nelle ore notturne



ELABORAZIONE DEI DATI RELATIVI AGLI INQUINANTI ATMOSFERICI

Nelle pagine seguenti vengono riportate le elaborazioni statistiche dei dati e i superamenti dei limiti di legge relativi all'inquinamento dell'aria registrati dagli analizzatori nel periodo di campionamento. Nella Tabella 7 si riportano gli inquinanti e le loro formule chimiche, utilizzate come abbreviazioni.

Tabella 7 – Parametri chimici misurati con il laboratorio mobile

Benzene	C_6H_6	$\mu g/m^3$
Bossido di azoto	NO_2	$\mu g/m^3$
Biossido di zolfo	SO_2	$\mu g/m^3$
Monossido di azoto	NO	$\mu g/m^3$
Monossido di carbonio	CO	mg/m^3
Ozono	O_3	$\mu g/m^3$
Particolato sospeso PM_{10}	PM_{10}	$\mu g/m^3$
Toluene	$C_6H_5CH_3$	$\mu g/m^3$

Copia di tutti i dati acquisiti è conservata su supporto informatico presso il Dipartimento Piemonte Nord Ovest (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 per elaborazioni successive e/o per eventuali richieste di trasmissione da parte degli Enti interessati.

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.

Per una corretta valutazione dell'andamento degli inquinanti durante le diverse ore del giorno è possibile calcolare 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 2:00 è calcolato mediando i valori di concentrazione rilevati alle ore 2:00 di ciascun giorno di monitoraggio della campagna. 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 fossili (ad esempio gasolio, olio combustibile e carbone) nei quali lo zolfo è presente come impurità. Una ridotta percentuale 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: a causa del riscaldamento domestico, infatti, i valori massimi si raggiungono durante la stagione invernale.

Fino a pochi anni fa, il biossido di zolfo era considerato uno degli inquinanti atmosferici più problematici, a causa delle elevate concentrazioni rilevate nell'aria e degli effetti negativi sull'uomo e sull'ambiente. Negli ultimi anni, da quando la normativa ha imposto la limitazione del contenuto di zolfo nei combustibili, si osserva la progressiva diminuzione di questo inquinante le cui concentrazioni sono scese ben al di sotto dei limiti di legge.

I livelli orari e giornalieri del biossido di zolfo misurato nel Comune di Rivarolo Canavese con il laboratorio mobile sia durante la campagna invernale sia nel corso di quella estiva sono ampiamente al di sotto dei limiti normativi (Tabella 8,

Figura 14 e Figura 15). Il massimo valore giornaliero invernale (calcolato come media giornaliera sulle 24 ore), è pari a 6 µg/m³, di molto inferiore al limite per la protezione della salute di 125 µg/m³. La massima media oraria è pari a 7 µg/m³, viene quindi rispettato anche il livello orario per la protezione della salute fissato a 350 µg/m³ dal d.Lgs. 155/2010. Tutti gli indici statistici della campagna estiva, come atteso, sono ancora più bassi di quella invernale.

A titolo indicativo nella Figura 15 è stato messo a confronto l'andamento di Rivarolo con quello delle stazioni di Torino-Rebaudengo e Torino-Consolata, le uniche della Rete di Qualità dell'Aria della Città Metropolitana in cui si effettua la misura di questo inquinante. Si nota che in genere i valori di SO₂ a Rivarolo sono più bassi delle due stazioni di traffico considerate, in particolare nella campagna di giugno 2017. Anche il grafico del giorno medio (Figura 16) mostra per Rivarolo valori più bassi delle altre stazioni di traffico; nella campagna invernale sono inoltre meno evidenti rispetto a quest'ultime i picchi di concentrazione mattutino e serale.

Tabella 8: - Dati relativi al biossido di zolfo nel corso della campagna di monitoraggio

Biossido di zolfo (µg/m³)	Inverno 2016	Estate 2017
Minima media giornaliera	2	1
Massima media giornaliera	6	3
Media delle medie giornaliere:	4	2
Giorni validi	19	16
Percentuale giorni validi	95%	89%
Media dei valori orari	3	2
Massima media oraria	7	4
Ore valide	453	396
Percentuale ore valide	94%	92%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (350)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (350)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (125)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (500)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (500)</u>	0	0

Figura 14 - SO₂: confronto con il livello di protezione della salute (media giornaliera)

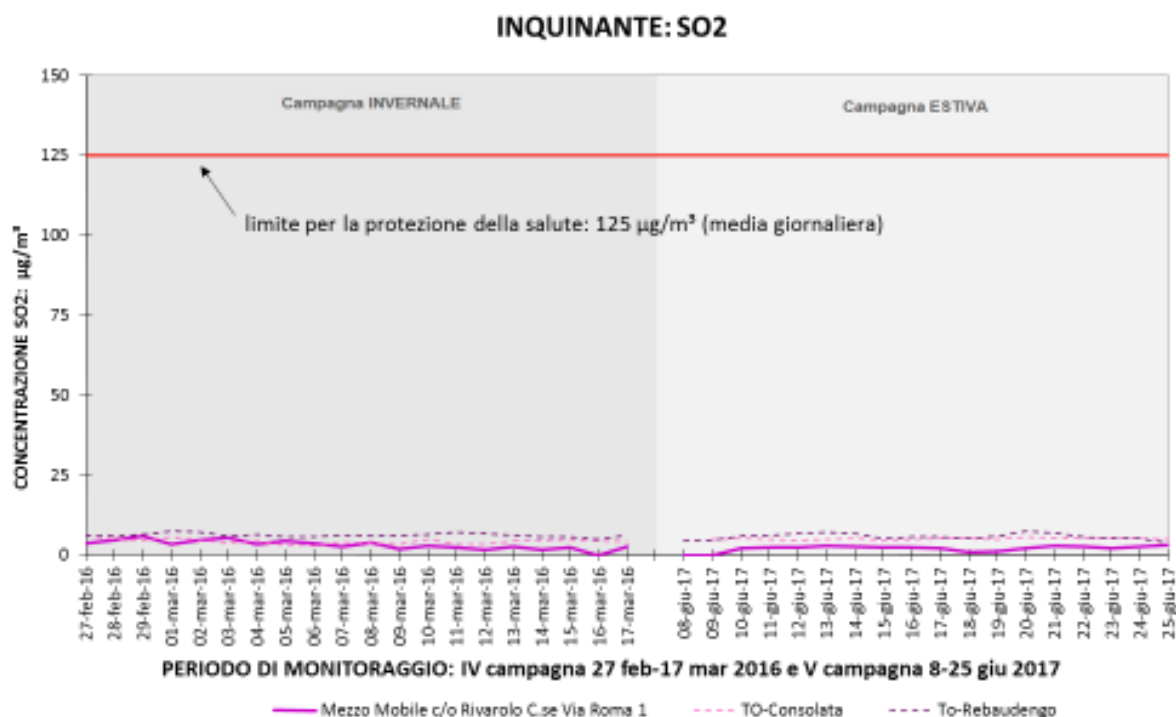


Figura 15 - SO₂: medie orarie confronto con alcune stazioni della rete fissa

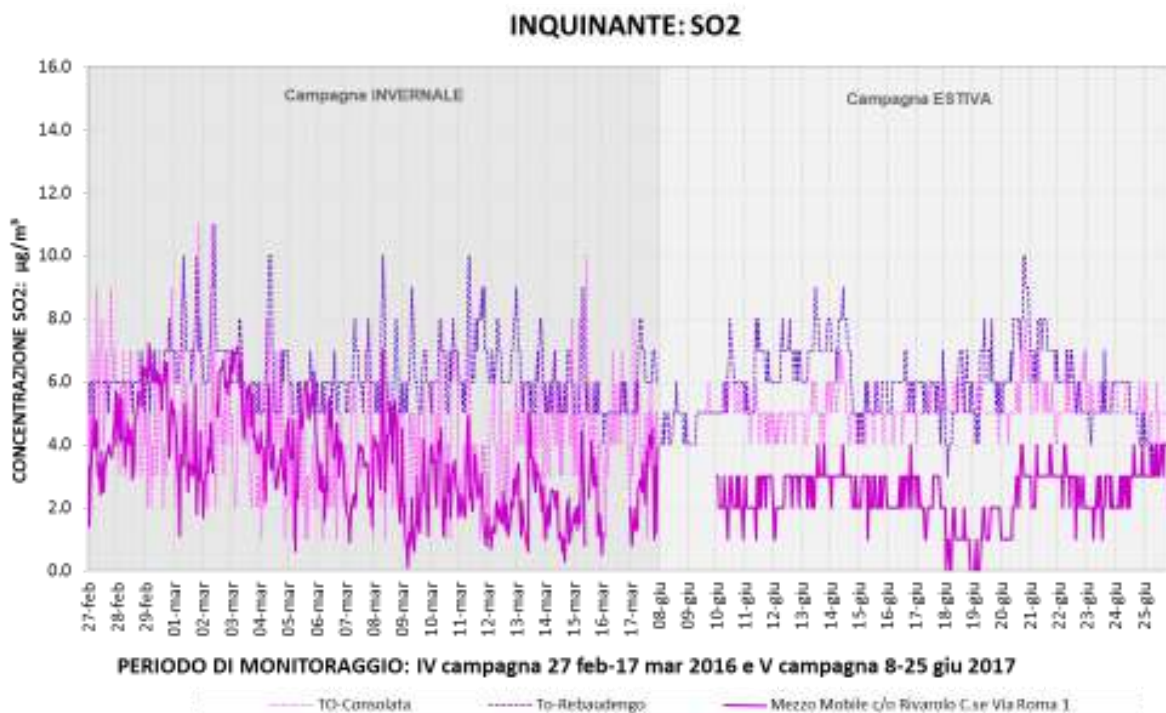
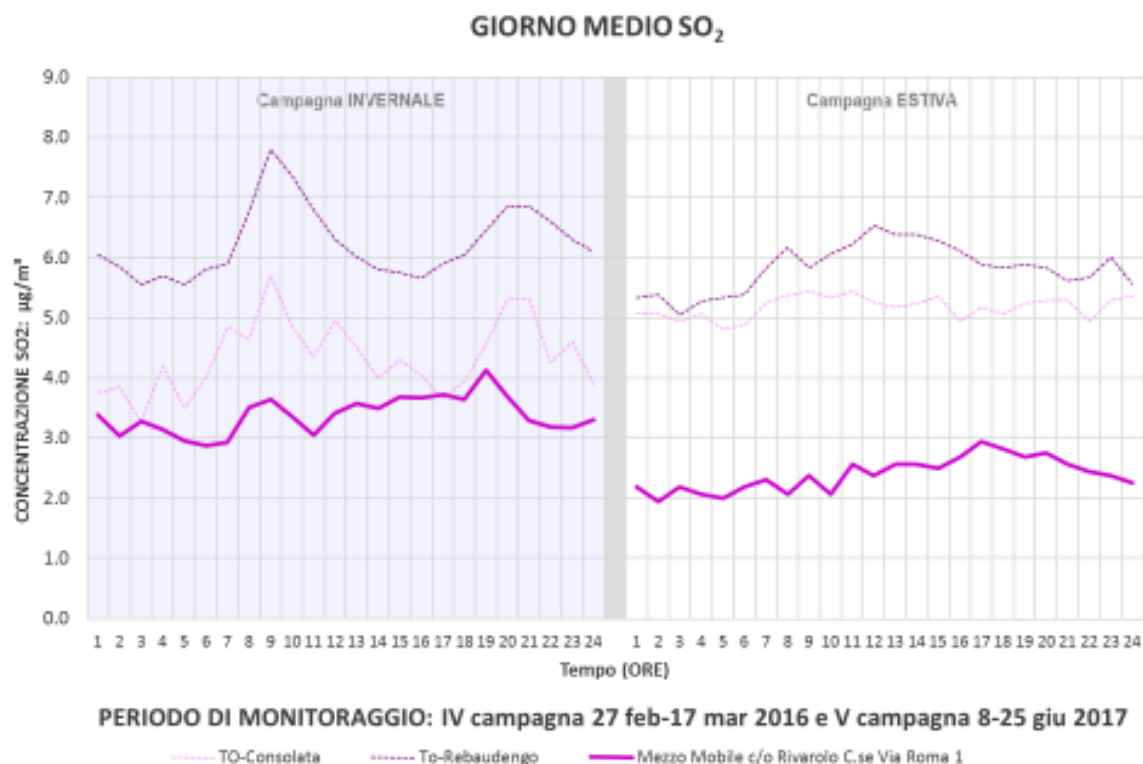


Figura 16 - SO₂: giorno medio confronto con alcune stazioni della rete fissa



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.

Ossidi di Azoto

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.

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 di NO sono piuttosto bassi e comparabili a quelli di altre stazioni di fondo suburbano della Rete di Qualità dell'Aria come Borgaro (Figura 17). La massima media oraria di monossido di azoto è stata registrata d'inverno ed è pari a 119 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; d'inverno la massima media giornaliera è di 18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, il valore medio della campagna invernale è di 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Nella campagna di giugno 2017 i valori sono notevolmente più bassi, il valore massimo orario registrato è di 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Anche l'andamento del giorno medio (Figura 18) ricalca quello della stazione suburbana di fondo di Borgaro e mostra d'inverno il tipico aspetto con due massimi giornalieri in corrispondenza dei picchi di traffico veicolare (dalle 7 alle 10 al mattino e dalle 18 alle 21 nel pomeriggio). D'estate i valori di NO sono estremamente bassi, gli andamenti giornalieri sono meno evidenti.

Tabella 9 - Dati relativi al monossido di azoto (NO) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Monossido di azoto ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Inverno 2016	Estate 2017
Minima media giornaliera	3	4
Massima media giornaliera	18	6
Media delle medie giornaliere (b):	10	4
Giorni validi	20	17
Percentuale giorni validi	100%	94%
Media dei valori orari	10	4
Massima media oraria	119	16
Ore valide	478	415
Percentuale ore valide	100%	96%

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

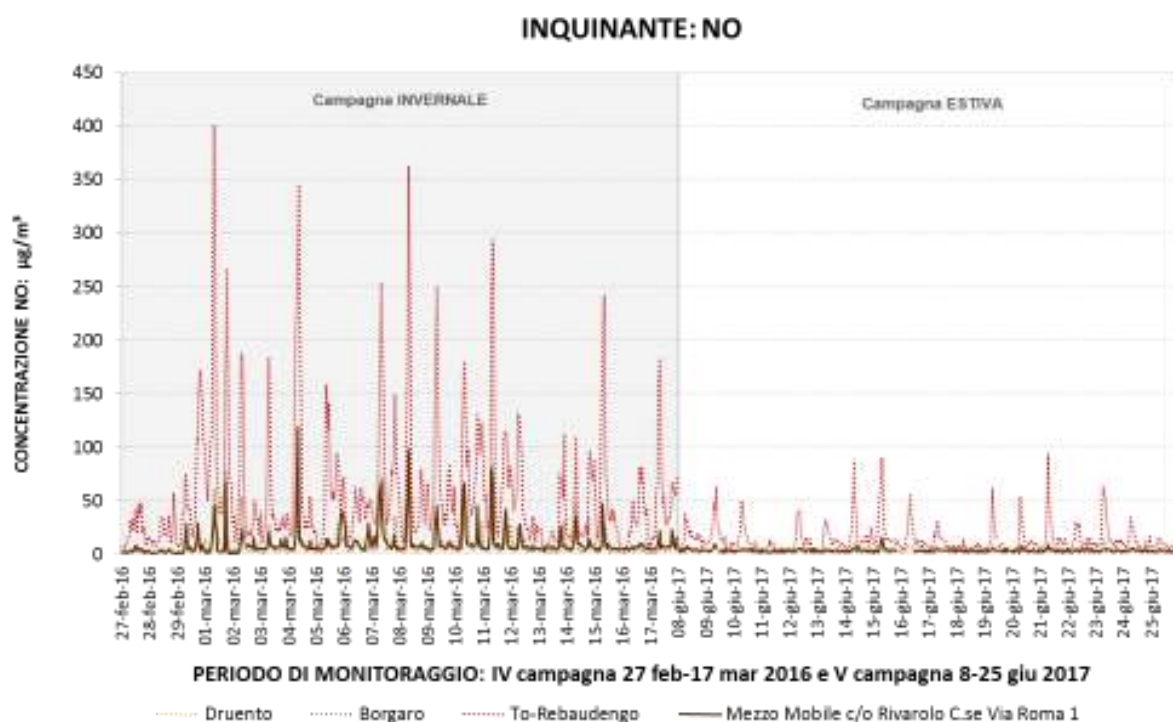
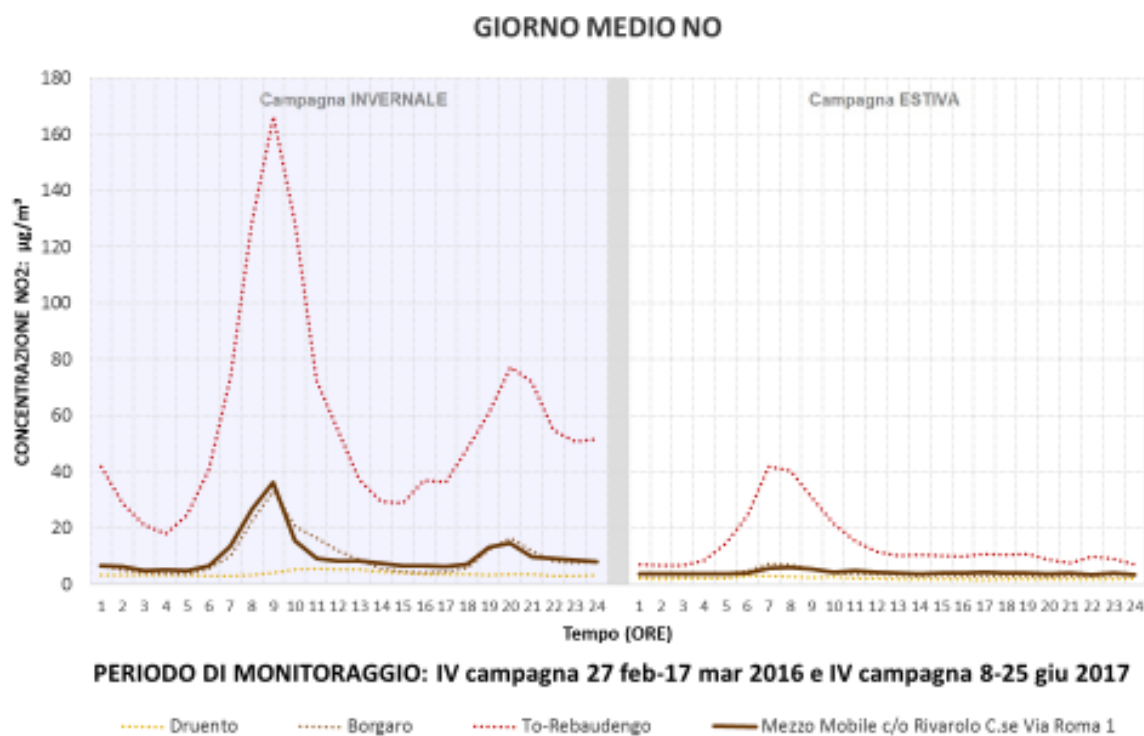


Figura 18 - NO giorno medio confronto con alcune stazioni della rete fissa



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 NO₂ 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 fonte 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 NO₂ (Tabella 10), durante la campagna di monitoraggio invernale, quella più critica per questo inquinante, nel sito di Rivarolo non si sono registrati superamenti del limite orario di 200 µg/m³ né tantomeno del livello di allarme di 400 µg/m³, la massima media oraria misurata è stata di 94 µg/m³. Anche per il biossido di azoto le concentrazioni estive sono decisamente più basse di quelle invernali, la media dei valori orari della campagna è di 9 µg/m³.

Tabella 10 - Dati relativi al biossido di azoto (NO₂) (µg/ m³)

Biossido di azoto	Inverno 2016	Estate 2017
Minima media giornaliera	14	6
Massima media giornaliera	40	12
Media delle medie giornaliere (b):	28	9
Giorni validi	20	17
Percentuale giorni validi	100%	94%
Media dei valori orari	28	9
Massima media oraria	94	36
Ore valide	478	415
Percentuale ore valide	100%	96%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (200)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (200)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (400)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (400)</u>	0	0

La Figura 19 e la Figura 20 permettono di confrontare i dati delle campagne condotte 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 suburbano 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), superiori a Druento (stazione di fondo rurale) e decisamente inferiori alla stazione di traffico urbano di Torino-Rebaudengo.

Figura 19 - NO₂: confronto con i limiti di legge e con i dati delle stazioni fisse

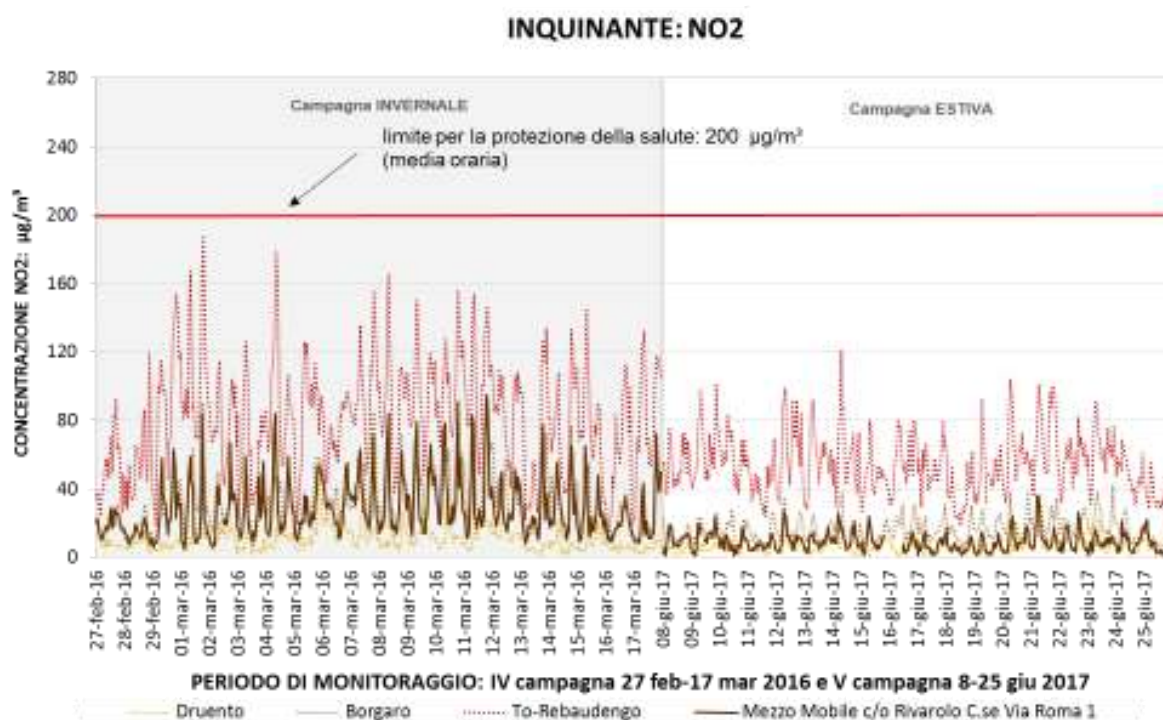
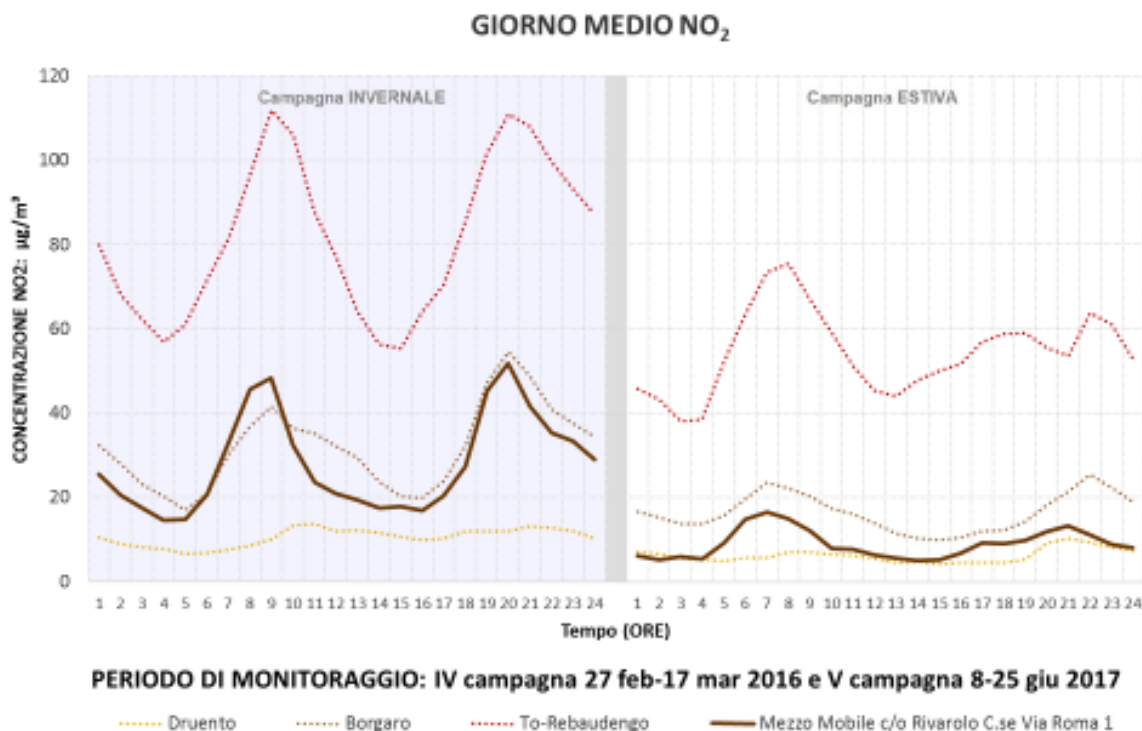


Figura 20 - NO₂: andamento del giorno medio

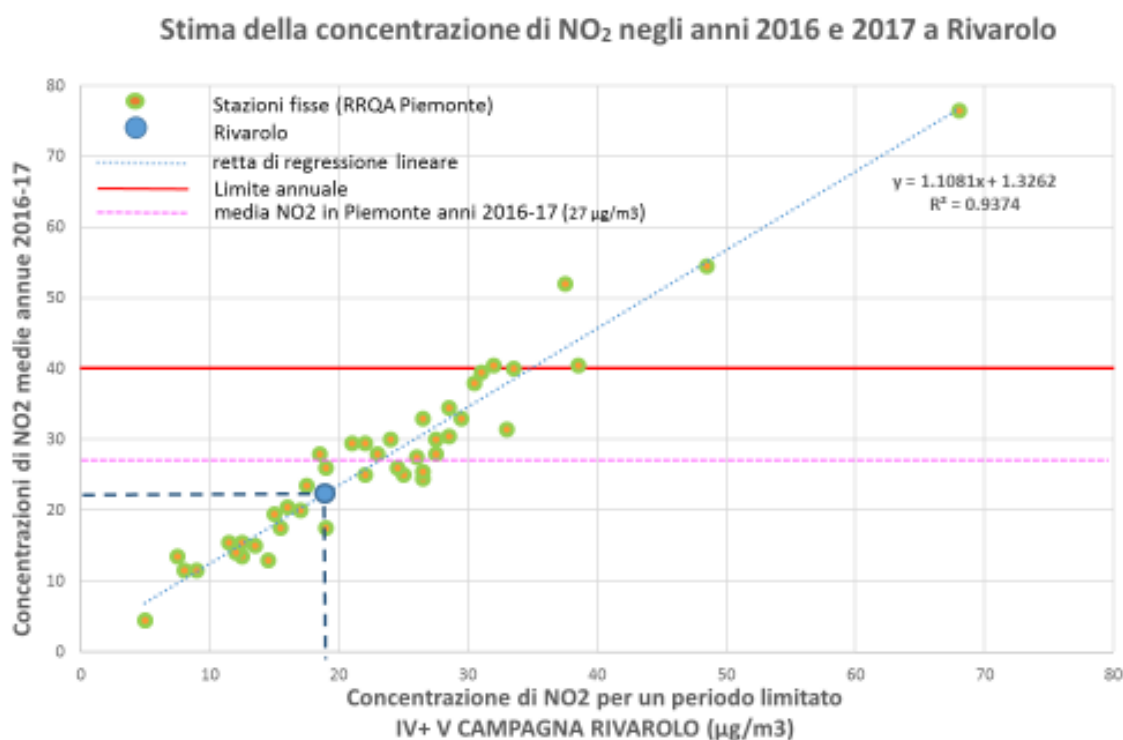


Il D.Lgs 155/2010 prevede per il biossido di azoto anche un valore limite annuale per la protezione della salute umana di 40 µg/m³. Visto che la durata della campagna non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo, non è possibile un confronto diretto con le misure effettuate. Tuttavia per arrivare ad un dato di concentrazione annuale anche per il sito di Rivarolo C.se

si può fare riferimento ai dati della rete regionale di qualità dell'aria del Piemonte. Ci sono due modalità d'azione; la prima più immediata e semplice consiste nel confrontare il dato di Rivarolo C.se con quello di una stazione della Rete Regionale prossima al sito in esame e con caratteristiche che si suppongono simili. In questo caso abbiamo scelto come riferimento la stazione di Borgaro T.se e, secondo il procedimento descritto nella nota¹, è stato stimato un valore annuale di NO₂ di 24 µg/m³ (Tabella 15 e Figura 28).

L'altra modalità, più complessa ma probabilmente più rigorosa, consiste nel prendere in considerazione tutte le stazioni della Rete Regionale di Qualità dell'Aria (RRQA) del Piemonte. Rapportando per 44 siti della RRQA il valore della concentrazione media del biennio 2016 - 2017 di NO₂, alla concentrazione media calcolata nei giorni delle due campagne svolte a Rivarolo, è stata costruita la retta di interpolazione di Figura 21. Il coefficiente di determinazione R² trovato - pari a 0.93 - evidenzia che la correlazione tra i dati è altamente significativa. Con questo metodo è stato così possibile prevedere una concentrazione media annuale per Rivarolo, riferita al biennio 2016-17, di 22 µg/m³. I valori ottenuti attraverso le due modalità di calcolo sono altamente comparabili e come dimostra il grafico di Figura 21, in entrambi i casi inferiori alla media del Piemonte - di 27 µg/m³ - e molto inferiori al limite annuale di 40 µg/m³.

Figura 21 - NO₂: stima della concentrazione annuale a Rivarolo



Nella Tabella 11 sono stati messi a confronto i valori medi di tutte le campagne svolte a Rivarolo C.se dal 2014 al 2017, con le concentrazioni medie calcolate negli stessi periodi nelle stazioni della Rete

¹ Sono state calcolate le medie di NO₂ - annuale e relativa al periodo delle due campagne di misura - per la stazione di Borgaro che meglio rappresenta le condizioni della stazione di Rivarolo; dal rapporto con la media degli anni 2016-17 di Borgaro si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne di Rivarolo permette di ricavare la stima annuale per il sito in esame;

$$Mc = (Mp / mp) \times mc$$

dove

mc : media periodo campagne NO₂ di Rivarolo (19 µg/m³)

Mc : media anni 2016-17 di NO₂ di Rivarolo (24 µg/m³)

mp : media periodo campagne NO₂ di Borgaro (24 µg/m³)

Mp : media anno 2016-17 di NO₂ di Borgaro (30 µg/m³)

Regionale di Qualità dell'Aria della Città Metropolitana di Torino (CMT). Si vede come nel caso delle campagne del 2014 il valore medio misurato a Rivarolo è molto più alto della media della Città Metropolitana di Torino; d'altronde il mezzo mobile era stato posizionato in un sito di traffico, dove maggiori sono le concentrazioni di NO₂ emesse dai veicoli. La qualità dell'aria in un sito di fondo del comune di Rivarolo, scelto per il monitoraggio delle ultime tre campagne di misura – anni 2015-17 – rientra invece nella media dei valori della città metropolitana, spesso anche in quella che non considera nel calcolo i valori delle stazioni situate nel capoluogo piemontese.

Tabella 11 - NO₂ confronto delle medie del periodo nelle cinque campagne di misura svolte a Rivarolo

Stazioni di misura	Media NO ₂ I campagna 28 gen – 4 mar 2014 [µg/m ³]	Media NO ₂ II campagna 6 ago – 16 set 2014 [µg/m ³]	Media NO ₂ III campagna 15 gen_15 feb 2015 [µg/m ³]	Media NO ₂ IV campagna 27 feb_17 mar 2016 [µg/m ³]	Media NO ₂ V campagna 8-25 giugno 2017 [µg/m ³]
	INVERNO	ESTATE	INVERNO	INVERNO	ESTATE
Ceresole Reale	4	4	7	5	5
Baldissero	17	9	26	7	8
Druento	18	11	26	10	8
Susa	30	11	31	19	15
Oulx	31	12	32	19	16
Ivrea	33	14	43	23	18
Chieri	36	12	39	24	16
Rivarolo - Mobilab	56	30	37	28	19
Leinì	44	18	48	31	23
Borgaro	36	13	44	32	24
Orbassano	43	14	51	36	27
Vinovo	44	17	56	38	29
Collegno	-	30	53	40	38
Carmagnola	-	24	52	43	39
Settimo	42	17	72	45	-
Media CM senza TO	32	15	41	27	20
Torino - Rubino	53	21	58	36	--
Torino - Lingotto	59	21	53	43	34
Torino - Consolata	70	41	71	54	49
Torino - Rebaudengo	67	49	100	82	68
Media complessiva città Metropolitana di TORINO	39	19	48	33	26

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 carbossi-emoglobina, 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 (Tabella 12) confermano l'andamento osservato su scala regionale. La normativa prevede un limite di $10 \text{ mg}/\text{m}^3$, calcolato come media su otto ore consecutive, ampiamente rispettato nelle ultime due campagne di misura svolte. Durante la campagna invernale del 2016 il valore massimo su otto ore è pari a $1.0 \text{ mg}/\text{m}^3$ (Figura 22), il limite normativo non è raggiunto nemmeno dal valore massimo medio orario ($1.3 \text{ mg}/\text{m}^3$). La campagna estiva presenta, come atteso, valori ancora più bassi, la massima media oraria registrata è stata di $0.4 \text{ mg}/\text{m}^3$.

Tabella 12 - Dati relativi al monossido di carbonio (CO) (mg/m^3)

Monossido di carbonio (mg/m^3)	Inverno 2016	Estate 2017
Minima media giornaliera	0.3	0.1
Massima media giornaliera	0.7	0.2
Media delle medie giornaliere (b):	0.5	0.2
Giorni validi	20	16
Percentuale giorni validi	100%	89%
Media dei valori orari	0.5	0.2
Massima media oraria	1.3	0.4
Ore valide	478	397
Percentuale ore valide	100%	92%
Minimo medie 8 ore	0.3	0.1
Media delle medie 8 ore	0.5	0.2
Massimo medie 8 ore	1.0	0.2
Percentuale medie 8 ore valide	99%	91%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (10)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 10)</u>	0	0

La Figura 24 mostra l'andamento medio delle concentrazioni del CO nel corso della giornata. Il confronto con i dati di alcune stazioni della rete fissa indica che il sito di Rivarolo presenta andamenti di CO decisamente inferiori alla stazione di Torino-Consolata ed in linea con la centralina di Oulx.

Figura 22 - CO: confronto con il limite di legge (media trascinata sulle 8 ore)

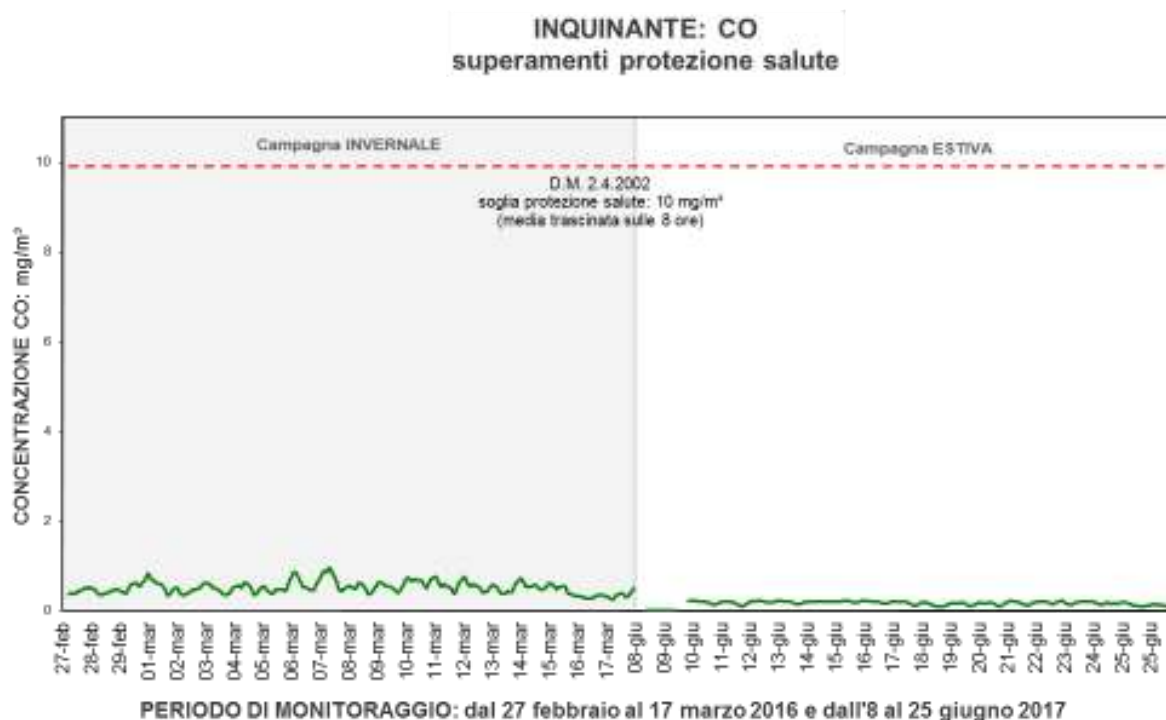


Figura 23 - CO andamento medie orarie

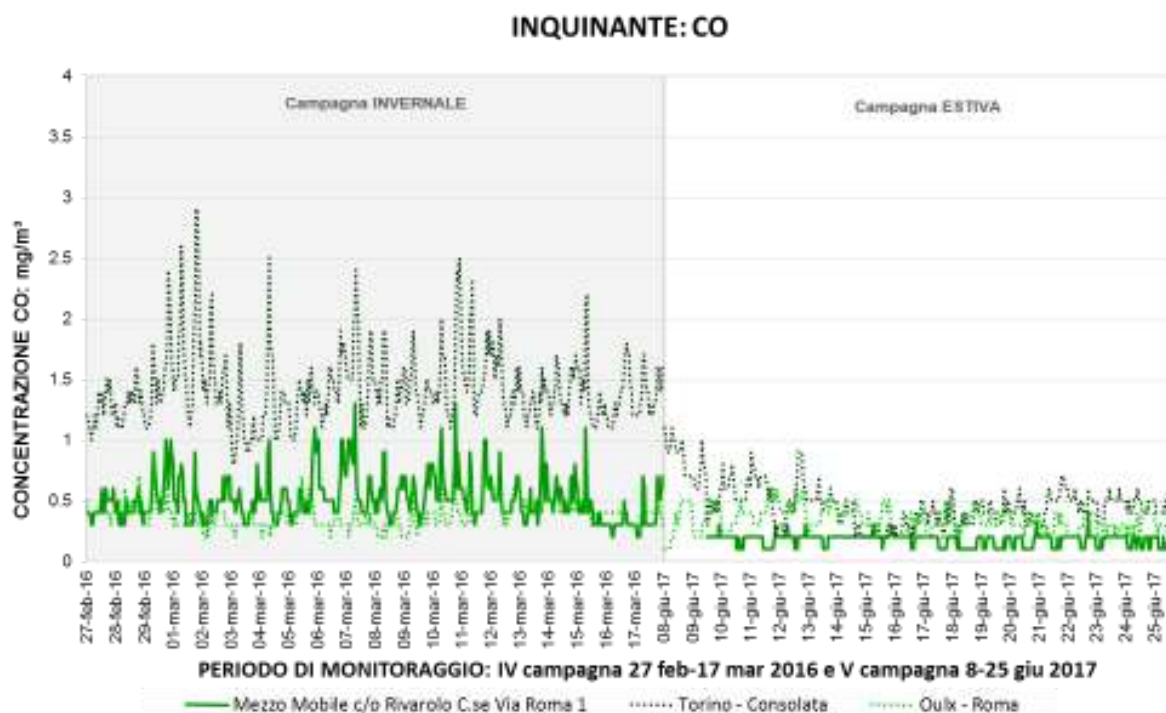
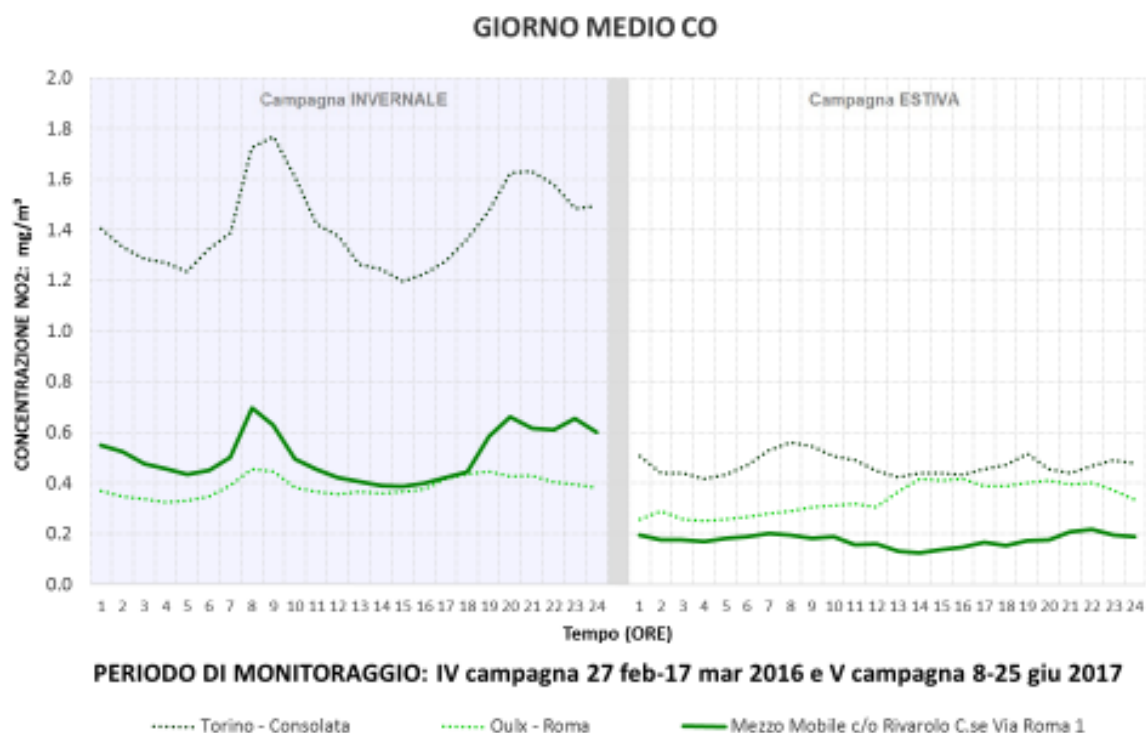


Figura 24 - CO: andamento del giorno medio



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.

Benzene e Toluene

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 invernale del 2016 nel Comune di Rivarolo è stata determinata una concentrazione media di benzene pari a $1.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come riportato in Tabella 13.

Tabella 13: Dati relativi al benzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Rivarolo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Benzene	
	Inverno 2016	Estate 2017
Minima media giornaliera	0.8	0.3
Massima media giornaliera	2.5	0.4
Media delle medie giornaliere (b):	1.5	0.3
Giorni validi	9	15
Percentuale giorni validi	45%	83%
Media dei valori orari	1.6	0.3
Massima media oraria	5.0	1.2
Ore valide	258	367
Percentuale ore valide	54%	85%

Occorre tuttavia evidenziare che lo strumento non ha ben funzionato durante la campagna di misura e il suo rendimento non è formalmente sufficiente per svolgere una valutazione corretta dell'andamento di questo inquinante. I giorni di misura validi, infatti, sono solo 9 su 20 e la percentuale di dati validi è inferiore al 50%.

Durante la campagna estiva del 2017 la rilevazione del benzene è cominciata il 10 giugno, la percentuale di dati validi quindi raggiunge l'83% del totale. In ogni caso le concentrazioni di benzene registrate nel periodo sono molto basse, la media dei valori orari si attesta intorno agli $0.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Benché in entrambe le campagne la percentuale di dati validi sia inferiore al 90%, a titolo informativo è stato comunque confrontato l'andamento orario e la media oraria del benzene con quello di altre stazioni della rete (**Figura 25**). Nei giorni in cui il campionatore ha funzionato i valori di benzene di Rivarolo sono simili a quelli delle altre stazioni considerate, in particolare le concentrazioni registrate dal laboratorio mobile sono in linea con i dati di Borgaro - stazione di riferimento - e più basse di quelle misurate nella stazione urbana di Torino-Consolata.

Il grafico del giorno medio evidenzia per il periodo invernale del 2016 un picco anomalo serale per il sito di Rivarolo, più alto di quello registrato nella stazione urbana di Torino, ma il dato è con ogni probabilità falsato dalla assenza di dati per il sito di Rivarolo in più del 50% dei giorni di misura. Infatti durante la campagna di monitoraggio estivo del 2017 l'anomalia sparisce ed è ben evidente che i valori di benzene sono in tutte le ore del giorno più bassi di quelli di Torino-Consolata (Figura 26).

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 dei due periodi pari a $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e un fattore ricavato come descritto nella nota². Applicando tale procedimento, la media annuale stimata per il sito di Rivarolo C.se è pari a $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, (Figura 23) valore inferiore al limite normativo

² Si sono calcolate le medie delle concentrazioni del benzene per i due periodi della campagna (estivo e invernale), di tutte le stazioni della provincia in cui viene monitorato tale parametro; dal rapporto con la media degli anni 2016 e 2017 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio della campagna a Rivarolo permette di ricavare la stima annuale 2016-17:

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

dove

m_c : media periodo campagne benzene Rivarolo C.se

M_c : media stimata anno 2016 benzene Rivarolo C.se

m_p : media periodo campagne benzene Provincia di Torino

M_p : media anno 2016 benzene Provincia di Torino

Figura 25 - Benzene: andamento orario e confronto con i dati delle stazioni fisse

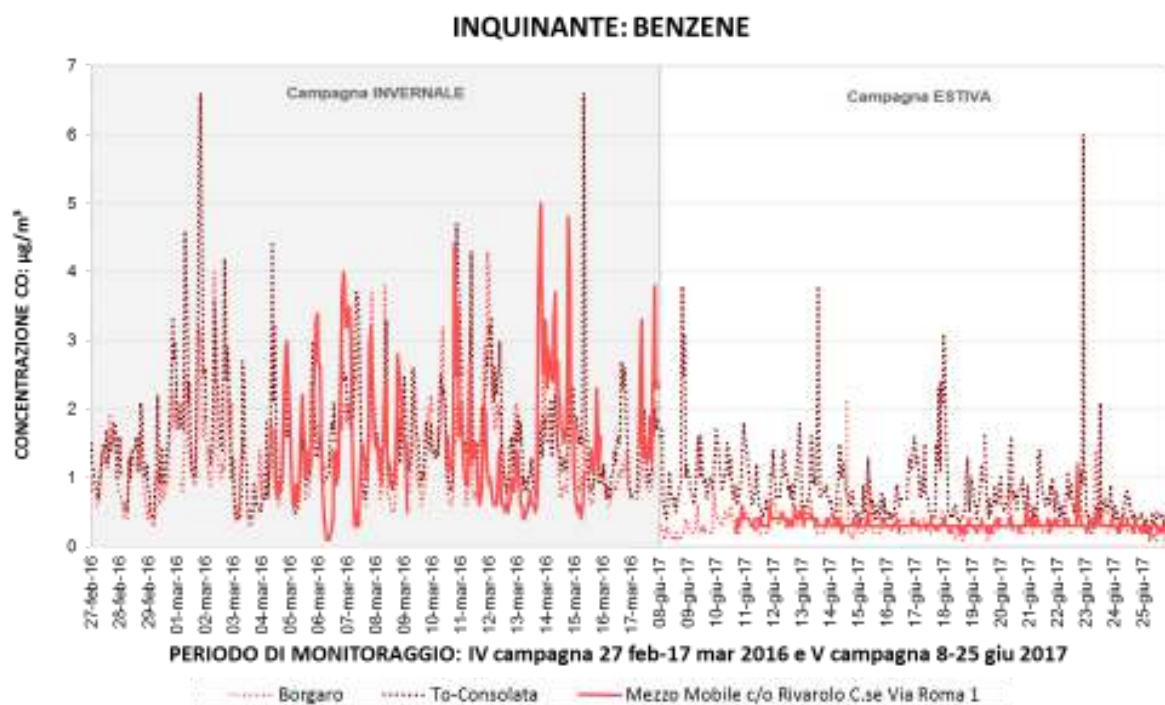
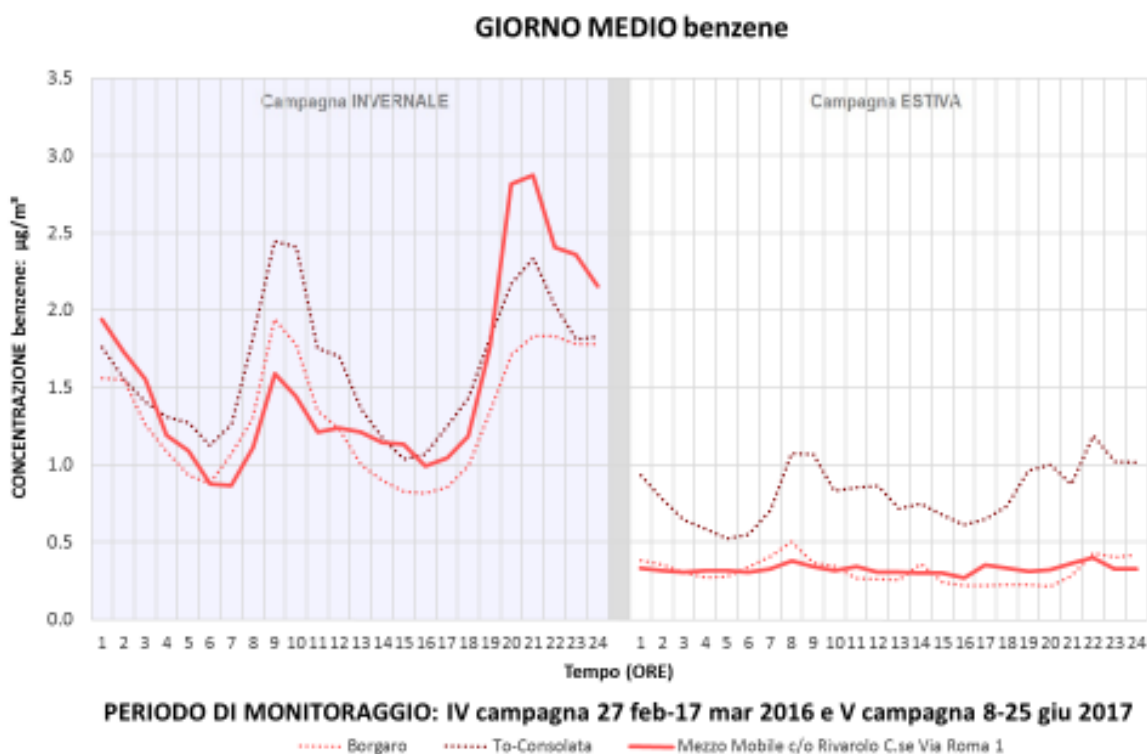


Figura 26 - Benzene: giorno medio e confronto con i dati delle stazioni fisse



Per la campagna invernale di Rivarolo non è stato possibile effettuare le consuete elaborazioni per il toluene; lo strumento di misura, infatti, ha registrato molteplici malfunzionamenti ed il numero di giorni validi era davvero troppo basso per potere presentare una accettabile valutazione dei dati di misura. Durante la campagna estiva del 2017 lo strumento di misura del toluene ha funzionato correttamente, con una percentuale di dati validi pari all'89%. La concentrazione media del periodo è stata di 0.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabella 14: Dati relativi al toluene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Rivarolo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Toluene		
	Inverno 2015	Inverno 2016	Estate 2017
Minima media giornaliera	1.8	-	0.6
Massima media giornaliera	6.3	-	2.4
Media delle medie giornaliere (b):	3.6	-	0.9
Giorni validi	32	-	16
Percentuale giorni validi	100%	-	89%
Media dei valori orari	3.6	-	0.9
Massima media oraria	18.6	-	20.0
Ore valide	764	-	400
Percentuale ore valide	99%	-	93%

Figura 27 - Toluene: giorno medio e confronto con i dati delle stazioni fisse

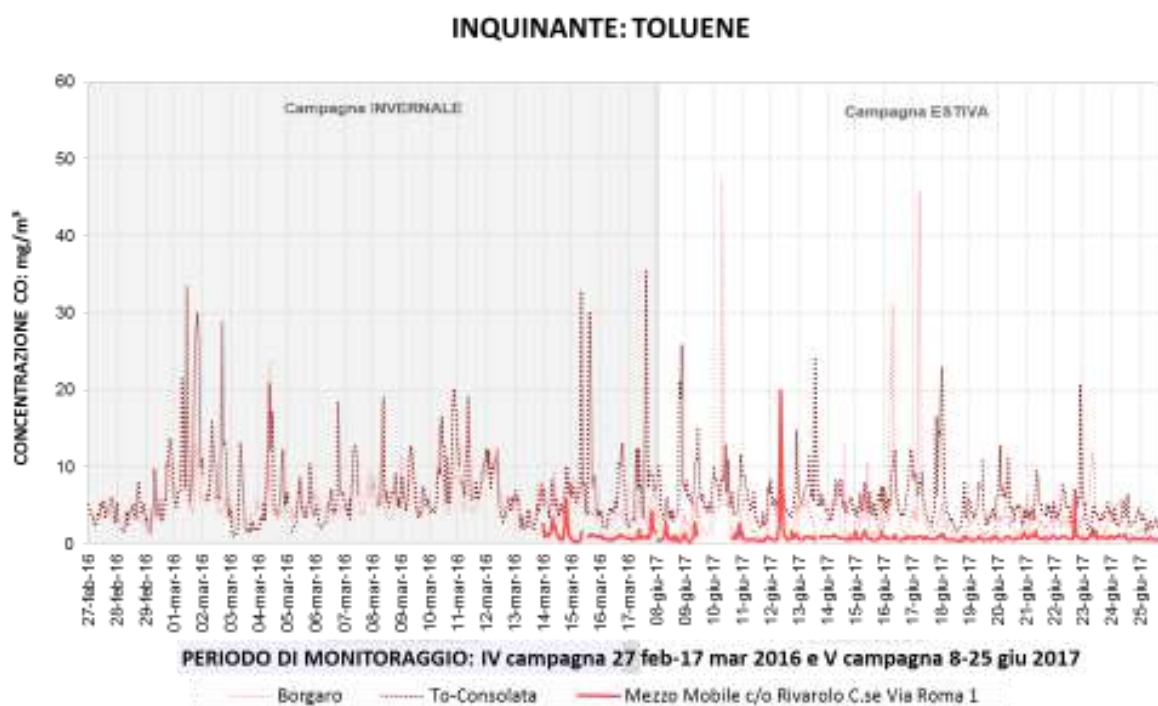
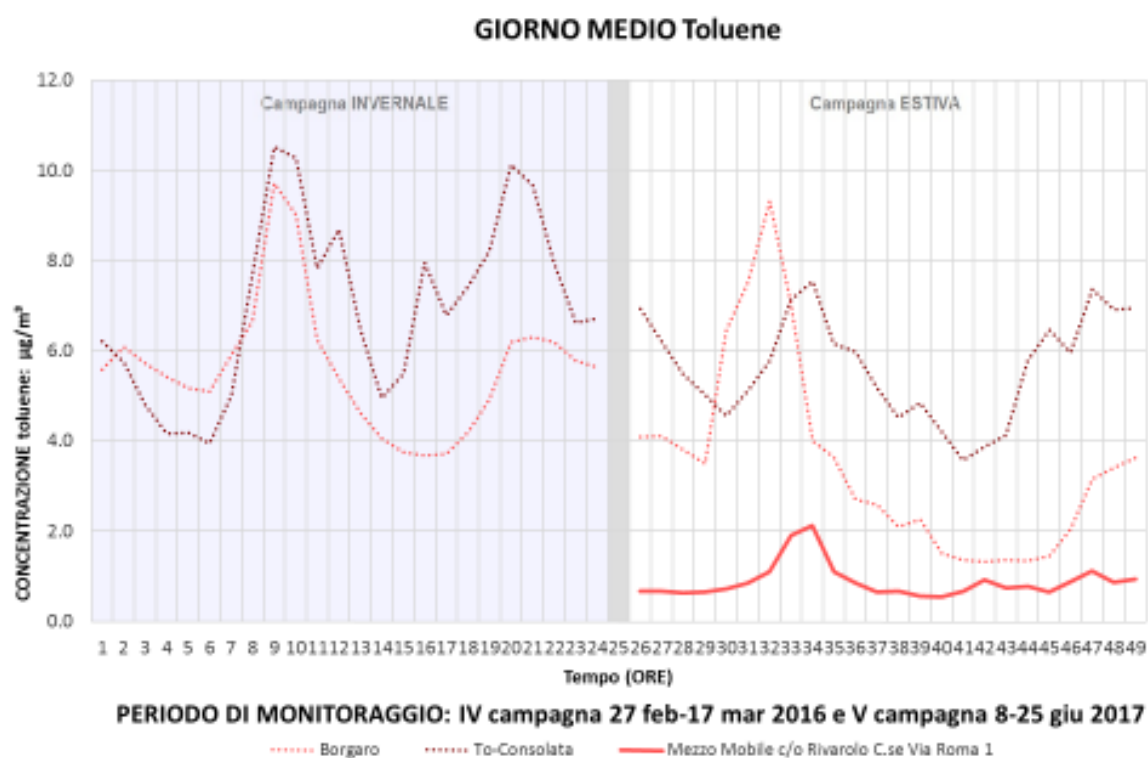


Figura 28 - Toluene: giorno medio e confronto con i dati delle stazioni fisse



Particolato Sospeso PM10 e PM2.5

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 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

Durante i venti giorni di monitoraggio invernale, il PM10 non ha mai superato il valore limite giornaliero di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nel comune di Rivarolo C.se (Tabella 15) Il dato è in linea con quello di altre stazioni della rete fissa; infatti nello stesso periodo di misura non ci sono stati superamenti del limite giornaliero nemmeno per la stazione di traffico urbano di Torino-Consolata, come si vede dal grafico di Figura 29. Le concentrazioni registrate nel sito di misura sono in ogni caso più basse non solo della stazione di Torino-Consolata ma anche della stazione suburbana di Borgaro T.se.

Il grafico di Figura 29 (parte sinistra) mostra anche l'influenza della meteorologia sulle concentrazioni di PM10: quando la velocità del vento è maggiore (superiore alla soglia di calma di vento, per convenzione pari a 0.5 m/s) e le precipitazioni più abbondanti, i valori delle polveri sottili si abbassano.

Tabella 15 - Dati relativi al particolato sospeso PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

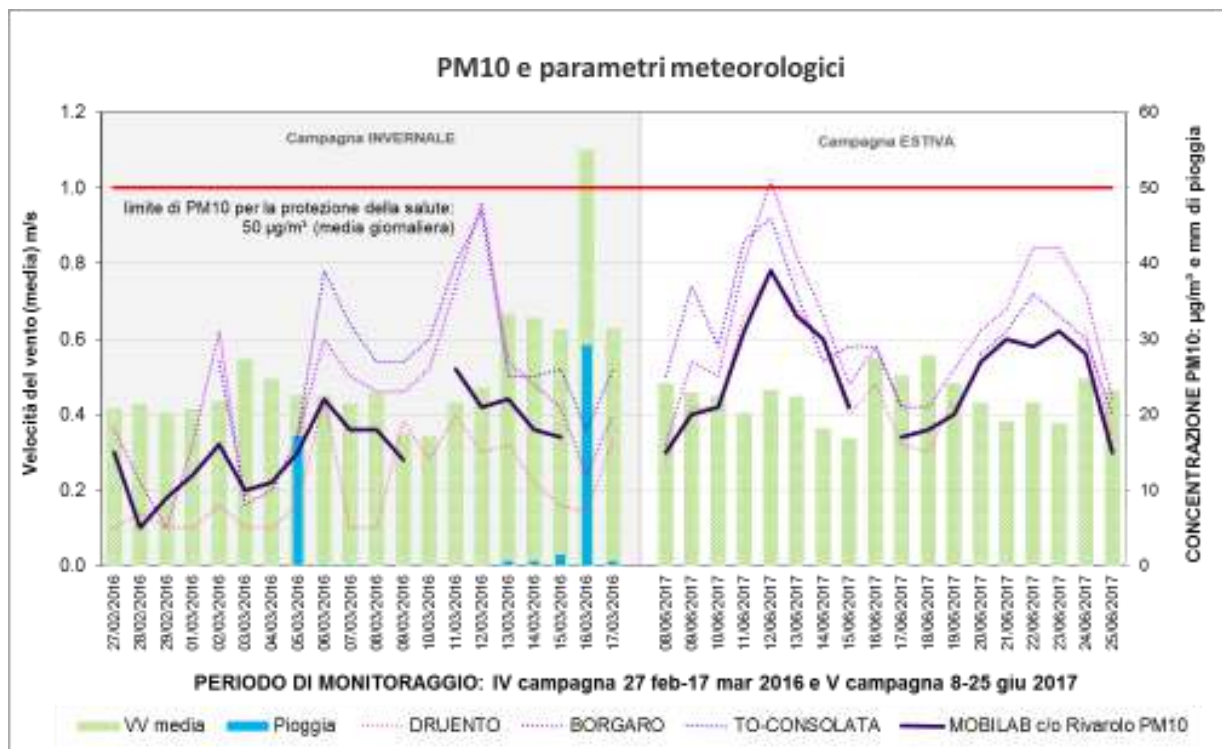
PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	5	15
Massima media giornaliera	26	39
Media delle medie giornaliere (b):	16	25
Giorni validi	18	17
Percentuale giorni validi	90%	94%
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)</u>	0	0

Le concentrazioni estive (8-25 giugno 2017) non si discostano di molto da quelle invernali, anzi complessivamente sia la media sia i valori massimi e minimi sono più alti di quelli registrati durante campagna invernale (Tabella 15), pur rimanendo ben al di sotto del limite normativo di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e in linea con le concentrazioni delle altre stazioni di riferimento (parte di destra del grafico di Figura 29).

D'altronde le campagne di misura in oggetto si sono svolte entrambe in un periodo di transizione tra due stagioni climatiche: inverno-primavera per la campagna del 2016 e primavera-estate per quella del 2017, quando inevitabilmente le caratteristiche tipiche della stagione fredda e di quella calda sono un po' meno marcate. Inoltre si tratta di periodi caratterizzati da meteorologie molto differenti: durante la campagna invernale del 2016 ci sono stati due importanti eventi piovosi che hanno contribuito ad abbattere le concentrazioni di polveri in atmosfera; il mese di giugno del 2017 interessato dalla campagna estiva, invece, è stato completamente secco favorendo il temporaneo accumulo di PM10 nell'aria.

Il dato importante viene dal confronto con le altre stazioni della rete regionale. Il grafico di Figura 30 mette in evidenza i valori massimi minimi e medi della città Metropolitana di Torino nei due periodi di misura indagati: è evidente che l'andamento di Rivarolo è perfettamente in linea con la media provinciale, anzi spesso leggermente al di sotto del dato medio registrato nel territorio.

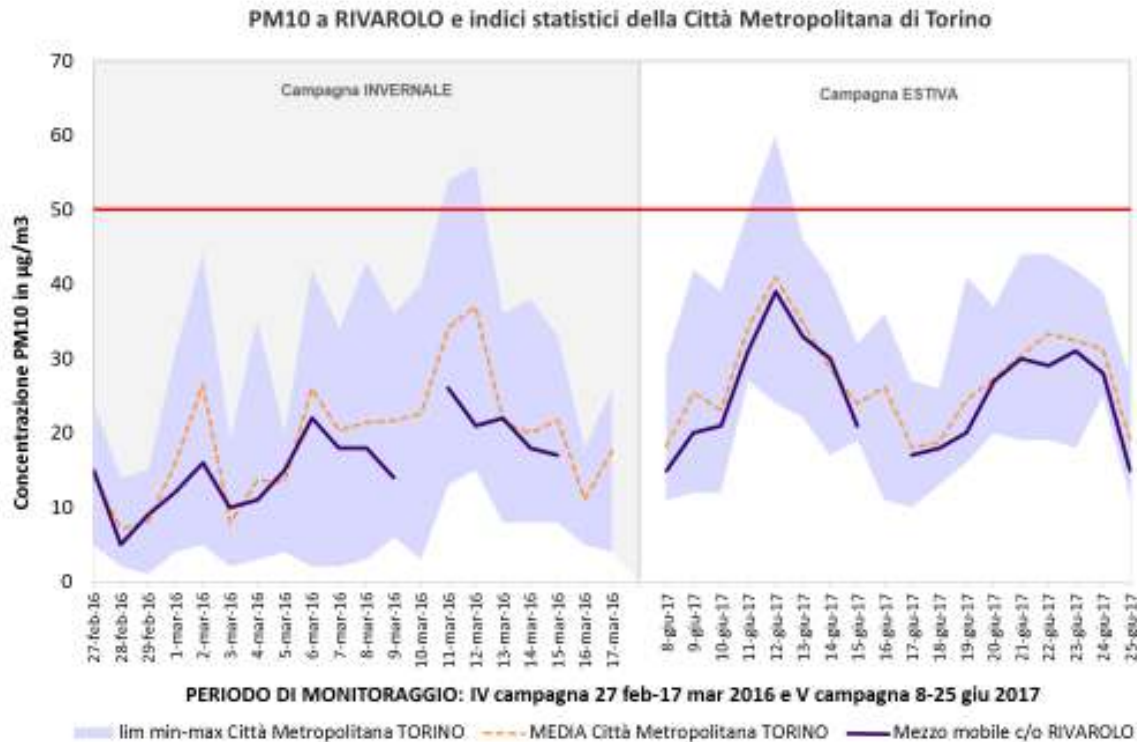
Figura 29 - Particolato sospeso PM10: confronto con i dati di alcune stazioni RRQA e dati meteo



Il D.Lgs 155/2010 prevede per le polveri PM10 un valore limite annuale per la protezione della salute umana di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Anche in questo caso la durata della campagna non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo e non è possibile quindi un confronto diretto con le misure effettuate. Tuttavia, così come è stato fatto per l' NO_2 , per arrivare ad un dato di concentrazione annuale di PM10 per il sito di Rivarolo C.se si può fare riferimento ai dati della Rete Regionale di Qualità dell'Aria del Piemonte. Si possono anche in questo caso applicare due procedimenti distinti, uno più semplice e immediato, l'altro più articolato e rigoroso, i cui risultati non differiscono di molto. Il primo metodo consiste nel confrontare il dato di Rivarolo con quello della stazione di Borgaro, simile per caratteristiche e geograficamente prossima al sito in esame ed applicare una semplice formula

matematica descritta in nota³. Per Rivarolo è stato quindi stimato un valore annuale di PM10 di 27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Figura 31 e Tabella 16).

Figura 30 – PM10: indici statistici CM di Torino



L'altra modalità, più complessa ma probabilmente più rigorosa, consiste nel prendere in considerazione tutte le stazioni della Rete Regionale di Qualità dell'Aria (RRQA) del Piemonte. Per i 28 siti della RRQA⁴ sono stati rapportati i valori di concentrazione del PM10 come media del biennio 2016-2017 (i due anni in cui si è svolto l'ultimo monitoraggio), alla concentrazione media calcolata nei giorni delle due campagne svolte a Rivarolo, ed è stata costruita la retta di interpolazione di Figura 31. Il coefficiente di determinazione R^2 trovato, evidenzia che la correlazione tra i dati è buona. Con questo metodo è stato così possibile prevedere una concentrazione media annuale per Rivarolo, riferita al biennio 2016-17, di 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. I valori ottenuti attraverso le due modalità di calcolo sono altamente comparabili (27 e 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) e come dimostra il grafico in entrambi i casi si tratta di valori inferiori al limite annuale di 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e uguali o leggermente inferiori alla media del Piemonte (27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Può essere interessante a questo proposito fare alcune considerazioni sul rispetto del valore limite giornaliero, che, dice la legge, non deve essere superato più di 35 volte in un anno solare e che durante la campagna invernale del 2016 a Rivarolo non è mai stato superato. Il dato misurato nel

³ Sono state calcolate le medie di PM10 - annuale e relativa al periodo delle due campagne di misura - per la stazione di Borgaro che meglio rappresenta le condizioni della stazione di Rivarolo; dal rapporto con la media degli anni 2016-17 di Borgaro si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne di Rivarolo permette di ricavare la stima annuale per il sito in esame; la formula utilizzata è la seguente: $M_c = (M_p / m_p) \times m_c$

dove

m_c : media periodo campagne PM10 di Rivarolo (20.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

M_c : media anni 2016-17 di PM10 di Rivarolo (27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

m_p : media periodo campagne PM10 di Borgaro (27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

M_p : media anno 2016-17 di PM10 di Borgaro (35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

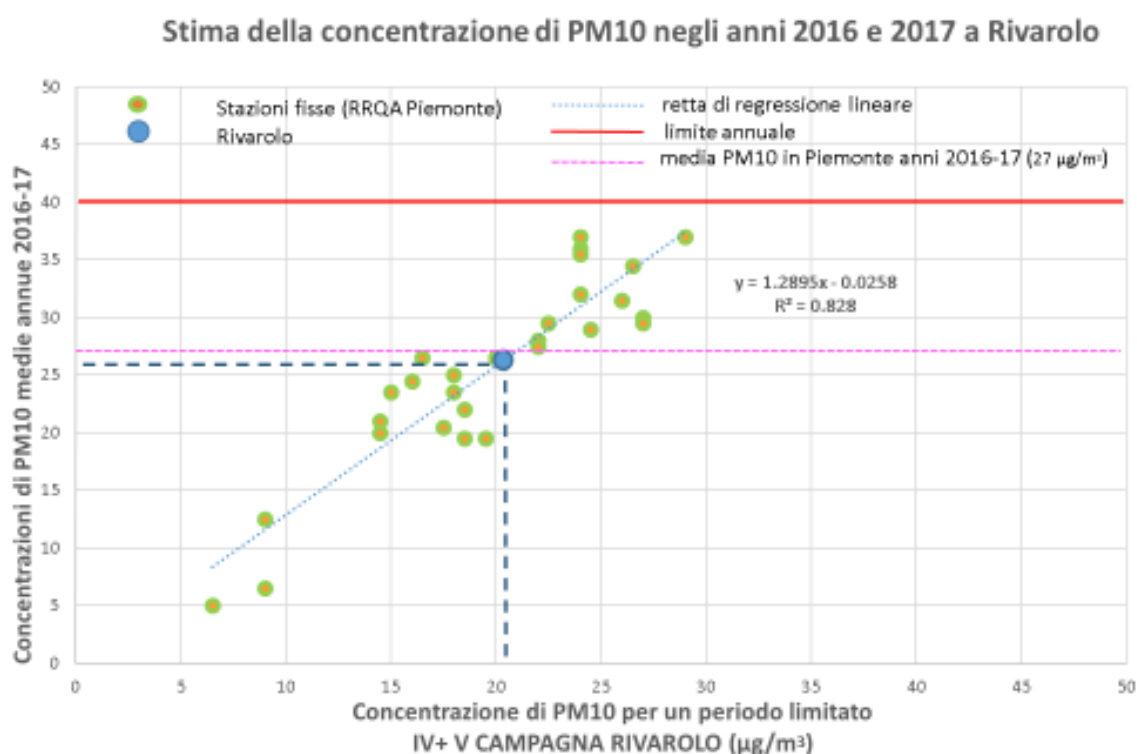
⁴ Sono state scelte solo le stazioni della rete regionale che presentavano più del 90% dei dati nel periodo considerato.

febbraio-marzo del 2016 potrebbe tuttavia indurre ad una valutazione frettolosa sul rispetto del limite dei superamenti annuali nel comune indagato. Esiste. Infatti, uno studio svolto da Bertello et al.⁵ che individua per il PM10 una correlazione statistica tra media annuale e numero di giorni di superamento del valore limite giornaliero. Il lavoro evidenzia che sul territorio piemontese il limite di 35 superamenti del valore limite giornaliero viene rispettato quando la media annuale calcolata è inferiore a $24,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Quindi benché nella campagna invernale a Rivarolo non sia stato registrato alcun superamento del limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, si può tuttavia ipotizzare sulla base del valore di media annuale stimato per il comune di Rivarolo ($26-27 \mu\text{g}/\text{m}^3$) che il valore limite giornaliero sarebbe stato superato più di 35 volte nel caso di un anno completo di misurazioni e che quindi non sarebbe stato rispettato il limite di legge per ciò che concerne il numero di superamenti, il più difficile da rispettare. Dai soli dati della campagna invernale del 2016 non sarebbe stato possibile fare questa estrapolazione a causa del periodo tardo invernale in cui si è svolto il campionamento.

I risultati dello studio citato si dimostrano quindi molto utili nei casi in cui, come a Rivarolo, il periodo di monitoraggio per motivi tecnici o logistici non coincide necessariamente con i mesi più critici per le polveri sottili - il bimestre dicembre/gennaio - perché ci permette comunque di valutare il rispetto reale di tutti i limiti annuali anche in assenza di evidenze nelle misurazioni svolte.

Nella Tabella 16 sono elencate le concentrazioni di PM10 per le stazioni della città Metropolitana di Torino durante le campagne di monitoraggio svolte a Rivarolo dal 2014 al 2017. Si può notare che nelle ultime due campagne di misura - 2016 e 2017 - la concentrazione di PM10 a Rivarolo è sempre inferiore alla media della Città Metropolitana di Torino.

Figura 31 – PM10: stima della concentrazione annuale a Rivarolo



⁵ Bertello e al., Analisi della correlazione fra media annuale e numero di superamenti del valore limite per il PM10 – La situazione del Piemonte nel quadro europeo - Convegno Nazionale sul Particolato Atmosferico anno 2016

Tabella 16: Dati relativi al particolato sospeso PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Stazioni di misura	Media PM10 I campagna 28 gen – 4 mar 2014 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Media PM10 II campagna 6 ago – 16 set 2014 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Media PM10 III campagna 15 gen_15 feb 2015 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Media PM10 IV campagna 27 feb_17 mar 2016 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Media PM10 V campagna 8-25 giugno 2017 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
	INVERNO	ESTATE	INVERNO	INVERNO	ESTATE
Ceresole Reale	3	7	3	6	18**
Baldissero	-	-	20	8	10
Druento	17	16	26	10	-
Susa	16	13	20	10	25
Oulx	16*	15	14	11	22
Pinerolo	-	-	21	13	23
Ivrea	23*	14	39	15	25
RIVAROLO	33	18	40	16	25
Collegno	31	20	42	17	31
Leini	26	16	47	22	21
Borgaro T.se	33*	22*	46	22	31
Settimo	40	18	61	26	-
Carmagnola	45	24	54	27	38**
To - Rubino	32	18	46	19	29
To - Lingotto	32	21	48	23*	27
To - Consolata	37	20	51	28*	31**
TO - Rebaudengo	45	22*	58	28*	35
To - Grassi	49	24*	55	34*	34
Media Città Metropolitana	29	29	38	19	27

* percentuale dati validi < 90% (tra 75 e 86%); **percentuale di dati validi dell'89%

PM2.5

Il parametro PM2.5 segue, come andamento temporale dei valori medi di concentrazione giornaliera, il PM10 (

Figura 32). Il valore medio della campagna invernale è molto basso, pari a $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$, che corrisponde al 75% della media del PM10, dato in linea con il periodo invernale indagato. Durante la campagna estiva la concentrazione media di Rivarolo è stata di $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$, equivalente al 65% circa del PM10; come è normale la percentuale di PM2.5 sul PM10 si abbassa nei mesi estivi (Tabella 17).

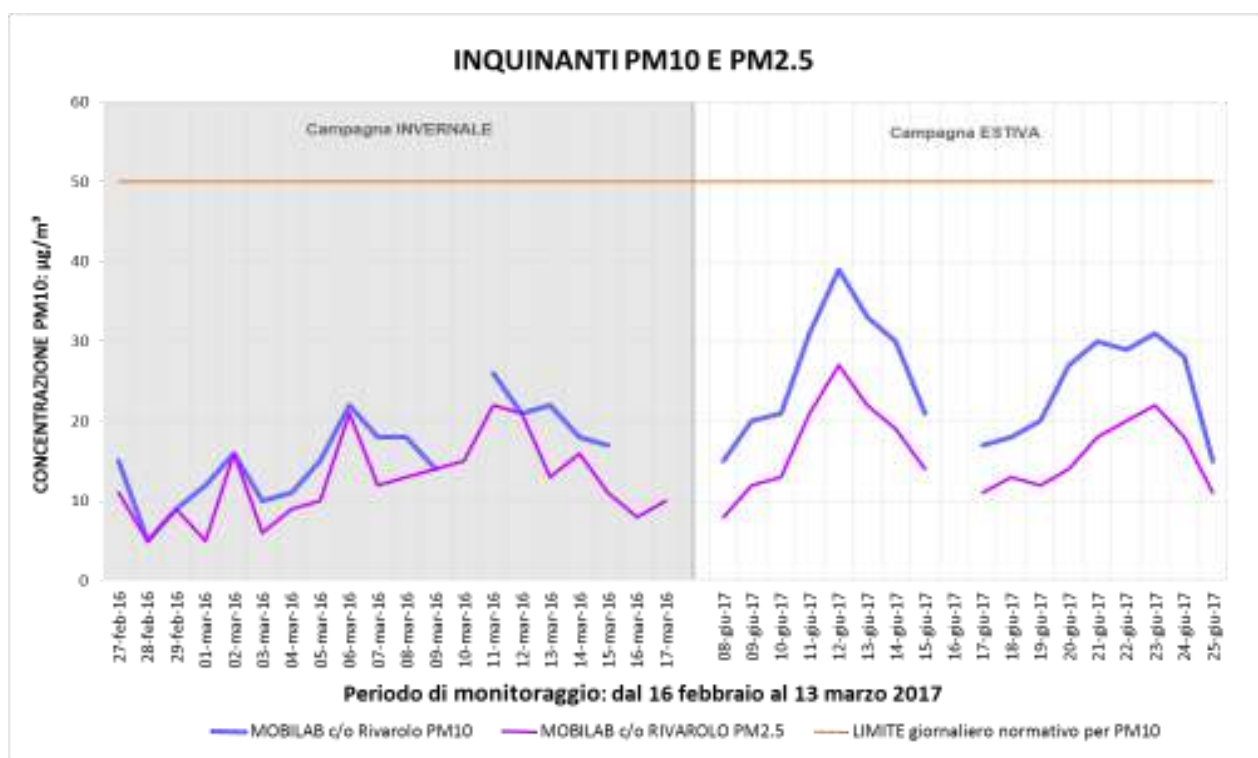
Le considerazioni fatte per il PM10 valgono anche per il parametro PM2.5: le scarse differenze tra le concentrazioni delle due campagne di misura in oggetto dipendono dal fatto che entrambe si sono svolte in un periodo di transizione tra due stagioni climatiche: inverno-primavera per la campagna del 2016 e primavera-estate per quella del 2017, quando inevitabilmente le caratteristiche tipiche della stagione fredda e di quella calda sono un po' meno marcate. A ciò si aggiunge il fatto che il periodo invernale è stato piuttosto piovoso, con conseguente abbassamento delle concentrazioni di polveri sottili e la campagna estiva si è svolta invece in un periodo particolarmente secco dell'anno 2017, che ha favorito l'accumulo degli inquinanti.

Dai grafici di Figura 33 notiamo che, in termini relativi, i valori di PM2.5 nel sito di Rivarolo C.se sono risultati mediamente comparabili a quelli delle altre stazioni della Città Metropolitana in cui si svolge tale misura, spesso inferiori anche alle stazioni geograficamente e per tipologia più prossime al sito in esame. È possibile inoltre notare che nelle ultime campagne di misura il dato di Rivarolo è stato sempre inferiore al dato mediato sul territorio provinciale.

Tabella 17 - Dati relativi al particolato sospeso PM_{2.5}($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Inverno 2016	Estate 2017
Minima media giornaliera	5	8
Massima media giornaliera	22	27
Media delle medie giornaliere (b):	12	16
Giorni validi	20	17
Percentuale giorni validi	100%	94%

Figura 32 - Particolato sospeso PM₁₀ e PM_{2.5}: confronto



La Tabella 18, infine, mette a confronto i valori di PM_{2.5} per Rivarolo e le stazioni della rete fissa nei periodi relativi a tutte le campagne di misura svolte. Si nota che i valori di PM_{2.5} di Rivarolo sono in linea con quelli di altre stazioni della Città Metropolitana di Torino, come ad esempio Ivrea, una stazione suburbana di fondo di simili caratteristiche. Nelle ultime due campagne inoltre il valore registrato nel sito di misura è inferiore alla media della Città Metropolitana (CM) di Torino (**Figura 34**).

Figura 33 - Particolato sospeso PM2.5: confronto con i dati di alcune stazioni della rete fissa

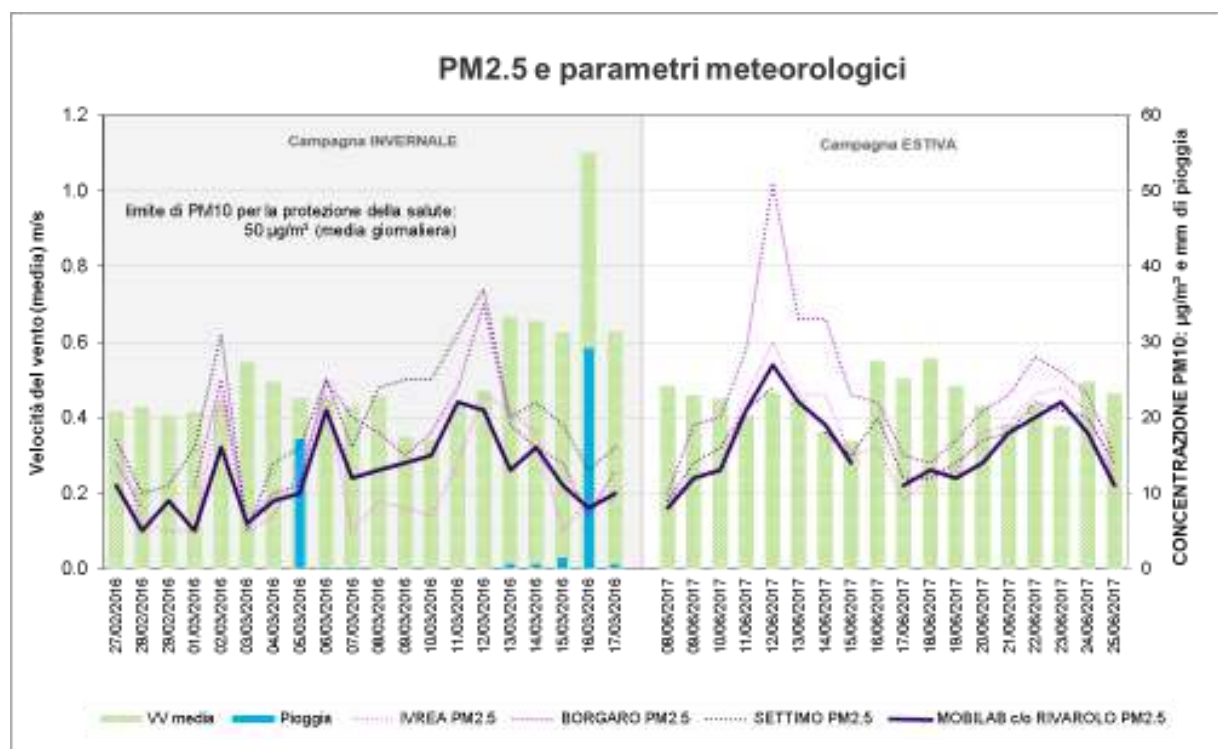
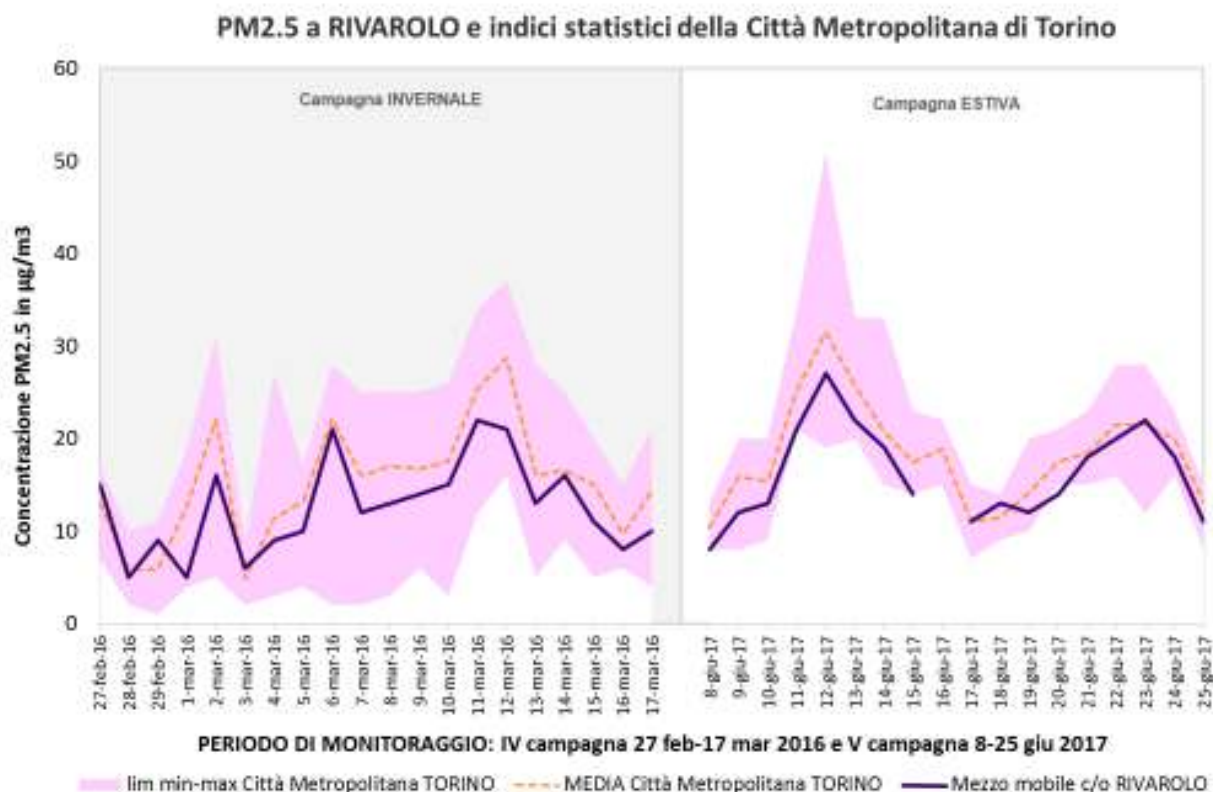


Tabella 18 - valori medi PM2.5 per Rivarolo e le stazioni della rete fissa in tutte le campagne di misura

Stazioni di misura	Media PM2.5 II campagna 28 gen – 4 mar 2014[µg/m³]	Media PM2.5 II campagna 6 ago – 16 set 2014[µg/m³]	Media PM2.5 III campagna 15 gen-15 feb 2015 [µg/m³]	Media PM2.5 IV campagna 27 feb-17 mar 2016 [µg/m³]	Media PM2.5 V campagna 8-25 giu 2017 [µg/m³]
Ceresole Reale	2	6	3	5	14**
Ivrea	22*	11	33	12	18
RIVAROLO - Mobilab	25	12	34	12	16
Chieri	29*	13	35	17	18
Leinì	25	12	39	18	13*
Borgaro T.se	29	12	35	16	23
Settimo	32	13	49	20	17
To - Lingotto	27	14	35	15	19
TO - Rebaudengo	27	16	46	18	22**
Media CM di Torino	24	12	34	15	19

Figura 34 – PM2.5: indici statistici CM di Torino



La normativa italiana ed europea prevede per il PM2.5 solamente il rispetto di un limite annuale, pari a $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Anche in questo caso per arrivare ad un dato di concentrazione annuale di PM2.5 per il sito di Rivarolo C.se si può fare riferimento ai dati della Rete Regionale di Qualità dell'Aria del Piemonte, utilizzando due metodi differenti. Come per il PM10 è possibile innanzitutto fare un confronto diretto con la stazione di Borgaro T.se, simile per caratteristiche e prossima al sito in esame. Tramite il procedimento descritto nella nota⁶, tramite questo metodo è stato stimato un valore annuale di PM2.5 di $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Figura 35).

L'altra modalità, più complessa e rigorosa, prende in considerazione tutte le stazioni della Rete Regionale di Qualità dell'Aria (RRQA) del Piemonte. Per i 17 siti della RRQA⁷ sono stati rapportati i valori di concentrazione del PM2.5 come media del biennio 2016-2017 in cui si è svolto il monitoraggio, alla concentrazione media calcolata nei giorni delle due campagne svolte a Rivarolo, ed è stata costruita la retta di interpolazione (Figura 35), il cui coefficiente di determinazione R^2 evidenzia una buona correlazione tra i dati. In base all'equazione della retta a Rivarolo è stata stimata una concentrazione media annua di PM2.5 di $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

I valori ottenuti attraverso le due modalità di calcolo sono altamente comparabili (18 e $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e permettono di prevedere in caso di un ipotetico campionamento annuale nel comune di Rivarolo il

⁶ Sono state calcolate le medie di PM2.5 - annuale e relativa al periodo delle due campagne di misura - per la stazione di Borgaro che meglio rappresenta le condizioni della stazione di Rivarolo; dal rapporto con la media degli anni 2016-17 di Borgaro si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne di Rivarolo permette di ricavare la stima annuale per il sito in esame; la formula è la seguente: $M_c = (M_p / m_p) \times m_c$

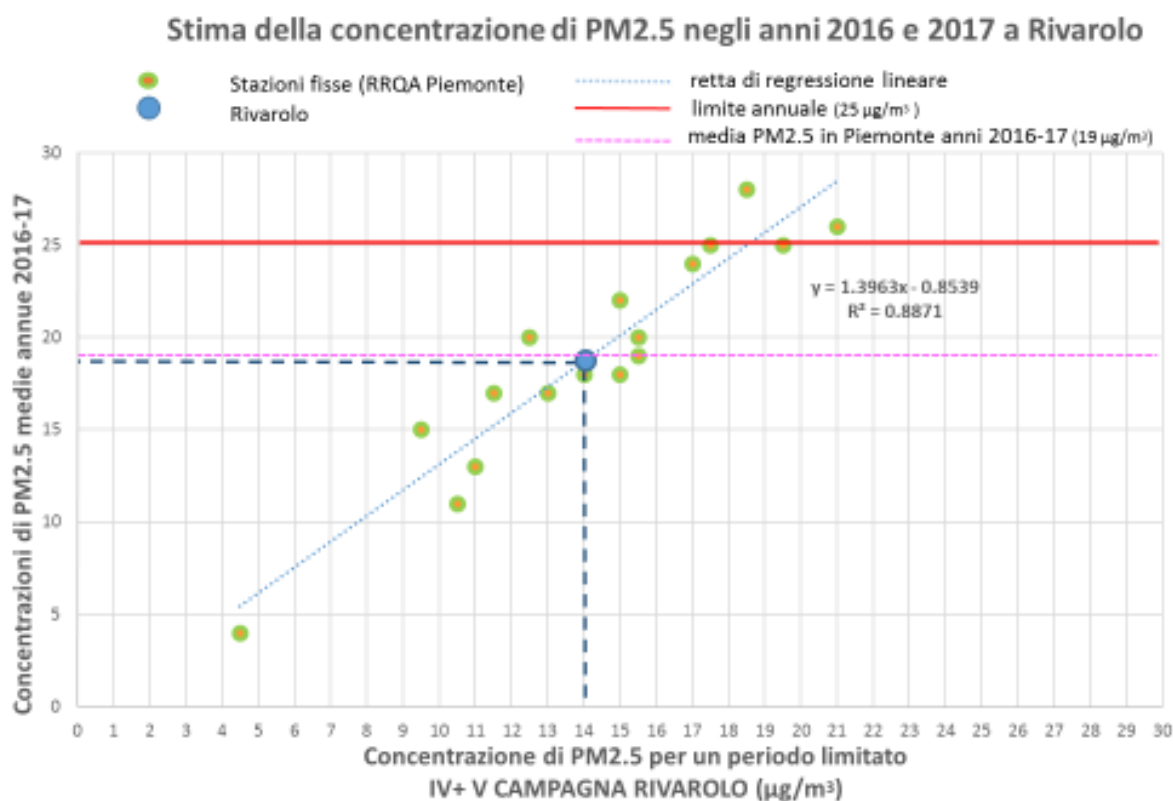
dove:
 m_c : media periodo campagne PM10 di Rivarolo ($20.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$)
 m_p : media periodo campagne PM10 di Borgaro ($27 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

M_c : media anni 2016-17 di PM10 di Rivarolo ($27 \mu\text{g}/\text{m}^3$)
 M_p : media anno 2016-17 di PM10 di Borgaro ($35 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

⁷ Sono state scelte solo le stazioni della rete regionale che presentavano più del 90% dei dati nel periodo considerato.

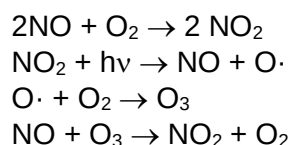
rispetto del limite normativo di $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$; la concentrazione ipotetica di PM_{2.5} annuale risulta inoltre uguale o leggermente inferiori alla media del Piemonte ($19 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Figura 35 – PM_{2.5}: Stima della concentrazione annuale a Rivarolo C.se



Ozono

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, così si riassumono le reazioni coinvolte nella formazione di O_3 :



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).

I dati relativi all'ozono misurato nelle due campagne svolte nel comune di Rivarolo sono presentati nella Tabella 19 e nelle Figure 36-39. Come atteso solamente nella campagna estiva si registrano superamenti dei valori normativi. D'inverno infatti si può dire che l'ozono sia l'inquinante meno critico tra quelli monitorati, a causa del minore irraggiamento solare, da cui dipende in gran parte la sua formazione.

Tabella 19 - Dati relativi all'ozono (O_3) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

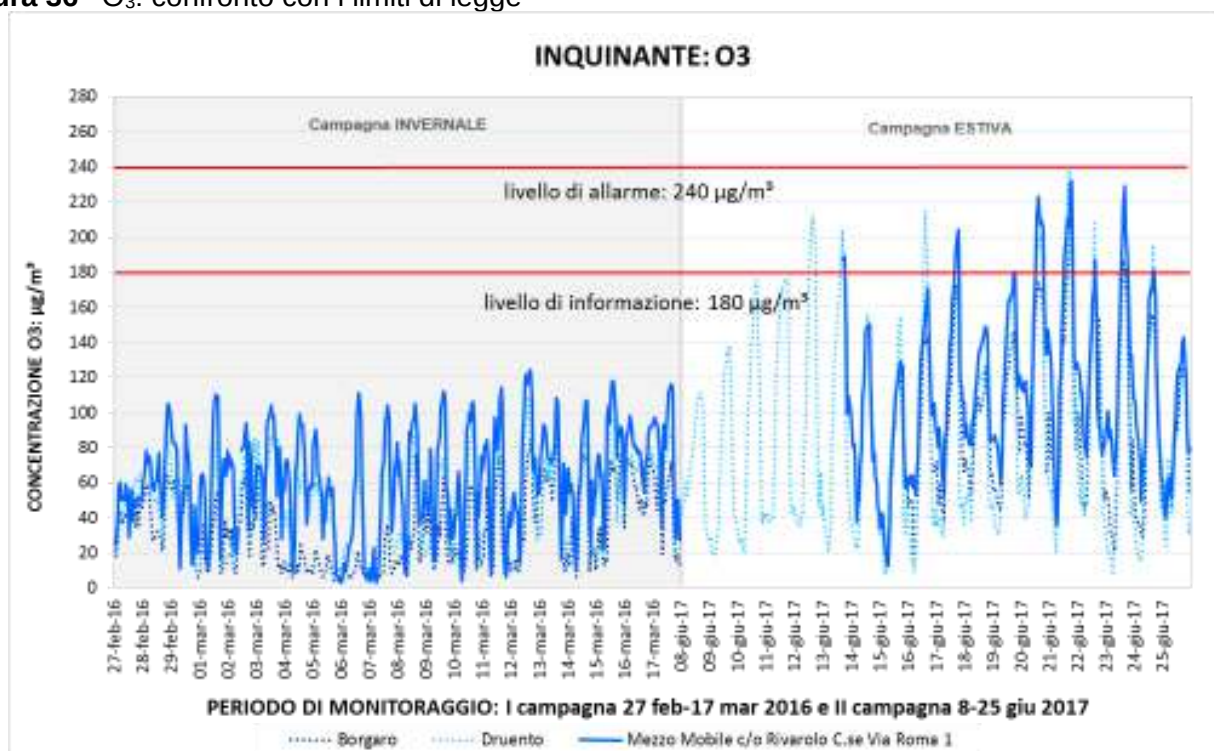
O_3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Inverno 2016	Estate 2017
Minima media giornaliera	5.2	2
Massima media giornaliera	36	147
Media delle medie giornaliere	12	104
Giorni validi	29	13
Percentuale giorni validi	100%	72%
Media dei valori orari	12	105
Massima media oraria	70	232
Ore valide	696	320
Percentuale ore valide	100%	74%
Minimo medie 8 ore	3.9	2
Media delle medie 8 ore	12	104
Massimo medie 8 ore	54	209
Percentuale medie 8 ore valide	100%	73%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (120)</u>	0	115
<u>N. di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 120)</u>	0	11
<u>Numero di superamenti livello informazione (180)</u>	0	28
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello informazione (180)</u>	0	6
<u>Numero di valori orari superiori al livello allarme (240)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (240 per almeno 3 ore consecutive)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un valore superiore al livello allarme (240)</u>	0	0

Come si evince dai grafici, il periodo estivo non è completo perché nella prima parte della V campagna di misura l'analizzatore non ha funzionato correttamente fino al 14 giugno. Nei 13 giorni validi è stato superato 11 volte l'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana, dato in linea con la media della Città Metropolitana di Torino per lo stesso periodo di misura.

D'altronde si è già detto che il mese di giugno è stato particolarmente secco, con precipitazioni nulle e temperature più elevate rispetto alla media del periodo. Giugno 2017 è stato, infatti, il 2° più caldo rispetto alla serie storica 1971-2000, con un'anomalia di temperatura pari a +3.7 °C. Non stupisce quindi che in tali condizioni meteorologiche di forte irraggiamento solare ci siano stati molti superamenti del valore soglia di 120 µg/m³ di ozono e 6 giorni in cui è stato superato il livello di informazione, cioè di una concentrazione oraria di 180 µg/m³.

Rispetto alle altre stazioni di monitoraggio di confronto dal grafico di Figura 38 si evidenzia che l'andamento del giorno medio per l'ozono a Rivarolo è comparabile con quello della stazione di fondo di Druento – sita nel parco delle Mandria - e leggermente superiore alle concentrazioni registrate nella stazione di Borgaro T.se.

Figura 36 - O₃: confronto con i limiti di legge



Il grafico Figura 39 inoltre permette di mettere in evidenza la dipendenza della concentrazione di ozono dai valori di temperatura e irraggiamento solare: nell'andamento del giorno medio si evidenziano solitamente dei picchi di concentrazione intorno alle 16.00 pomeridiane, mentre i minimi si verificano 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, uno dei principali componenti dell'aria ambiente coinvolti nei complessi processi di distruzione dell'ozono (vedi Figura 38 e Figura 39).

Per quanto riguarda il rispetto del limite annuale per la salute umana da non superare più di 25 volte in un anno solare si può procedere confrontando i dati misurati a Rivarolo con quelli delle stazioni fisse della rete di monitoraggio regionale. Durante la campagna estiva a Rivarolo sono stati registrati 11 superamenti in 13 giorni validi di misurazioni. Nello stesso periodo della campagna, e cioè dall'8 al 25 giugno la media di superamenti della Città Metropolitana è stata di 13.5, mentre la media annuale del 2017 è stata di 51 superamenti per il territorio provinciale. Applicando una semplice proporzioni risulta

evidente che se il monitoraggio fosse durato un intero anno solare, anche a Rivarolo nel 2017 sarebbe stato superato il limite annuale per la salute, con un numero ipotizzato di 42 superamenti totali.

Figura 37 - O₃ superamenti protezione della salute umana

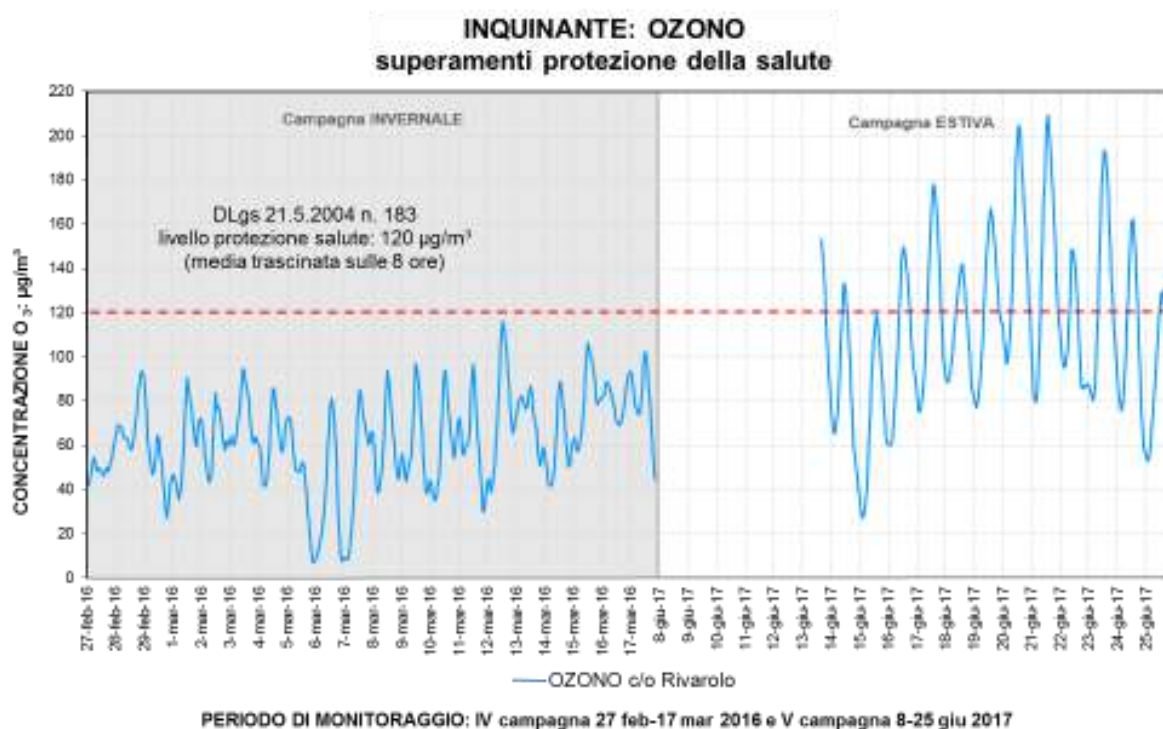


Figura 38 - Ozono giorno medio

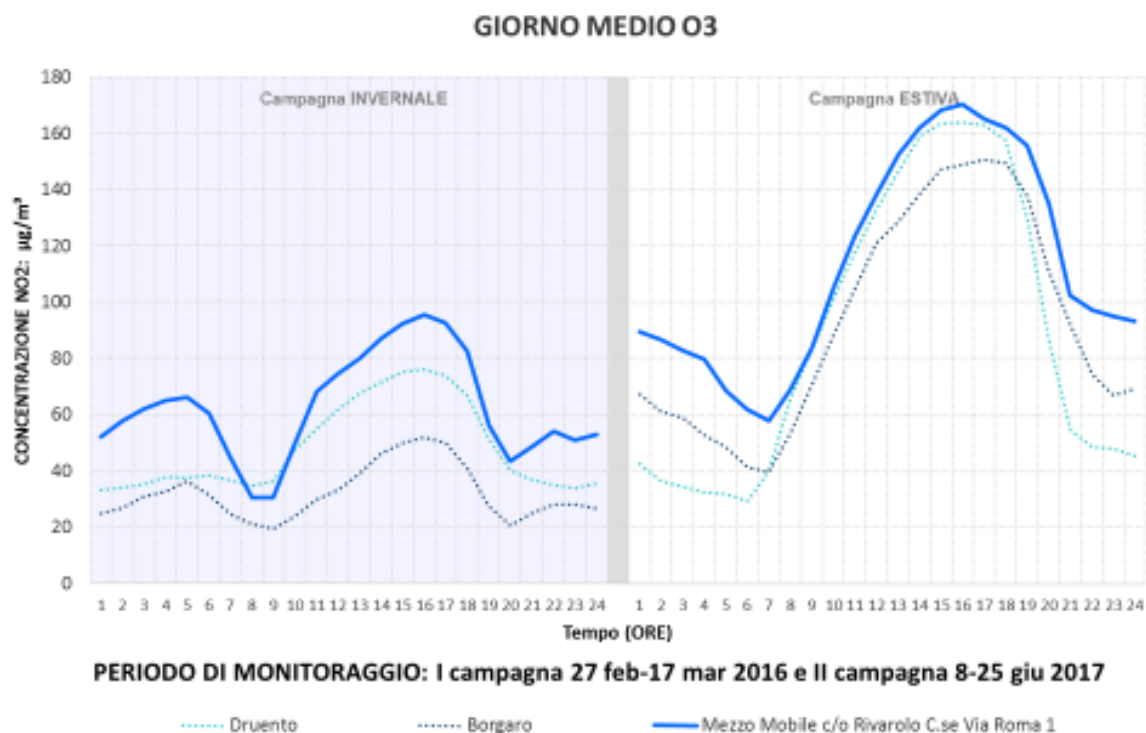
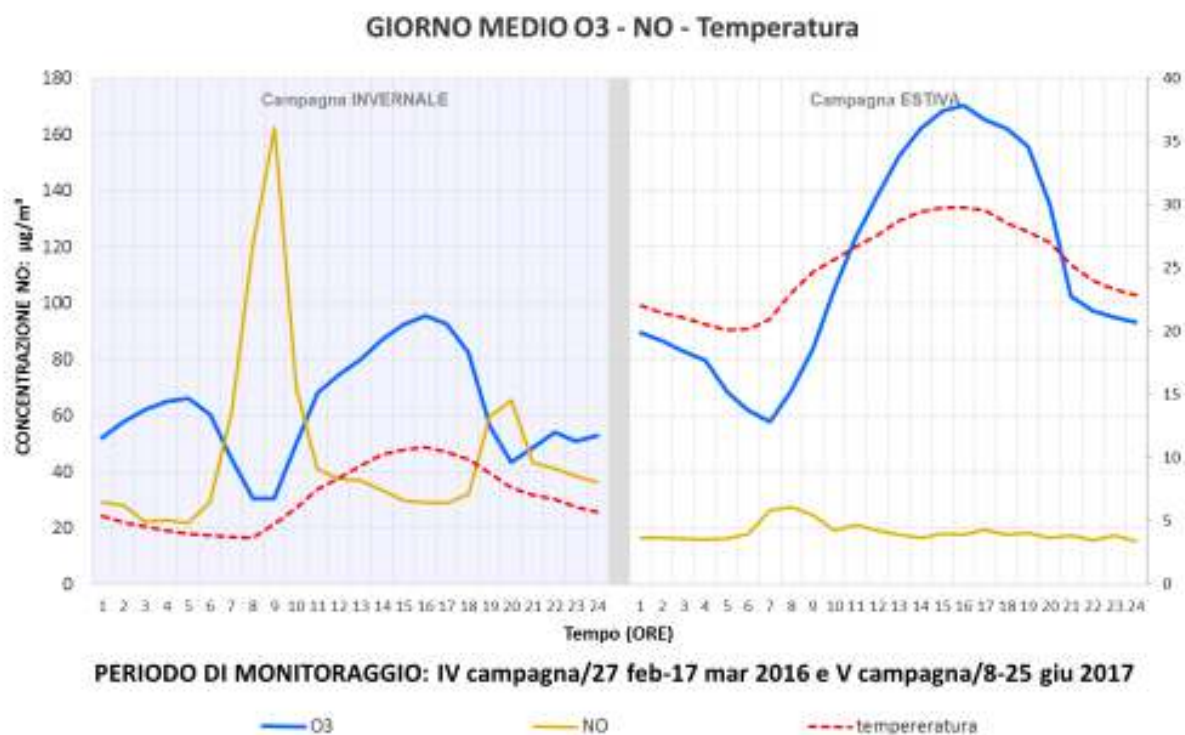


Figura 39 - Ozono, NO e temperatura - giorno medio



Idrocarburi Policiclici Aromatici

Gli idrocarburi policiclici aromatici, noti come IPA, sono un importante gruppo di composti organici caratterizzati dalla presenza di due o più anelli aromatici condensati. Gli IPA 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 IPA dell'80-90%⁸. 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 IPA. 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 IPA 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.)⁹.

In termini di massa gli IPA 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 IPA. Il D.Lgs. 152/2007 individua anche altri sei idrocarburi policiclici aromatici di rilevanza tossicologica (art. 5.4) che vanno misurati 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 IPA, 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)¹⁰ 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 obiettivo di qualità solo per il benzo(a)pirene qui di seguito riportato.

Tabella 20: 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

Analogamente agli altri inquinanti in cui esiste un limite di legge annuale (NO₂, Benzene, PM₁₀, PM_{2.5}) e visto che la durata del monitoraggio del sito di Rivarolo è pari a 20 +17 giorni, la media delle

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

⁹ EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook – 2007 pag. B216-29 tab 8.1a e B216-.32 tab 8.2 b

¹⁰ International Agency for Research on Cancer (IARC) –Agents reviewed by the IARC monographs Volumes 1-100A last updated 2 april 2009

due campagne di misura 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.

La stagione più critica per gli IPA è quella invernale; i mesi di dicembre e gennaio fanno di norma registrare le concentrazioni più elevate, mentre da febbraio in poi i valori cominciano a scendere. Durante la campagna invernale del 2016 (27 febbraio 17 marzo 2016) il valore medio di benzo(a)pirene è stato di 0.5 ng/m³, inferiore al limite annuale e in linea con i dati delle stazioni di Ivrea e Borgaro t.se, per posizione e caratteristiche simili al sito in esame (Figura 40). Poiché le stazioni di Ivrea e Borgaro nel 2016 per il benzo(a)pirene hanno rispettato il valore limite di 1 ng/m³, si presume che anche nel sito di Rivarolo il limite sarebbe rispettato, qualora il parametro venisse misurato per tutto l'anno solare.

Gli altri IPA monitorati hanno evidenziato concentrazioni simili a quelle delle due stazioni di riferimento – Ivrea e Borgaro - collocandosi in genere a metà tra il dato di Ivrea, più basso, e quello di Borgaro, più alto (Figure 41-43).

Nel caso della campagna estiva la concentrazione di benzo(a)pirene trovata è addirittura inferiore al limite di rilevabilità, come peraltro in quasi tutte le stazioni della rete fissa di monitoraggio.

Tabella 21: Rivarolo - concentrazione IPA rilevati nel monitoraggio

IPA (ng/m ³)	Inverno 2016	Estate 2017
Benzo(a)pirene	0.5	< LR*
Benzo(a)antracene	0.35	0.04
Benzo(b+j+k)fluorantene	1.49	0.11
Indeno(1,2,3-cd) pirene	0.76	0.04
Percentuale giorni validi	90%	94%

*LR sta per Limite di Rilevabilità dello strumento.

Figura 40 - Benzo(a)pirene confronto della media della campagna invernale con altre stazioni provinciali

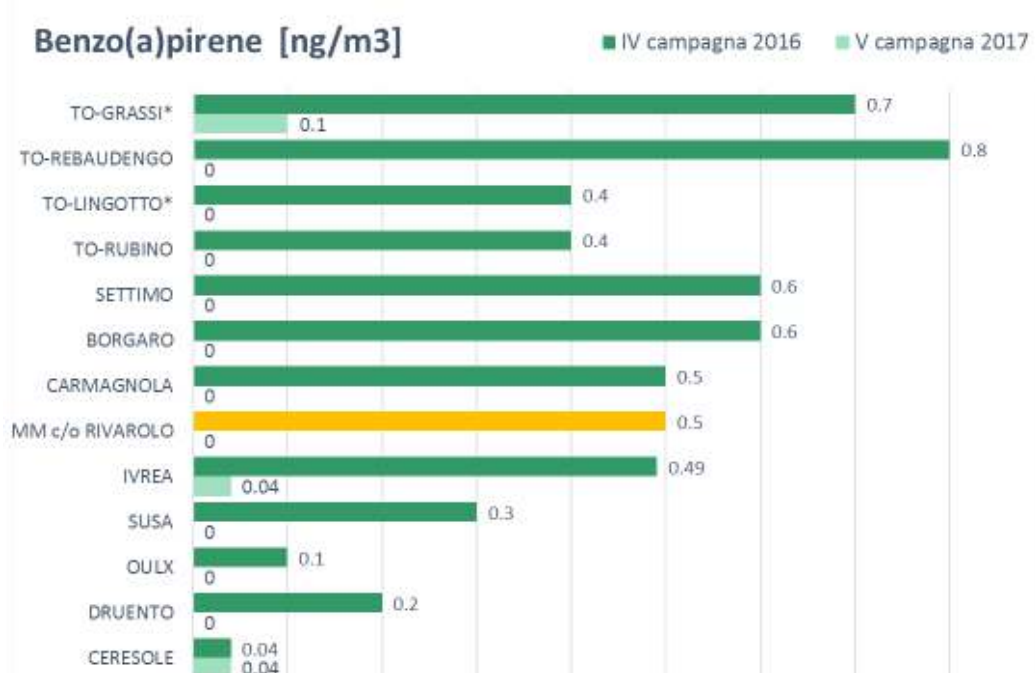


Figura 41 - Benzo(a)antracene confronto della media della campagna invernale con altre stazioni provinciali

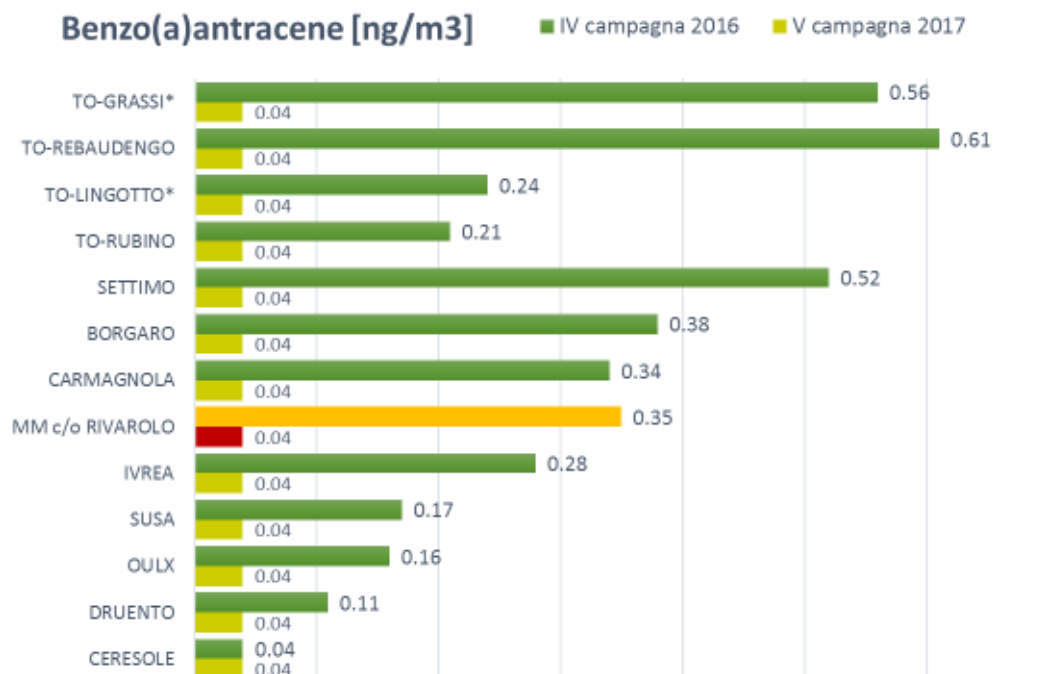


Figura 42 - Benzo(b+j+k)fluorantene confronto della media della campagna invernale con altre stazioni provinciali

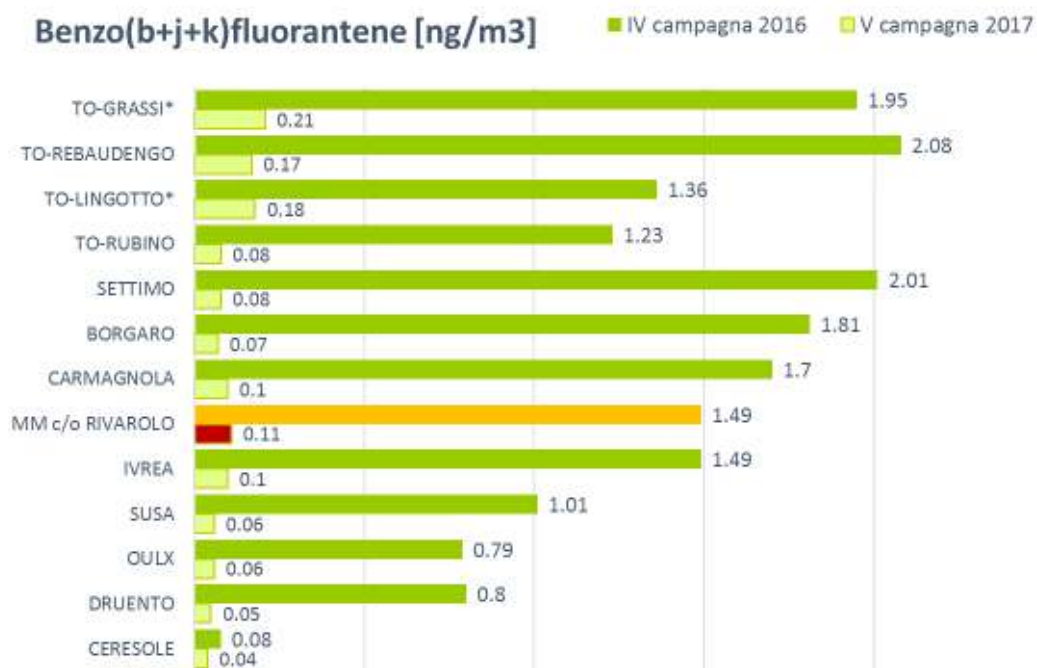
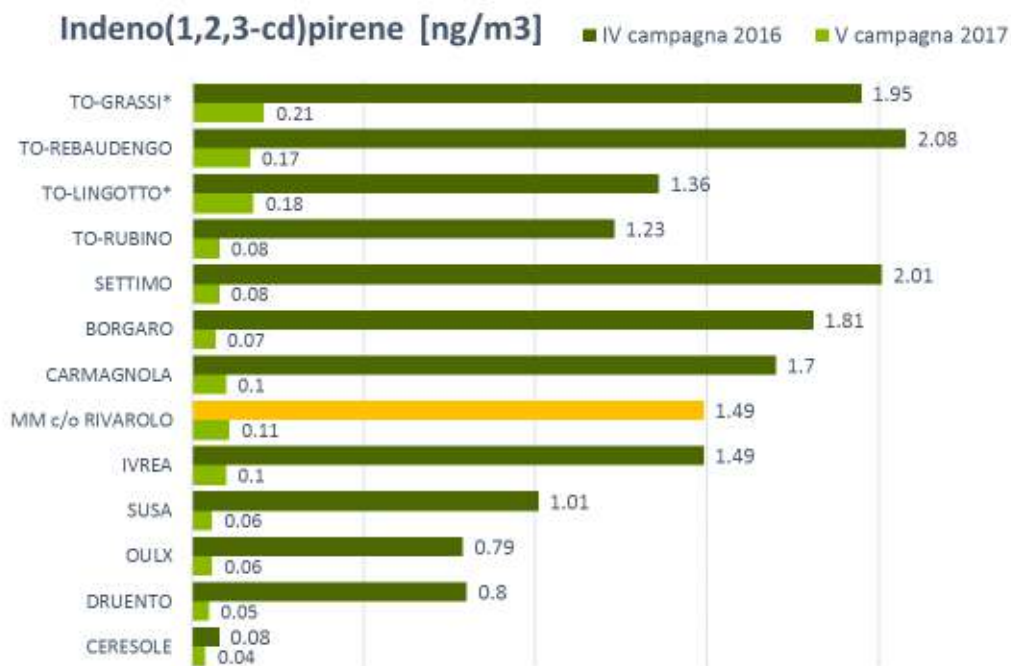


Figura 43 - Indeno(1, 2, 3-cd)pirene confronto della media della campagna invernale con altre stazioni provinciali



Metalli

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 dallo svolgimento delle 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.

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

Tabella 22: il valore limite per la protezione della salute umana per il piombo e i valori obiettivo per As, Cd e Ni.

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	$0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	1 gennaio 2005
VALORE OBIETTIVO DELLA MEDIA ANNUALE		
Periodo di mediazione	Valore Obiettivo	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
CADMIO (Cd)		
Anno civile	$5 \text{ ng}/\text{m}^3$	31 dicembre 2012
NICHEL (Ni)		
Anno civile	$20 \text{ ng}/\text{m}^3$	31 dicembre 2012
ARSENICO (As)		
Anno civile	$6 \text{ ng}/\text{m}^3$	31 dicembre 2012

In generale nel territorio della Città Metropolitana di Torino i valori limite per i quattro metalli imposti dalla normativa sono ampiamente rispettati, oramai da anni.

La durata del monitoraggio di Rivarolo è pari a 20 + 17 giorni, quindi non paragonabile all'arco temporale di riferimento normativo (annuale), ma i valori riscontrati per cadmio, nichel e piombo sono tra i più bassi rilevati nella rete di monitoraggio provinciale (vedi Figura 44-46) e quindi si può tranquillamente ipotizzare che i limiti annuali anche a Rivarolo sarebbero rispettati.

L'unica eccezione è rappresentata dall'arsenico (Figura 47) per cui a Rivarolo nella campagna invernale del 2016 si registra un valore di 0.8 ng/m³ a fronte di 0.7 ng/m³ per le stazioni di misura della rete fissa. Nonostante il dato spicchi nel quadro complessivo, si tratta pur sempre di una variazione minima, - 0.1 ng/m³ - che sicuramente non inciderebbe sul rispetto del limite annuale anche a Rivarolo, qualora tale metallo venisse monitorato durante tutto l'anno solare.

Tabella 23: concentrazione dei quattro metalli nel PM10 rilevati nel monitoraggio a Rivarolo

Metalli normati	Inverno 2016	Estate 2017
Cadmio (ng/m ³)	0.08	0.07
Nichel (ng/m ³)	0.8	0.7
Piombo (µg/m ³)	0.08	0.07
Arsenico (ng/m ³)	0.8	0.7
Percentuale giorni validi	90%	94%

Figura 44: Cadmio confronto della media della campagna invernale con altre stazioni provinciali

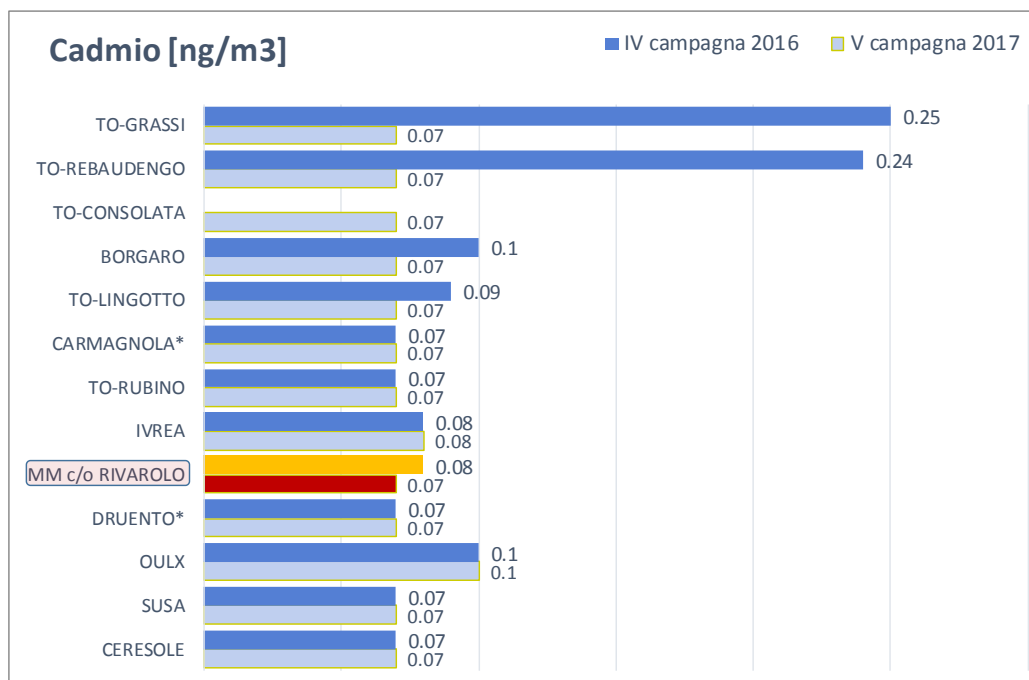


Figura 45: Nichel confronto della media della campagna invernale con altre stazioni provinciali

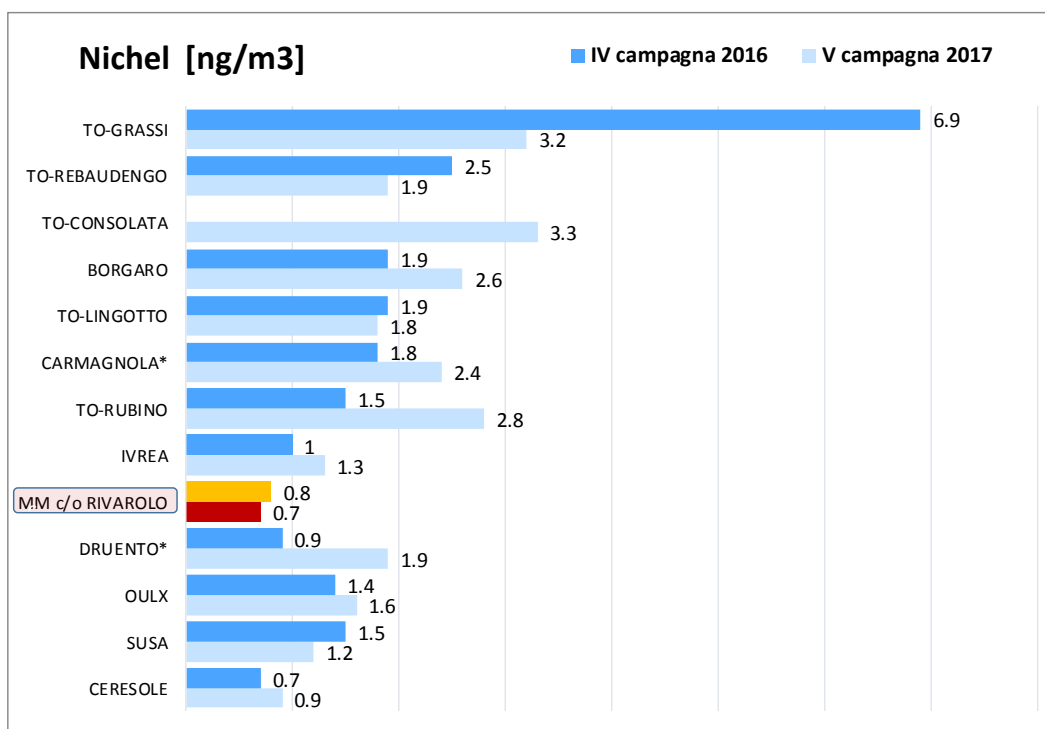


Figura 46: Piombo confronto della media della campagna invernale con altre stazioni provinciali

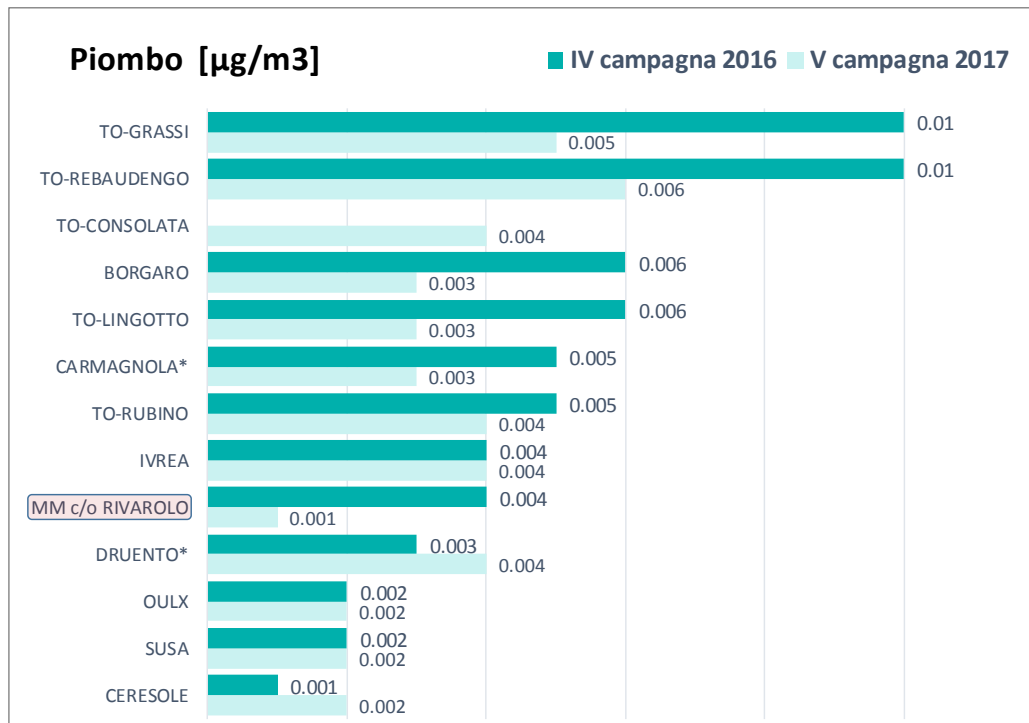
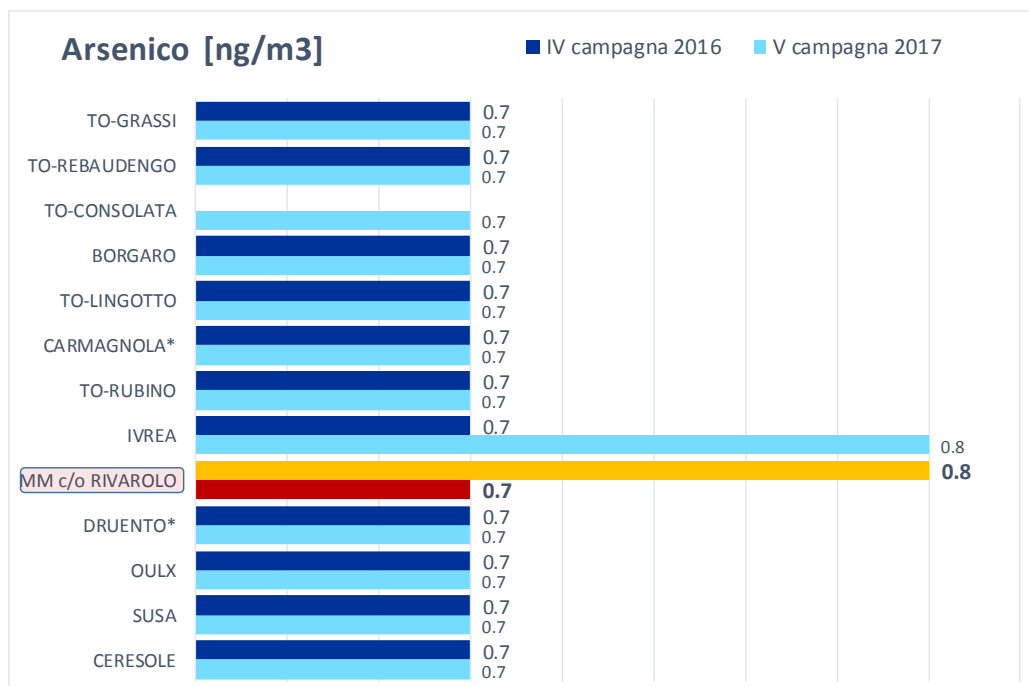


Figura 47: Arsenico confronto della media della campagna invernale con altre stazioni provinciali



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 Città Metropolitana 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) e per l'inquinante con massimi estivi (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 e monossido di carbonio.

Il PM10 non ha presentato superamenti del valore limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nei 20 giorni di monitoraggio invernale. Dal momento che nessuna stazione della rete fissa della Città Metropolitana ha presentato superamenti del limite giornaliero si può affermare che il periodo considerato – dal 27 febbraio al 17 marzo 2016 - sia stato su tutto il territorio particolarmente favorevole alla dispersione degli inquinanti. Anche nel periodo estivo non ci sono stati superamenti del limite giornaliero, benché i valori medi di PM10 e PM2.5 risultino leggermente più alti di quelli registrati nel periodo invernale. Ciò è dovuto in parte al periodo della campagna di monitoraggio, di transizione tra la stagione primaverile e quella propriamente estiva (giugno 2017) e in parte alle caratteristiche meteorologiche complessive dei giorni di campionamento in cui siccità e temperature elevate non hanno favorito la dispersione degli inquinanti verso gli strati più alti dell'atmosfera.

Durante la campagna di giugno 2017, difatti, è stato superato 11 volte (su 13 giorni di campionamento) l'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana per l'inquinante di norma critico d'estate, l'ozono. Le condizioni meteorologiche di forte irraggiamento solare hanno di fatto favorito il superamento del valore soglia di $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di ozono e portato al superamento del livello di informazione di $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in ben 6 giorni di misura. Sulla base del confronto con le stazioni della rete regionale di qualità dell'aria, si è poi stimato che anche a Rivarolo un campionamento annuale avrebbe portato al mancato rispetto del limite annuale per la salute umana, ipotizzando un numero di superamenti giornalieri nel 2017 (anno della campagna estiva) maggiore dei 25 consentiti dalla normativa.

Per quanto riguarda il rispetto dei limiti annuali per gli inquinanti prevalentemente invernali, nonostante la durata complessiva delle due campagne del 2016 e del 2017 non permette il confronto formale con questo limite di legge, è stato comunque possibile stimare per NO_2 , PM10 e PM2.5 un valore medio annuale che sarebbe stato calcolato a Rivarolo qualora la campagna fosse durata tutto l'anno. Per NO_2 è stato stimato un valore annuale di $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$, quindi abbondantemente al di sotto del limite di legge ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Per il PM10 la concentrazione media annuale stimata è stata di $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$, anche in questo caso al di sotto del limite di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e in linea con la media della Città Metropolitana di Torino. Per il PM2.5 il valore medio annuale stimato è stato di $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$, coincidente con la media provinciale e inferiore al limite normativo di $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

A margine delle due campagne di misura inoltre è stata svolta una speciazione del particolato per valutare la presenza di IPA e metalli nei filtri campionati per la determinazione del PM10 gravimetrico. Per questi composti non esiste un limite giornaliero cui riferirsi, ma la normativa introduce solo un valore limite annuale da non superare. Per confronto con le altre stazioni della rete regionale di qualità dell'aria, si può affermare che per tutti e quattro gli idrocarburi policiclici aromatici ricercati e per i quattro metalli normati (cadmio, nichel, piombo e arsenico), un campionamento svolto durante un intero anno non avrebbe portato al superamento dei limiti di legge a Rivarolo.

Nel complesso nel periodo invernale 2016 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, e anche di quelle dell'inverno 2015 misurate nello stesso sito di misura, in via Roma 1, complice una meteorologia più favorevole. Per quanto riguarda le due campagne estive – agosto/settembre 2014 e giugno 2017 - non si evidenziano sostanziali differenze.

APPENDICE - SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI

• Biossido di zolfo

API 100 E

Analizzatore a fluorescenza classificato da EPA (U.S. Environmental Protection Agency) 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

API 200

Analizzatore reazione di chemiluminescenza classificato da EPA quale metodo di riferimento per la misura della concentrazione di NO/NO_x.

- ✓ Campo di misura: 0 ÷ 20000 ppb;
- ✓ Limite inferiore di rivelabilità : 0.4 ppb.

• Ozono

MONITOR EUROPE ML 9810B

Analizzatore ad assorbimento ultravioletto classificato da EPA 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 classificato da EPA quale metodo di riferimento 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

TECORA CHARLIE AIR GUARD PM

Campionatore di particolato sospeso PM10; campionamento delle particelle sospese con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm in aria ambiente, con testa di prelievo CEN secondo la norma EN12341. Analisi gravimetrica su filtri in fibra di quarzo MILLIPORE di diametro 47 mm.

• Particolato sospeso PM2.5

TECORA CHARLIE AIR GUARD PM

Campionatore di particolato sospeso PM2.5; campionamento delle particelle sospese con diametro aerodinamico inferiore a 2.5 µm in aria ambiente, con testa di prelievo CEN secondo la norma EN14907. Analisi gravimetrica su filtri in fibra di quarzo MILLIPORE 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