

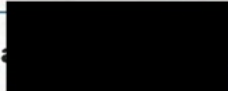
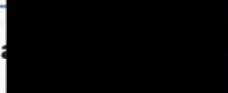
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI TORINO
Struttura Semplice "Attività di Produzione"

OGGETTO:

**CAMPAGNA DI RILEVAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA CON UTILIZZO DEL LABORATORIO MOBILE
 NEL COMUNE DI Orio C.se – Piazza Tapparo**

RELAZIONE FINALE (18 marzo ÷ 11 aprile 2014 e 06 giugno ÷ 02 luglio 2014)



Redazione	Funzione: Collaboratore Tecn. Professionale Nome: Dott.ssa Laura Milizia	Data: 12/12/14	Firma: 
Verifica e approvazione	Funzione: Dirigente con incarico professionale presso la S.S. di Produzione Nome: Dott. Francesco Lollobrigida	Data: 15/12/14	Firma: 



L'organizzazione della campagna di monitoraggio e la validazione dei dati sono state curate dai tecnici del Gruppo di Lavoro “Monitoraggio della Qualità dell’Aria” del Dipartimento di Torino di Arpa Piemonte: dott.ssa Annalisa Bruno, sig. Giacomo Castrogiovanni, dott.ssa Marilena Maringo, dott.ssa Laura Milizia, Ing. Fabio Pittarello, sig. Francesco Romeo, ing. Milena Sacco, sig. Vitale Sciortino, sig. Roberto Sergi, coordinati dal Dirigente con incarico professionale Dott. Francesco Lollobrigida.

Si ringraziano il vicesindaco e il personale degli Uffici Tecnici del Comune di Orio C.se per la collaborazione prestata.

INDICE

CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO	5
<i>L'aria e i suoi inquinanti.....</i>	<i>6</i>
IL LABORATORIO MOBILE	8
IL QUADRO NORMATIVO	8
LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO	11
<i>Obiettivi della campagna di monitoraggio</i>	<i>12</i>
<i>Elaborazione dei dati meteorologici</i>	<i>14</i>
Elaborazione dei dati relativi agli inquinanti atmosferici.....	21
Biossido di zolfo	22
Monossido di Carbonio	25
Ossidi di Azoto	28
Benzene e Toluene	34
Particolato Sospeso (PM ₁₀)	38
Particolato Sospeso (PM _{2.5}).....	43
Particolato Sospeso (PM _{2.5}).....	43
Ozono	46
Metalli sul Particolato Atmosferico.....	50
Idrocarburi policiclici aromatici (IPA) sul Particolato Atmosferico.....	54
CONCLUSIONI	57
APPENDICE - SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI	59

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 2011", 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 provinciale viene realizzato attraverso le stazioni della rete di monitoraggio della qualità dell'aria.

Le informazioni acquisite da tale rete sono integrate, laddove non siano presenti postazioni della rete fissa e si renda comunque necessaria una stima della qualità dell'aria, attraverso l'utilizzo di stazioni mobili gestite dalle sedi provinciali 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 un campionatore di particolato atmosferico PM₁₀, 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, piombo (Pb) e benzene per la protezione della salute umana e degli ecosistemi, finalizzati alla prevenzione dell'inquinamento su lungo periodo;
- **valori limite giornalieri o orari** per biossido di zolfo, ossidi di azoto, PM₁₀, e monossido di carbonio (CO), volti al contenimento di episodi acuti d'inquinamento;
- **soglie di allarme** per il biossido di zolfo, il biossido di azoto e l'ozono, superate le quali può insorgere rischio per la salute umana, per cui le autorità competenti sono tenute ad adottare immediatamente misure atte a ridurre le concentrazioni degli inquinanti al di sotto della soglia d'allarme o comunque assumere tutti i provvedimenti del caso che devono comprendere sempre l'informazione ai cittadini.

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

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

Il recente **D.Lgs 155/2010** ha inoltre inserito nuovi indicatori relativi al PM_{2.5} e in particolare :

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

La nuova normativa prevede inoltre per il PM_{2.5} un obiettivo nazionale di riduzione e un obbligo di concentrazione dell'esposizione il cui rispetto è calcolato sulla base di misurazioni effettuate da stazioni di fondo in siti fissi di campionamento urbani, che verranno definite con Decreto del Ministero dell'Ambiente (art. 12 D. Lgs. 155/2010). Questi due ultimi indicatori esulano quindi dall'ambito della presente relazione.

Nella **Tabella 2**, nella **Tabella 3** e nella **Tabella 4** riferimento previsti dalla normativa attualmente vigente.

Tabella 4 sono indicati i valori di

Per una descrizione più ampia del quadro normativo si rimanda ancora alla pubblicazione "Uno sguardo all'aria - Relazione annuale 2011".

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 (PM ₁₀)	Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	24 ore	50 µg/m ³	35 volte/anno civile	1-gen-2005
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 µg/m ³	---	1-gen-2005
PARTICELLE (PM _{2.5})	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	25 µg/m ³		1-gen-2015
BENZENE	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	5 µg/m ³	---	1-gen-2010

Tabella 2 – Valori limite per alcuni inquinanti atmosferici.

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 campagna di monitoraggio nel Comune di Orio C.se è eseguita, in seguito alla richiesta dell'Amministrazione Comunale (*Riferimento prot. n°512 del 16/02/2012*) di effettuare una valutazione della qualità dell'aria nel proprio territorio ed in particolare il laboratorio mobile è stato posizionato in piazza Tapparo.

Arpa Piemonte si è impegnata ad organizzare due campagne di monitoraggio con il laboratorio mobile della qualità dell'aria in momenti diversi dell'anno, in modo da acquisire informazioni ambientali in differenti condizioni meteo climatiche. Nello specifico, la prima campagna è stata programmata nel periodo tra la fine dell'invernale e l'inizio della primavera (marzo - aprile 2014), mentre la seconda si è svolta tra fine primavera e inizio estate.

La **Figura 1** evidenzia il comune di Orio C.se e i comuni limitrofi, mentre la Figura 2 mostra il dettaglio fotografico del sito di campionamento e del Laboratorio Mobile.

Il monitoraggio della prima campagna è stato condotto dal 18 marzo fino al 11 aprile 2014 quando il mezzo è stato spento e spostato in altro sito. La seconda campagna di misura si è svolta in un periodo più caldo, a ridosso dell'estate, dal 6 giugno al 2 luglio 2014.

Si noti che, per ragioni tecniche, le elaborazioni sono state effettuate solo considerando i giorni di campionamento completi; nello specifico i dati utili per l'effettuazione delle elaborazioni sono compresi tra 19 marzo e il 10 aprile 2014 per la prima campagna e tra il 7 giugno e il 1 luglio 2014 per la seconda.

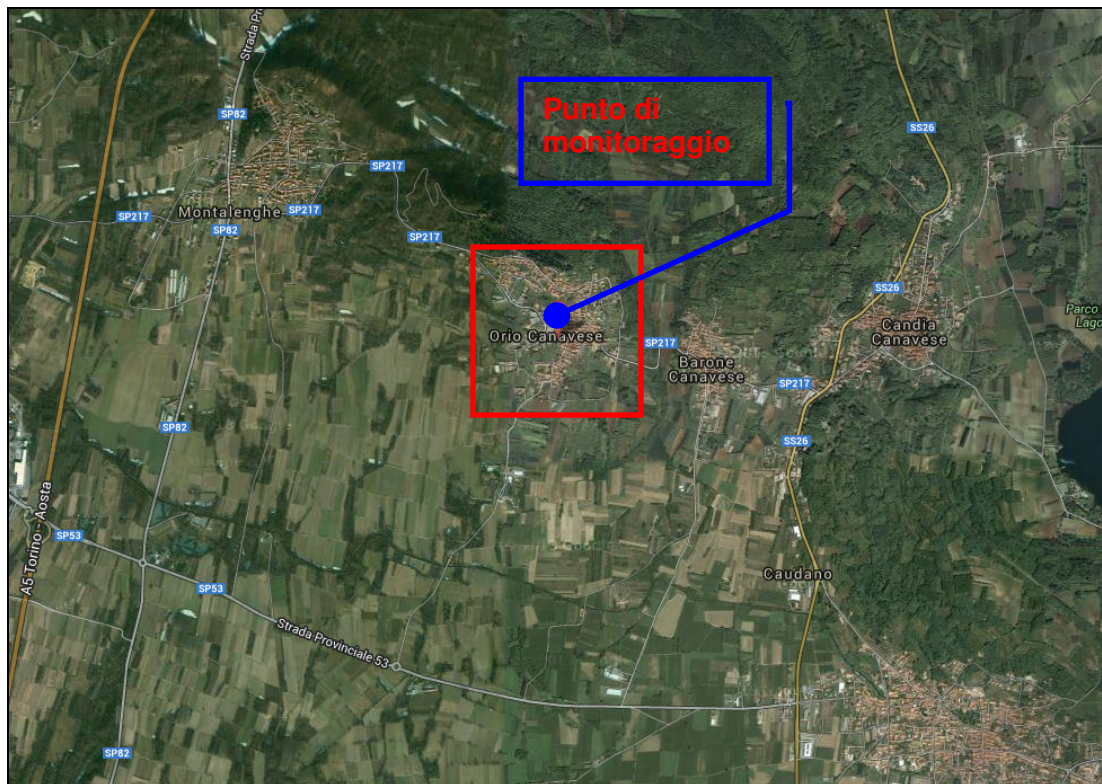


Figura 1 – Comune di Orio C.se con evidenziata l'ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria (punto evidenziato con il pallino blu)

Per una corretta interpretazione dei dati va sottolineato che le concentrazioni di inquinanti atmosferici rilevate dal laboratorio mobile in uno specifico sito sono riferire ai contributi dell'insieme delle fonti presenti, nonché all'eventuale trasporto da altre aree, in particolare per quanto riguarda inquinanti a carattere parzialmente o totalmente secondario, come biossido di azoto, PM₁₀ e ozono.

In linea generale, inoltre, si ricorda che i dati acquisiti nel corso delle singole 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), dovrebbe prevedere, infatti, campagne di monitoraggio caratterizzate da una durata tale da comprendere almeno il 14% annuo di misurazioni (una misurazione in un giorno, scelto 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).

Nella presente relazione, grazie alla presenza di un numero sufficienti di dati giornalieri è stato possibile fare delle stime sulle concentrazioni annue degli inquinanti che prevedono indicatori normativi annuali. Il confronto con i dati rilevati dalle stazioni fisse della rete provinciale di monitoraggio della qualità dell'aria ha permesso, inoltre, di effettuare considerazioni di tipo comparativo.



Figura 2 - Ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Orio C.se – Pizza Tapparo

ELABORAZIONE DEI DATI METEOROLOGICI

Le pagine successive contengono le elaborazioni statistiche e grafiche relative ai dati meteo-climatici registrati durante il di monitoraggio. In particolare, una tabella riassuntiva (*Tabella 5*) evidenzia i valori minimi, massimi e medi delle medie orarie, oltre alla percentuale dei dati validi. I parametri determinati sono poi rappresentati in un diagramma grafico singolarmente o a coppie, come nel caso di temperatura e umidità relativa.

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

Pressione atmosferica	P	mbar
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

La Errore. L'origine riferimento non è stata trovata. mostra l'andamento della radiazione solare globale (R.S.G.) e quello della pioggia nel corso delle due campagne di monitoraggio. L'intensità dell'irraggiamento è quella tipica dei periodi considerati: più bassa nel periodo tardo invernale, quando i valori massimi nelle ore centrali della giornata raggiungono i 700 W/m² e più alta durante la campagna primaverile con valori che si attestano in genere tra i 700 e gli 800 W/m² nelle ore più calde del giorno. In alcuni casi l'irraggiamento giornaliero è stato inferiore alla media del periodo: si tratta delle giornate caratterizzate da intense precipitazioni e/o copertura nuvolosa.

La temperatura media durante la campagna di misura di fine inverno (**Figura 4**) è stata di 13.2 °C. Il valore minimo orario, di 3.3 °C del 26 marzo, mentre il valore massimo è stato misurato il 6 aprile con 22.6 °C.

Durante la campagna primaverile la temperatura media è stato di 21.5 °C. Il valore minimo orario si è raggiunto il 18 giugno (13.5 °C), mentre il valore massimo è stato rilevato l' 11 e il 12 giugno con 32.5 °C.

L'umidità relativa in condizioni di stabilità atmosferica presenta un andamento inversamente proporzionale a quello della temperatura, con massimi concentrati nelle ore notturne e minimi nelle ore più calde della giornata (**Figura 4**). Tale tendenza è evidente sia nella campagna di fine inverno sia in quella pre-estiva, ad eccezione dei giorni caratterizzati da precipitazioni.

Tabella 5 – Dati relativi ai parametri meteorologici nel corso delle campagne di monitoraggio.

	W/m ²		°C		%		mbar		m/s	
	Marzo/Aprile	Giugno/luglio	Marzo/Aprile	Giugno/luglio	Marzo/Aprile	Giugno/luglio	Marzo/Aprile	Giugno/luglio	Marzo/Aprile	Giugno/luglio
Minima media giornaliera	15	48	5,2	16,3	27	43	963	970	0,47	0,62
Massima media giornaliera	232	302	18,1	27,3	96	97	986	982	1,48	1,42
Media delle medie giornaliere	143	211	12,7	21,5	64	72	975	977	1,02	1,03
Giorni validi	22	25	22	25	22	25	21	25	22	25
Percentuale giorni validi	96%	100%	96%	100%	96%	100%	91%	100%	96%	100%
Media dei valori orari	147	211	12,9	21,5	64	72	975	977	1,05	1,03
Massima media oraria	731	836	22,6	32,5	99	99	988	983	3,3	3,8
Ore valide	543	600	543	600	543	600	519	600	513	594
Percentuale ore valide	98%	100%	98%	100%	98%	100%	94%	100%	93%	99%

(1) Prima Campagna: 18 marzo – 11 aprile 2014; Seconda Campagna: 06 giugno - 02 luglio 2014.

Il campo pressorio durante la campagna di fine inverno si è attestato tra i 960 ed i 990 mbar circa (**Figura 5**). Nel periodo pre-estivo l'escursione della pressione atmosferica è stata leggermente più ristretta, collocandosi tra i 970 e 980 mbar circa.

Durante la campagna di misura invernale ci sono stati solo eventi piovosi di modesta entità, con valori giornalieri inferiori al millimetro. La campagna d'inizio estate è stata invece caratterizzata da precipitazioni più intense. In particolare durante la prima campagna si sono misurati un totale di 18.8 millimetri di pioggia mentre durante la seconda campagna un totale di 82.6 millimetri di pioggia con il massimo delle precipitazioni registrate il 23 giugno.

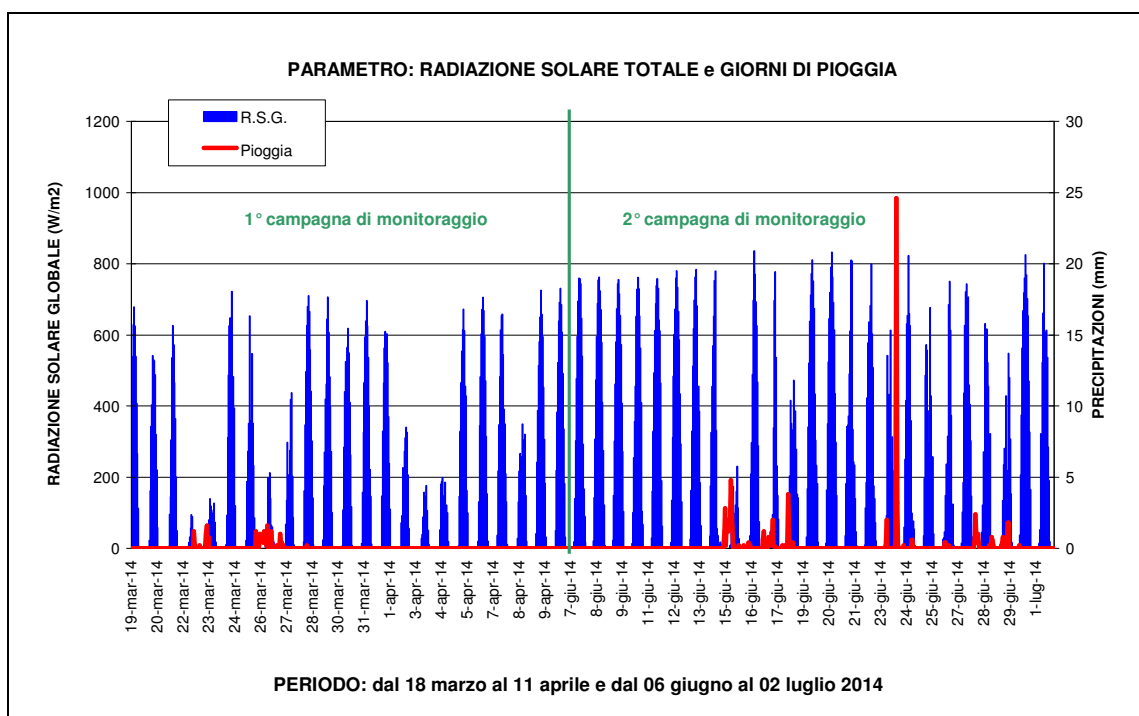


Figura 3 - Andamento della radiazione solare globale e i millimetri di pioggia nel corso delle due campagne di monitoraggio.

Per quanto riguarda le condizioni meteorologiche il territorio indagato risente anche di un regime anemologico con ciclo giornaliero diurno/notturno. Il luogo risente delle brezze di valle e di monte. Di giorno viene richiamata l'aria dal fondovalle verso le zone di quota (brezza di valle); di notte l'aria a contatto con la terra si raffredda e scivola verso la valle lungo il fianco delle colline (brezza di monte). La condizione di vento di valle è fondamentale per la pulizia dell'aria in pianura perché permette un rimescolamento rapido con le masse d'aria presenti in quota, atte a disperdere gli inquinanti.

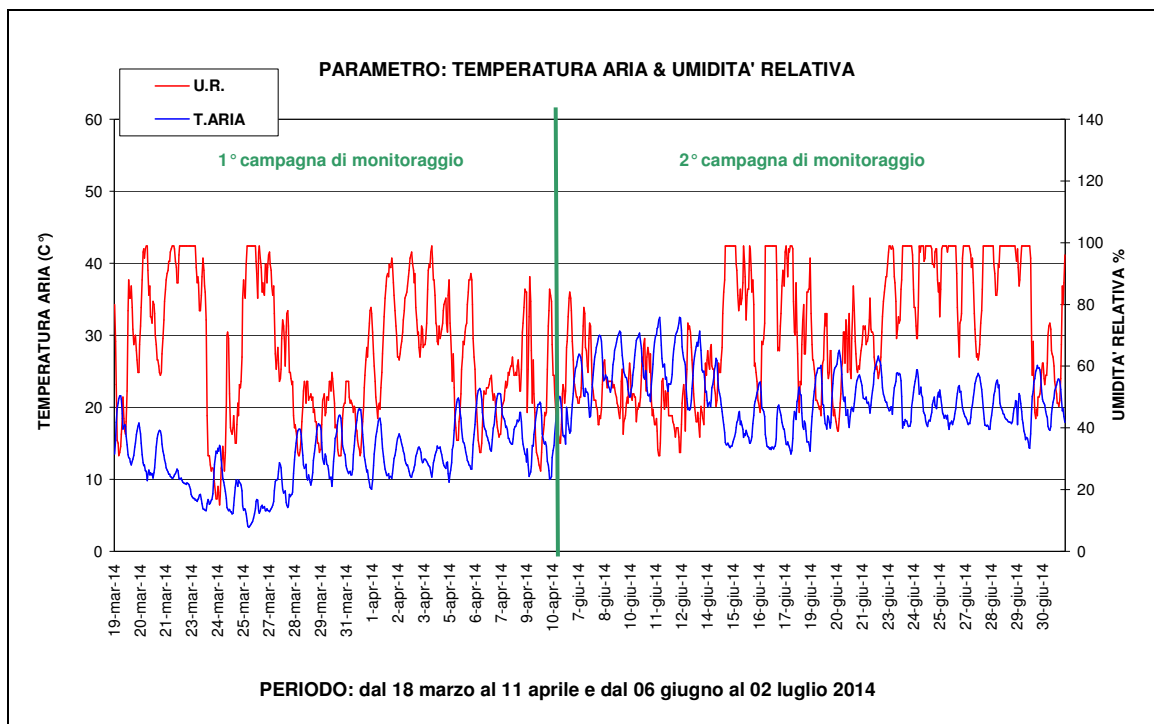


Figura 4 - Andamento di temperatura e umidità relativa durante le campagne di monitoraggio.

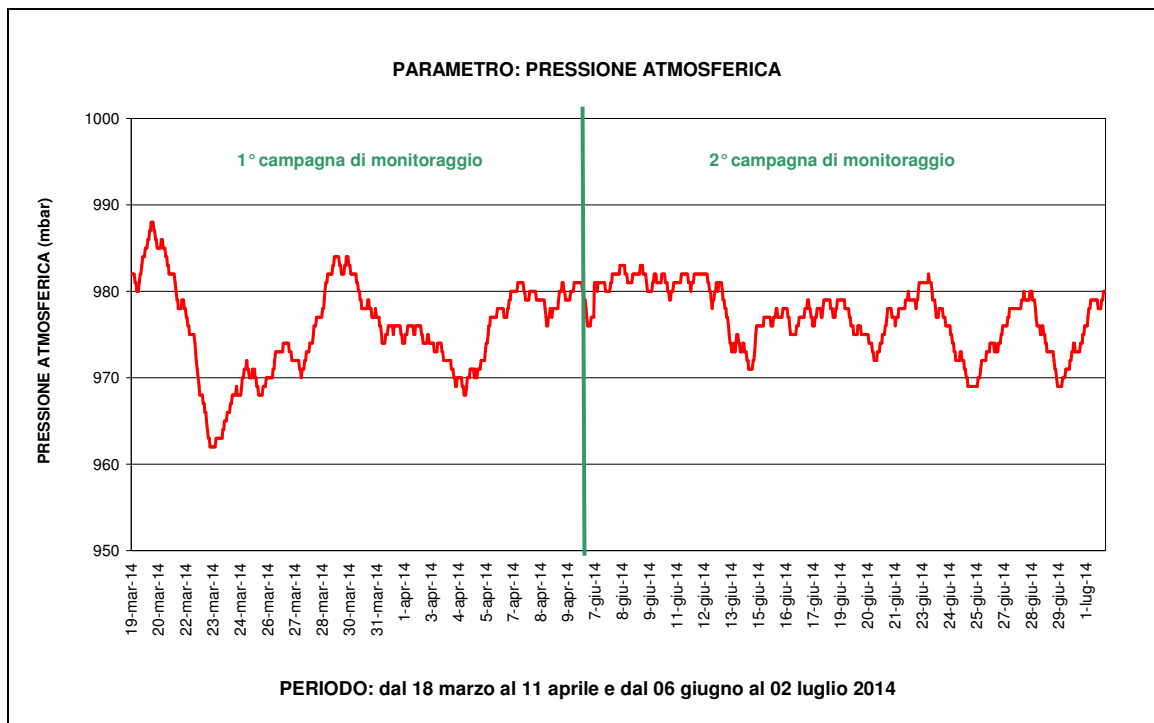


Figura 5 - Andamento della pressione atmosferica nel corso delle campagne di monitoraggio.

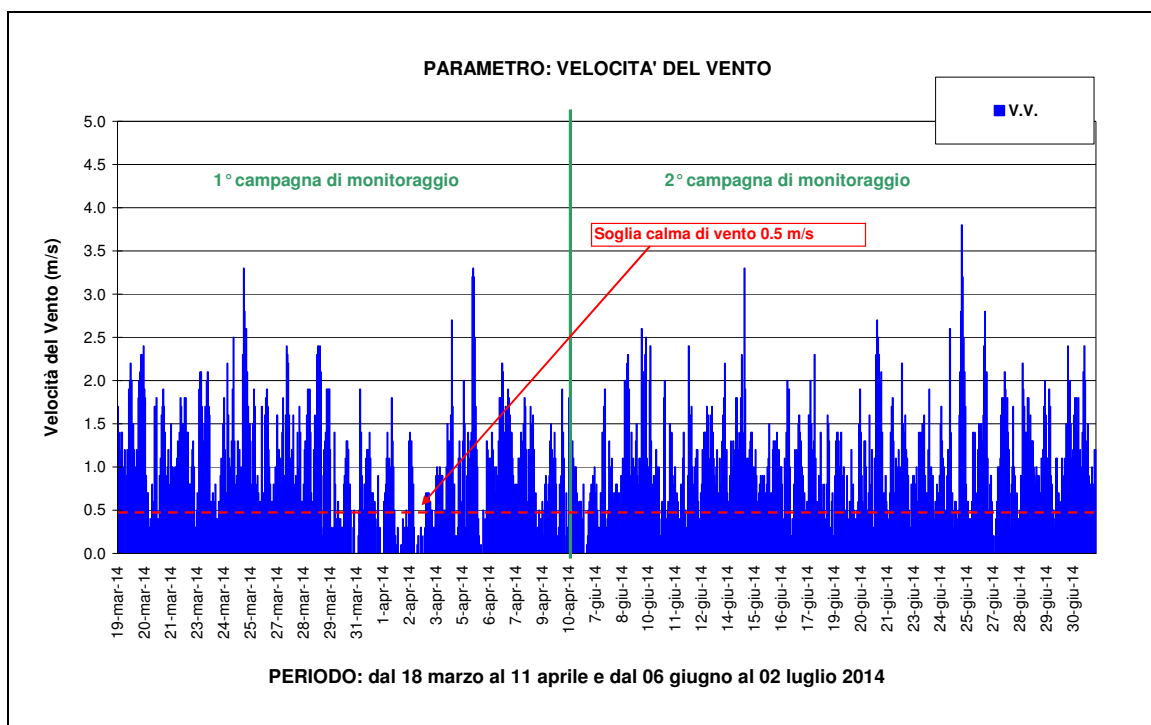


Figura 6 - Andamento della velocità dei venti nel corso delle due campagne di monitoraggio.

Le elaborazioni relative alla direzione dei venti del comune di Orio C.se (**Figura 7 ÷ Figura 10**) evidenziano questo quadro anemologico molto bene. Nella campagna del tardo inverno (**Figura 7** e **Figura 8**) di giorno il vento proviene prevalentemente da due direzioni: sud ed est-sud-est; nelle ore notturne si evidenzia invece la direzione di provenienza quasi opposta: il vento proviene prevalentemente da nord, o nord-est. Come si evince dai grafici con i termini giorno e notte s'individuano intervalli orari convenzionali della giornata, che variano durante l'anno in funzione della durata del giorno: in questo caso le ore dalle 8:00 alle 18:00 individuano il giorno e quelle dalle 19:00 alle 7:00 l'intervallo notturno.

Nella campagna pre-estiva (**Figura 9** e **Figura 10**) le direzioni prevalenti dei venti rimangono pressoché invariate rispetto alla prima campagna; durante la notte: prevalenza di venti provenienti da Nord; cambia invece leggermente la situazione diurna con venti che provengono prevalentemente da sud/est.

Anche le calme di vento - velocità inferiore a 0.5 metri al secondo – rimangono invariate rispetto al periodo invernale.

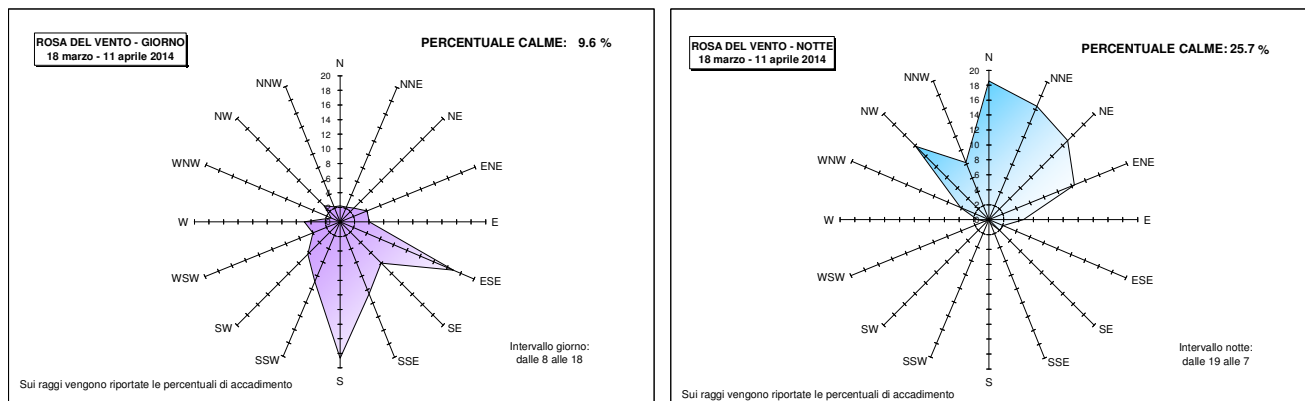


Figura 7 - Rosa dei venti diurna e notturna durante la prima campagna di misura nel comune di Orio C.se.

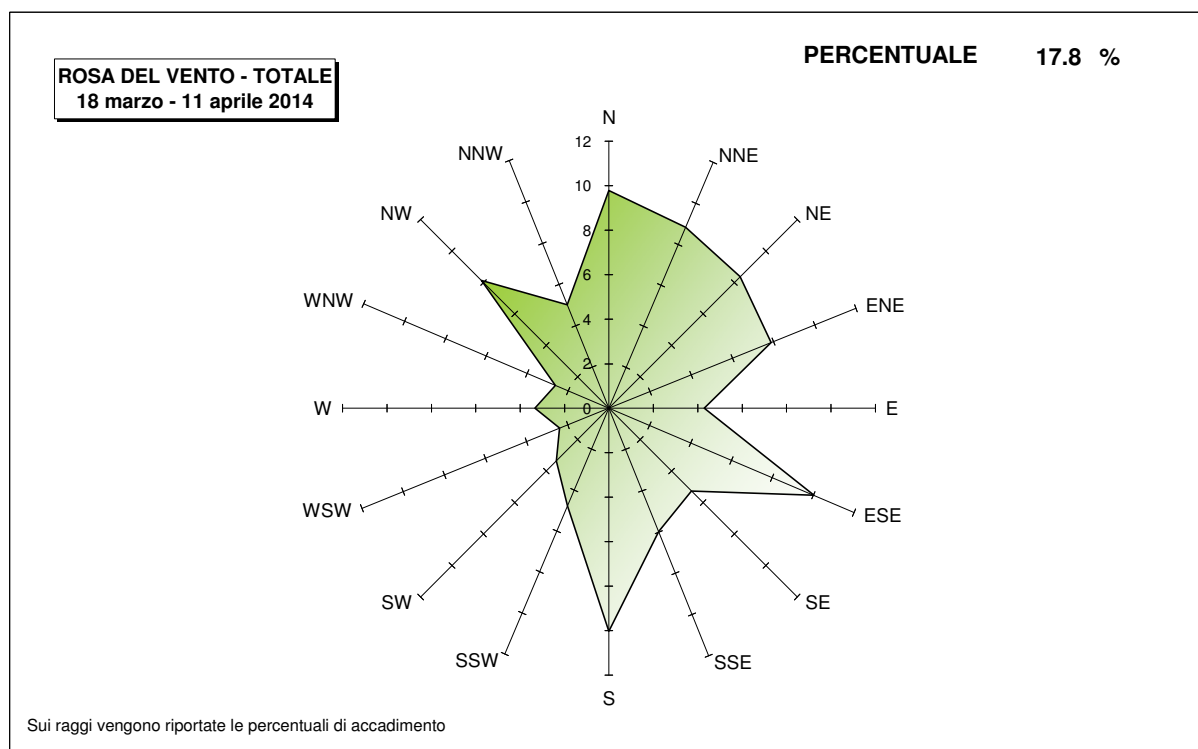


Figura 8 - Rosa dei venti totale durante la prima campagna di misura nel comune di Orio C.se

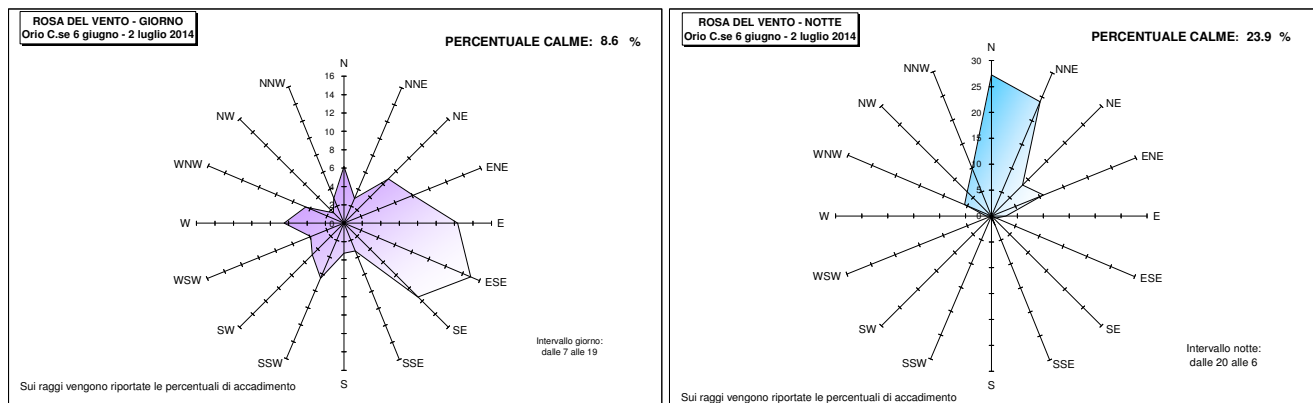


Figura 9 - Rosa dei venti diurna e notturna durante la seconda campagna di misura nel comune di Orio C.se

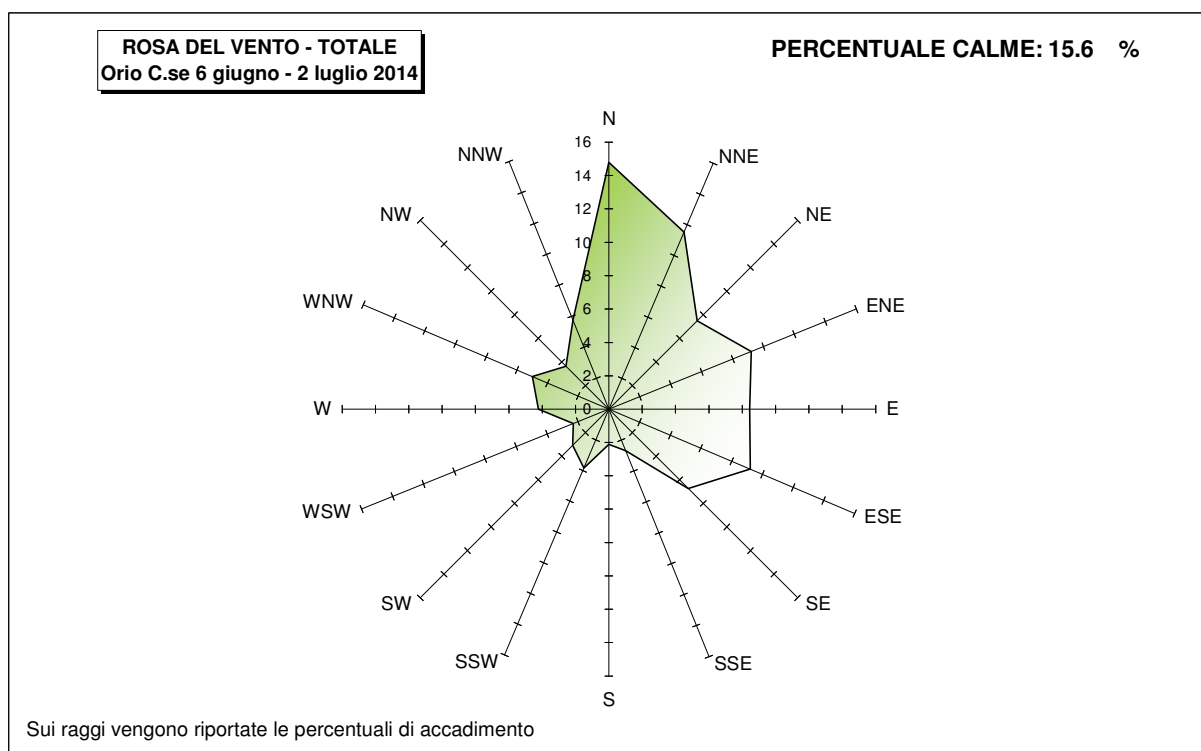


Figura 10 - Rosa dei venti totale durante la seconda campagna di misura nel comune di Orio C.se

ELABORAZIONE DEI DATI RELATIVI AGLI INQUINANTI ATMOSFERICI

Nelle pagine seguenti vengono riportate le elaborazioni statistiche delle concentrazioni registrate dagli analizzatori strumentali nel periodo di campionamento e gli eventuali superamenti dei limiti di legge degli inquinanti.

Si riportano di seguito i parametri misurati e le loro formule chimiche, utilizzate come abbreviazioni:

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	$C_6H_5CH_3$	$\mu g/m^3$
IPA sul PM_{10} e sul $PM_{2.5}$		ng/m^3
Metalli sul PM_{10} e sul $PM_{2.5}$		ng/m^3 (Pb in $\mu g/m^3$)

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

Per ogni inquinante è stata effettuata un'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 del periodo di monitoraggio. In grafico sono 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, per via delle elevate concentrazioni rilevate nell'aria e degli effetti negativi sull'uomo e sull'ambiente. Negli ultimi anni, tuttavia, 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.

Biossido di zolfo	2° campagna
Minima media giornaliera	4
Massima media giornaliera	6
Media delle medie giornaliere (b):	5
Giorni validi	21
Percentuale giorni validi	84%
Media dei valori orari	5
Massima media oraria	9
Ore valide	516
Percentuale ore valide	86%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (350)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (350)</u>	0
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (125)</u>	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (500)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (500)</u>	0

Tabella 6 - Dati relativi al biossido di zolfo SO₂ (µg/m³)

I livelli orari e giornalieri del biossido di zolfo misurato nel Comune di Orio C.se con il Laboratorio Mobile durante la campagna pre-estiva, sono ampiamente al di sotto dei limiti normativi (**Tabella 6** e **Figura 11**).

I dati relativi alla prima campagna di misura non sono utilizzabili in quanto, a causa di ripetuti guasti strumentali, sono pochi e perciò poco rappresentativi.

Nella **Figura 12** sono stati messi a confronto gli andamenti di SO₂ della stazione mobile posizionata a Orio C.se con i dati di una stazione di traffico urbano della rete fissa di monitoraggio: Torino - Via della Consolata.

L'andamento di SO₂ del laboratorio mobile risulta tendenzialmente, per tutta la campagna di monitoraggio pre-estiva inferiore a quello della stazione scelta come riferimento, situata nel centro di Torino. Va inoltre tenuto conto che i livelli misurati cadono in un intervallo di misura molto basso, pertanto i dati sono affetti da un'elevata incertezza strumentale.

In generale questo parametro non mostra più 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 oramai da diversi anni sono ampiamente al di sotto dei limiti normativi.

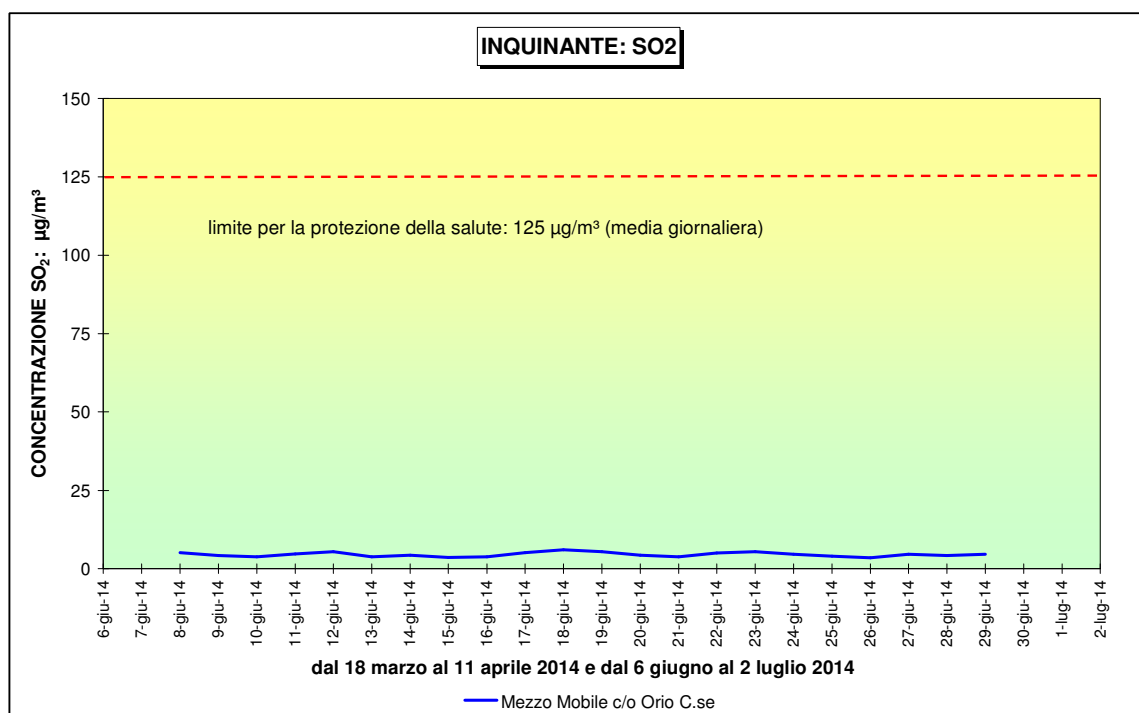


Figura 11 - SO₂: confronto con il limite di legge (media giornaliera).

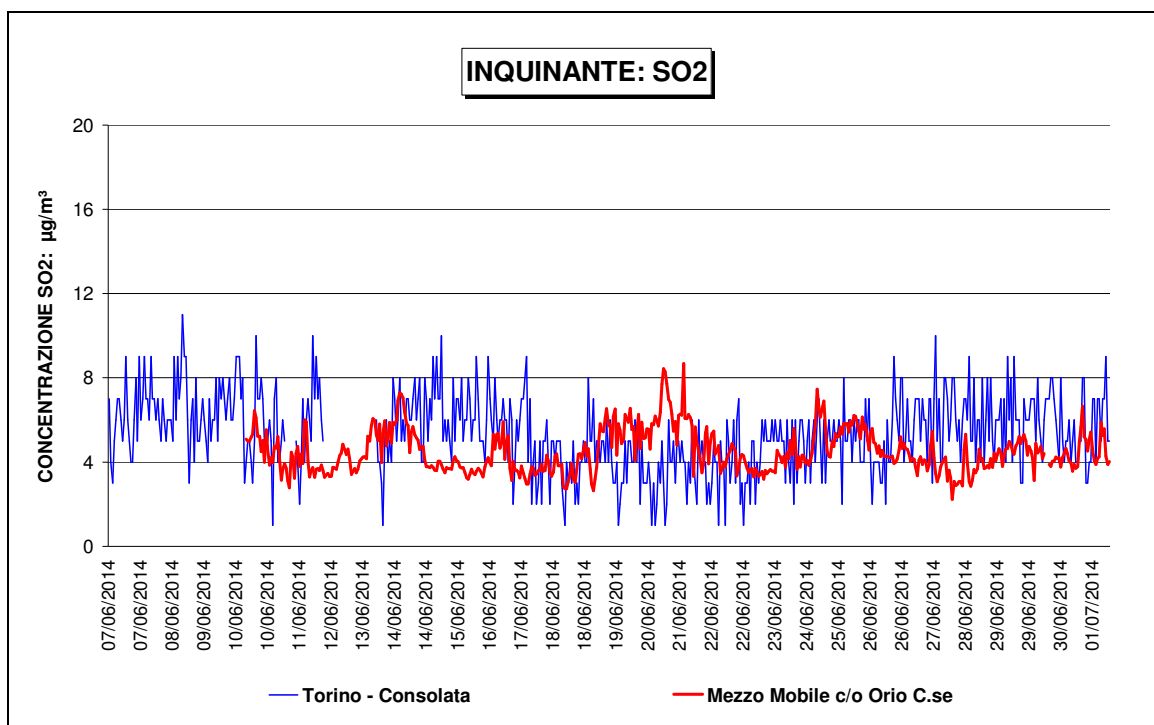


Figura 12 - SO₂: andamento della concentrazione oraria e confronto con una stazione fissa della rete di monitoraggio.

Monossido di Carbonio

È un gas inodore ed incolore generato durante la combustione di materiali organici quando la quantità di ossigeno a disposizione è insufficiente. Si tratta dell'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera e infatti, a differenza degli altri inquinanti, in questo caso l'unità di misura con la quale si esprimono le concentrazioni è il milligrammo al metro cubo (mg/m^3).

Il traffico veicolare rappresenta la principale sorgente di CO, in particolare i gas di scarico dei veicoli a benzina. Le maggiori concentrazioni di CO in emissione si producono quando il motore del veicolo funziona al minimo, o si trova in decelerazione, ecco perché i valori più elevati si raggiungono in zone caratterizzate da intenso traffico rallentato.

Per ciò che concerne gli effetti sulla salute dell'uomo occorre dire che 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, concentrazioni elevatissime di CO possono portare anche alla morte per asfissia. Tuttavia la carbossiemoglobina, che si può formare in seguito ad inalazione del CO alle concentrazioni abitualmente rilevabili nell'atmosfera delle nostre città, non ha effetti sulla salute di carattere irreversibile e acuto, pur essendo per sua natura, un composto estremamente stabile.

Con l'introduzione delle marmitte catalitiche nei primi anni '90 e l'incremento degli autoveicoli a ciclo Diesel, nell'ultimo ventennio 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 al momento rispettano ampiamente i limiti normativi.

Monossido di carbonio	1° campagna	2° campagna
Minima media giornaliera	0.4	0.3
Massima media giornaliera	0.5	0.5
Media delle medie giornaliere (b):	0.5	0.3
Giorni validi	23	25
Percentuale giorni validi	96%	100%
Media dei valori orari	0.5	0.3
Massima media oraria	0.9	0.6
Ore valide	562	596
Percentuale ore valide	98%	99%
Minimo medie 8 ore	0.4	0.2
Media delle medie 8 ore	0.5	0.3
Massimo medie 8 ore	0.7	0.5
Percentuale medie 8 ore valide	96%	100%
Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (10)	0	0
Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 10)	0	0

Tabella 7 – Dati relativi al monossido di carbonio CO (mg/m^3).

I valori di monossido di carbonio registrati durante il monitoraggio nel Comune di Orio C.se confermano quanto osservato su scala regionale in merito al rispetto dei limiti normativi. Il D.Lgs. 155/2010 prevede un limite di 10 mg/m^3 , calcolato come media su otto ore consecutive: tale limite è ampiamente rispettato dal sito in esame sia nella prima campagna di misura in cui il valore massimo su otto ore è di 0.7 mg/m^3 sia nella campagna pre-estiva dove tale parametro scende a 0.5 mg/m^3 (**Tabella 7** e **Figura 13**).

Nella **Figura 13** si riporta il confronto con la stazione fissa della rete regionale di monitoraggio di Torino-Rubino, stazione classificata di fondo urbano. Dal grafico si nota che i valori di CO registrati dal Laboratorio Mobile a Orio C.se sono nettamente inferiori (come atteso) a quelli della stazione torinese. Rispetto alla campagna di fine inverno, nella seconda campagna di monitoraggio la concentrazione di monossido di carbonio diminuisce sia nei valori medi sia nei valori massimi.

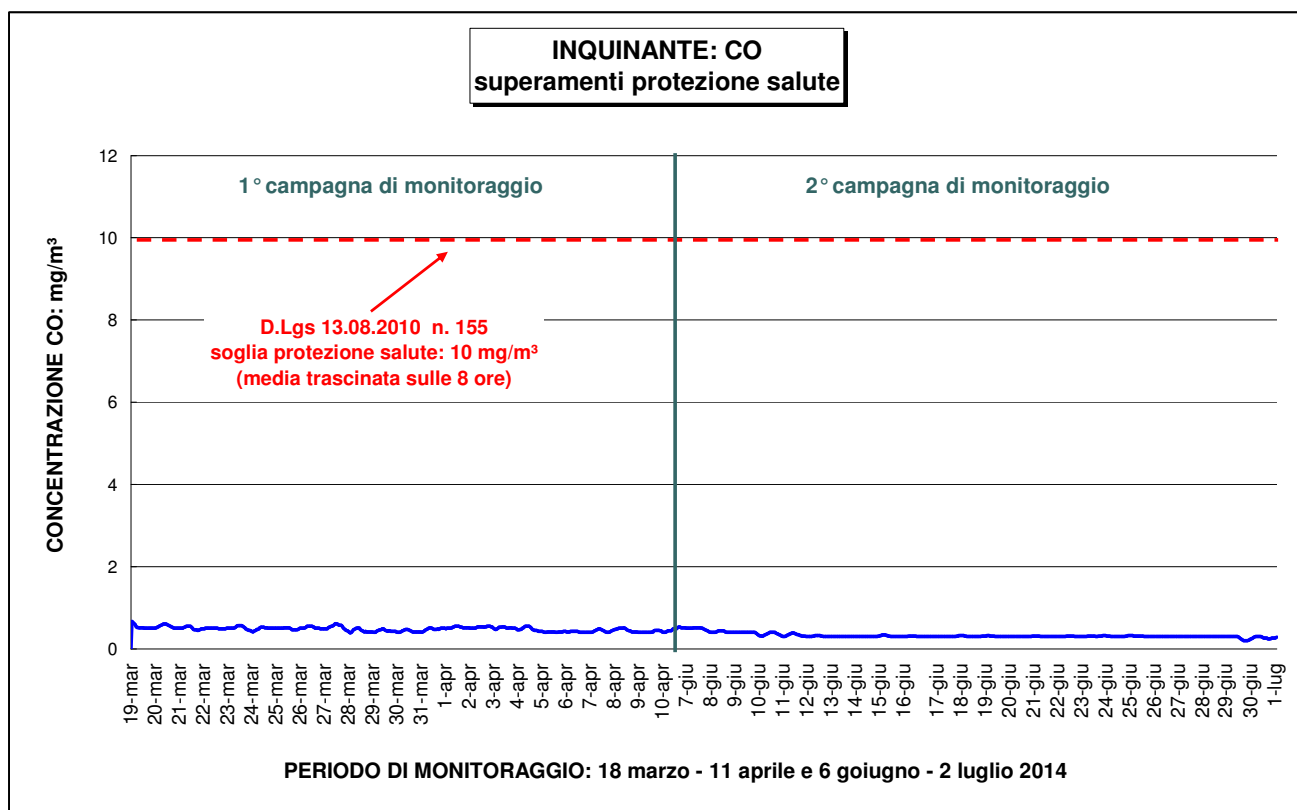


Figura 13 - CO: confronto con il limite di legge (media trascinata sulle 8 ore).

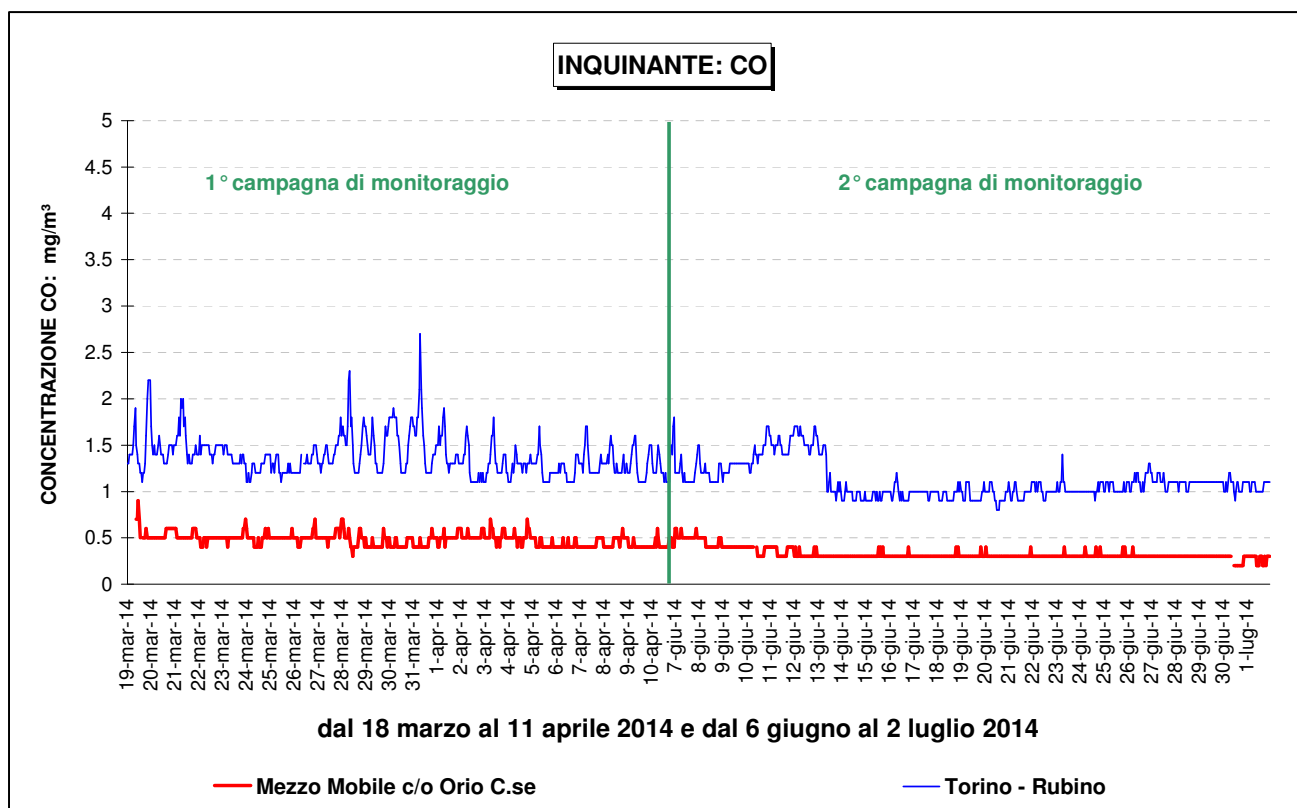


Figura 14 – CO: andamento della concentrazione oraria nel corso delle due campagne di misura e confronto con la stazione fissa di Torino-Rubino.

Ossidi di Azoto

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

Benché la normativa non preveda valori limite di concentrazione nell'aria, il **monossido di azoto** (NO), viene comunque misurato perché, trasformandosi in biossido di azoto in presenza di ossigeno e ozono, rappresenta uno dei precursori dell'inquinamento fotochimico.

Monossido di azoto	1° campagna	2° campagna
Minima media giornaliera	5	4
Massima media giornaliera	8	6
Media delle medie giornaliere	6	5
Giorni validi	15	25
Percentuale giorni validi	65%	100%
Media dei valori orari	6	5
Massima media oraria	39	15
Ore valide	389	596
Percentuale ore valide	70%	99%

Tabella 8 – Dati relativi al monossido di azoto NO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Nel corso della prima campagna di monitoraggio nel Comune di Orio C.se il livello di ossido di azoto (**Figura 15** e **Figura 16**) risulta in linea con i valori registrati nello stesso periodo presso di Druento (ubicata all'interno del parco della mandria), classificata di fondo rurale e la stazione di monitoraggio fissa di Ivrea classificata di fondo suburbano, geograficamente più prossima al sito in esame. In particolare l'andamento orario si sovrappone bene, sia nei valori minimi sia nei valori massimi, con quello della stazione di Druento – La mandria.

La stessa situazione si conferma durante la campagna pre-estiva con valori orari decisamente più bassi.

Come la maggior parte degli inquinanti atmosferici anche gli ossidi di azoto sono, infatti, più concentrati nei mesi invernali. Durante la campagna pre-estiva nel sito di Orio C.se si registrano valori di NO inferiori rispetto alla campagna invernale; la media dei valori orari si attesta, infatti, intorno ai $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

In entrambi i periodi di misura la stazione di traffico del capoluogo piemontese registra i valori più elevati.

La differenza di concentrazione tra la campagna invernale e quella estiva per tutte le stazioni di misura è molto evidente nel grafico del giorno medio. Per facilitare la lettura del doppio grafico si è deciso di mantenere invariata la scala delle unità di misura nei due periodi di campionamento, così i massimi del giorno medio estivo risultano un po' meno evidenti rispetto al periodo invernale, ma sono comunque presenti soprattutto nelle ore del mattino, quando il traffico è maggiore. Questo si nota soprattutto presso la stazione di Torino-Consolata classificata di traffico dove in assenza di altri processi combustivi in atto la fonte principale di NO è proprio il traffico veicolare.

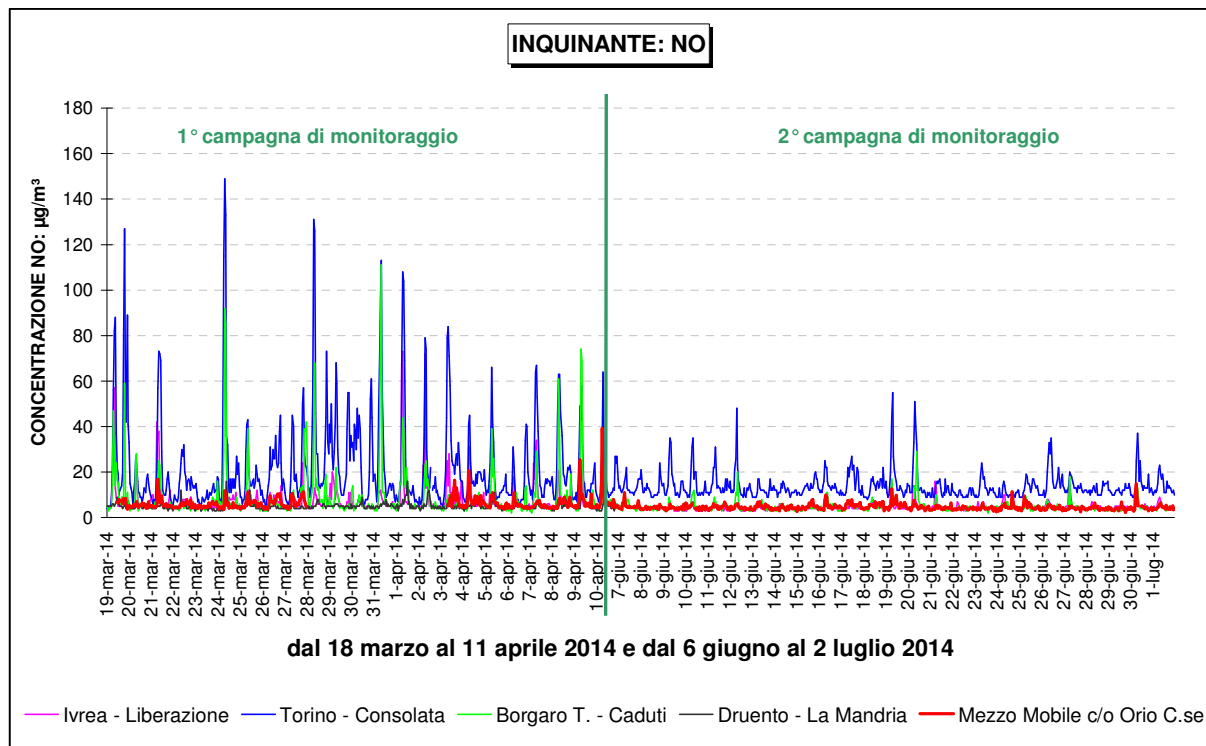


Figura 15 – NO: andamento della concentrazione oraria e confronto con altre stazioni di misura

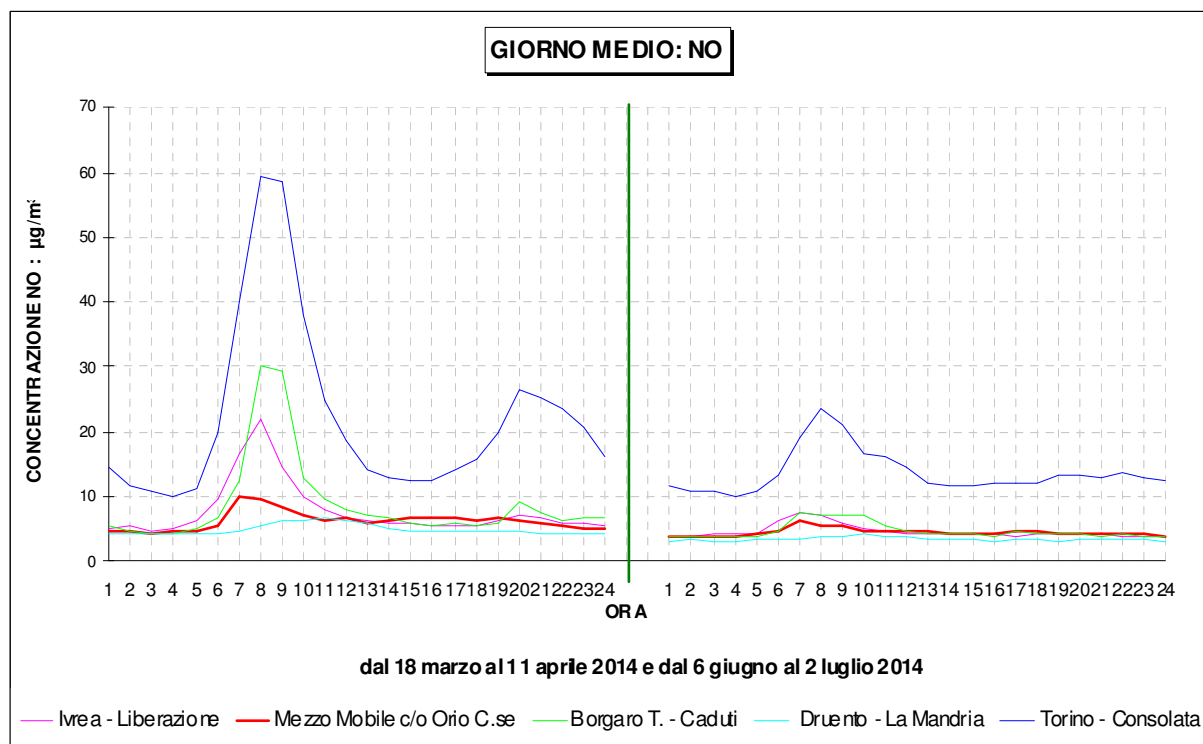


Figura 16 – NO: giorno medio confronto con alcune stazioni della rete fissa

Il **biossido di azoto** (NO_2) è da ritenersi fra gli inquinanti atmosferici più pericolosi sia perché è per sua natura irritante, sia perché, in presenza di forte irraggiamento solare, entra a far parte del ciclo di una serie di reazioni fotochimiche secondarie che portano alla formazione di sostanze inquinanti complessivamente indicate con il termine di “smog fotochimico”.

La formazione di NO_2 è piuttosto complessa, in quanto si tratta di un inquinante di origine mista, in parte derivante direttamente dai fenomeni di combustione e in parte prodotto indirettamente dall'ossidazione in atmosfera del monossido di azoto (NO).

Biossido di azoto	1° campagna	2° campagna
Minima media giornaliera	16	6
Massima media giornaliera	28	12
Media delle medie giornaliere (b):	21	9
Giorni validi	15	25
Percentuale giorni validi	65%	100%
Media dei valori orari	21	9
Massima media oraria	41	32
Ore valide	389	596
Percentuale ore valide	70%	99%
<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

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

Nonostante la stagione fredda sia la più critica per il biossido di azoto, a Orio C.se durante la prima campagna di monitoraggio non si è avuto alcun superamento del limite orario di $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (la normativa prevede che non sia superato più di 18 volte in un anno), mentre il livello medio orario è stato di $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (**Tabella 9**). L'andamento del biossido di azoto è simile a quello della stazione di Druento (ubicata all'interno del parco della mandria), classificata di fondo rurale e la stazione di monitoraggio fissa di Ivrea classificata di fondo suburbano.

Durante la seconda campagna le medie registrate sono più basse, il livello medio orario è di $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mentre la massima media oraria raggiunge i $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (**Tabella 9**). Le concentrazioni misurate presso il sito di misura di Orio C.se risultano molto più allineati con quelle riscontrate a Druento – La mandria, stazione di fondo rurale all'interno del Parco Regionale della Mandria (**Figura 17**).

Osservando il grafico di **Figura 18**, che riporta il giorno medio (calcolato con le modalità indicate precedentemente), si nota che l'andamento dell' NO_2 nella campagna invernale è caratterizzato per tutte le stazioni da una leggera campana che coinvolge diverse ore del mattino e da un picco serale, sempre più alto di quello mattutino. Anche nella campagna estiva, benché i valori siano complessivamente più bassi, si registrano evidenti picchi mattutini e serali, con l'eccezione della stazione di Druento, la più remota e lontana dalle fonti d'inquinamento, dove invece tali picchi sono

appena accennati. Il profilo evidenziato presso la stazione di Druento è il medesimo del sito di misura di Orio C.se.

Per il biossido di azoto la normativa (D.Lgs. 155 del 13/08/2010) prevede oltre al limite orario, il rispetto di un valore limite annuale per la protezione della salute umana di 40 µg/m³. La durata complessiva del monitoraggio nel comune di Orio C.se non permette in termini formali un confronto diretto con tale limite. Una semplice formula matematica, tuttavia, ci consente di stimare con buona approssimazione un valore di concentrazione annuale anche nei casi in cui le misurazioni reali non sono sufficienti a calcolare il dato annuale, come avviene normalmente per le campagne di misura con il laboratorio mobile, necessariamente limitate nel tempo.

Stazioni di misura	Media I campagna	Media II campagna	Media due campagne	Media
	18 marzo - 11 aprile 2014	6 giugno - 2 luglio 2014	dal 18 marzo al 11 aprile e dal 6 giugno al 2 luglio	anno 2013
	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]
Ceresole Reale	5	6	6	6
Druento	12	11	12	12
Susa	20	12	16	19
Ivrea	20	15	18	25
Borgaro T. se	26	16	21	31
Orbassano	32	18	25	32
Beinasco	31	16	24	35
ORIO C.SE	22	9	16	16*
Grugliasco	42	20	31	38
Collegno	46	30	38	44
Rubino	40	24	32	42
Lingotto	42	25	34	43

Tabella 10 – NO₂: confronto medie anno 2013 e medie del periodo di campionamento

*Il dato è stato stimato secondo le modalità descritte nel testo

Secondo il procedimento descritto nella nota¹, per il comune di Orio C.se è stato stimato un valore annuale di NO₂ pari a 16 µg/m³ (**Tabella 10** e **Figura 19**), valore più elevato rispetto al valore medio annuale rilevato presso la stazione di Druento – La Mandria ma inferiore a quello registrato a Ivrea

¹ Sono state calcolate le medie di NO₂ - annuale e relativa al periodo delle due campagne di misura - per la stazione di Druento che meglio rappresenta le condizioni della stazione di Orio C.se; dal rapporto con la media dell'anno 2013 di Druento si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne di Orio C.se permette di ricavare la stima annuale per il sito in esame;

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

dove

mc : media periodo campagne NO₂ di Orio C.se

Mc : media anno 2013 NO₂ di Orio C.se

mp : media periodo campagne NO₂ di Druento

Mp : media anno 2013 NO₂ di Druento

nel 2013. Il valore medio annuale stimato è comunque decisamente inferiore al limite normativo di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e in generale alla media annuale calcolata presso le altre stazioni suburbane della provincia torinese.

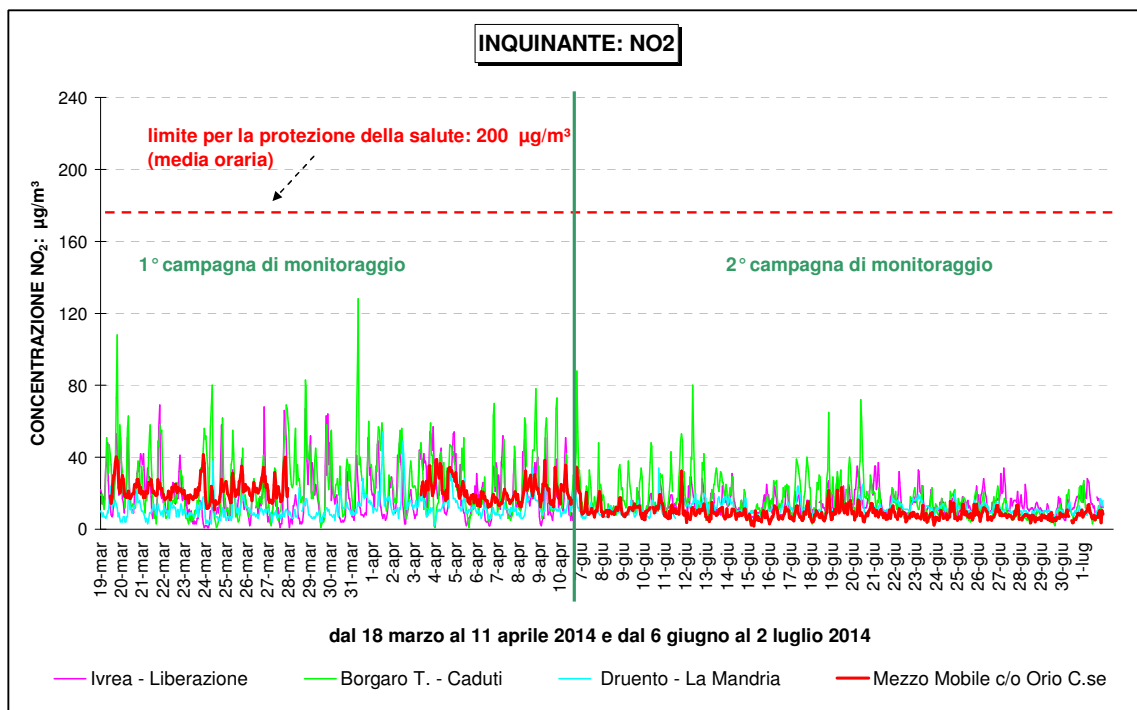


Figura 17 – NO₂: concentrazioni orarie e confronto con il limite di legge – I e II campagna

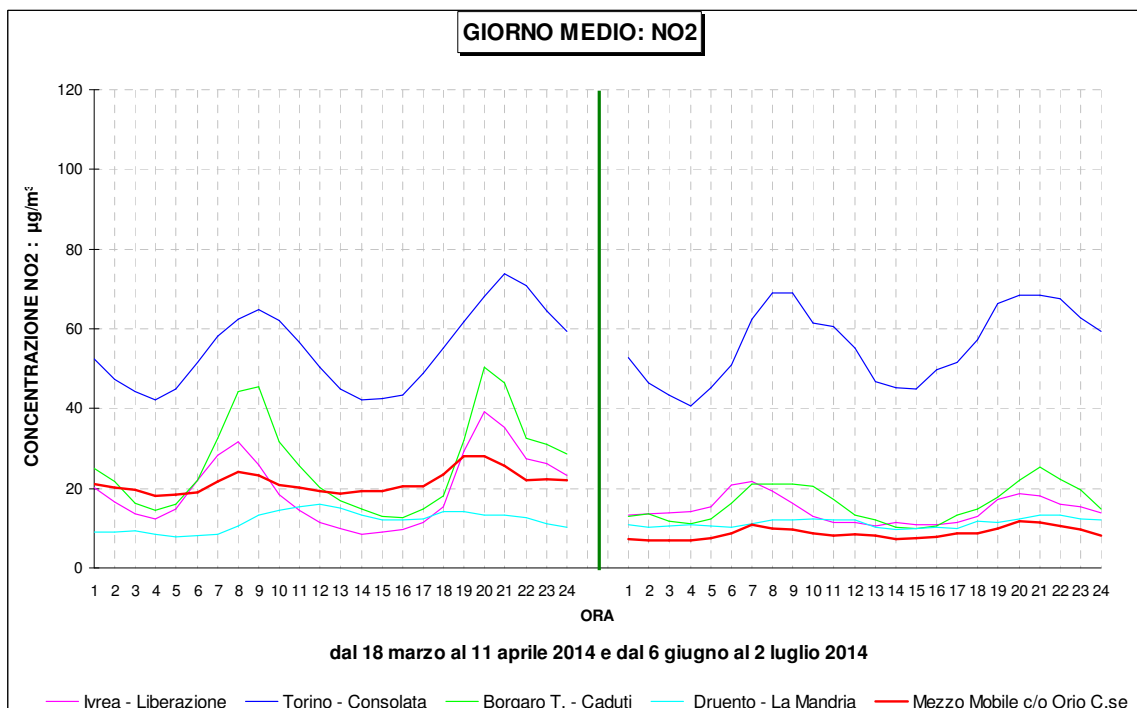


Figura 18 – NO₂: andamento giorno medio - confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio.

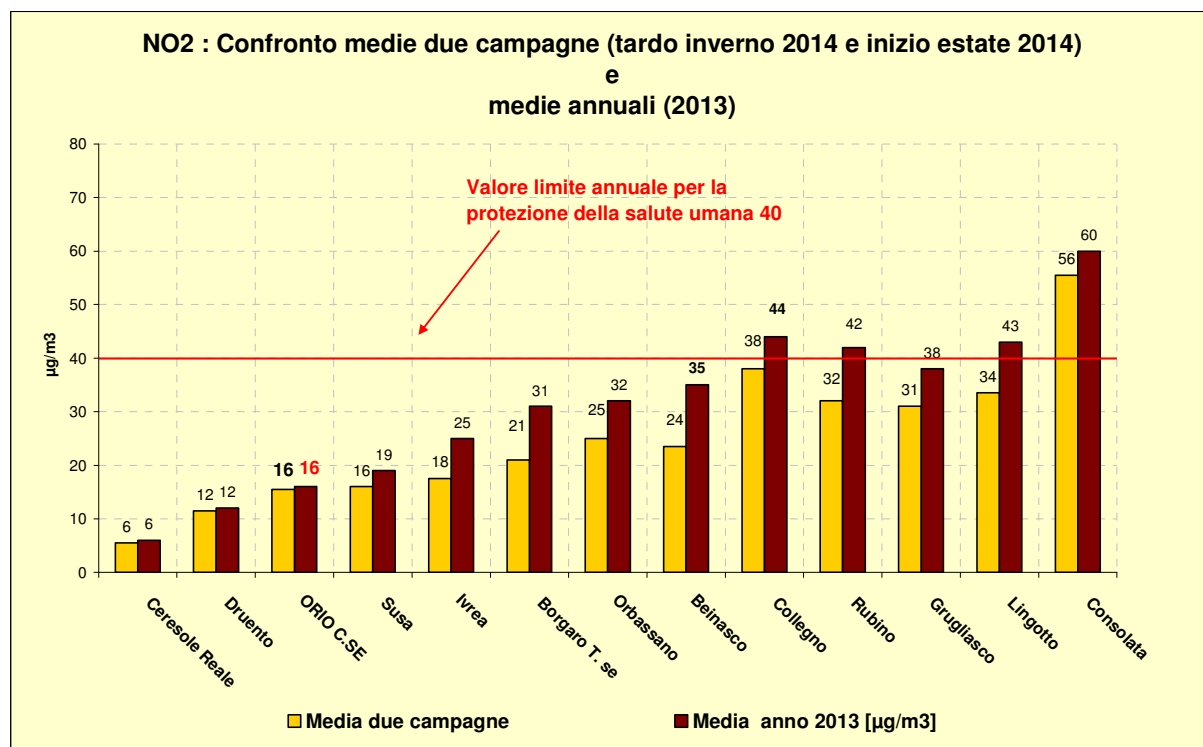


Figura 19 – NO₂: medie annuali e somma delle medie dei periodi di misura in provincia di Torino

Benzene e Toluene

Il benzene presente in atmosfera è 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 dall'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 a partire dall'1° luglio 1998 fissa all'uno per cento il tenore massimo di benzene nelle benzine.

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. In seguito a esposizione a concentrazioni elevate, superiori a milioni di ppb, si osservano danni acuti al midollo osseo. Un'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 µg/m³ di benzene per l'intera vita, quattro persone ogni milione sono sottoposte al rischio di contrarre la leucemia.

La normativa vigente (D.Lgs. 155 del 13/8/2010) prevede per il benzene un limite annuale pari 5 µg/m³ da rispettare dal 2010 in avanti.

	Benzene		Toluene	
	1° campagna	2° campagna	1° campagna	2° campagna
Minima media giornaliera	0.6	0.3	0.5	0.9
Massima media giornaliera	1.7	0.5	5.0	1.6
Media delle medie giornaliere	1.0	0.4	1.7	1.1
Giorni validi	23	21	23	21
Percentuale giorni validi	92%	84%	92%	84%
Media dei valori orari	1.0	0.4	1.6	1.1
Massima media oraria	4.1	1.3	9.4	4.2
Ore valide	548	514	548	514
Percentuale ore valide	91%	86%	91%	86%

Tabella 11 – Dati relativi al benzene e al toluene (µg/m³)

Durante la prima campagna di misura, fine inverno, periodo più critico per tale inquinante, nel comune di Orio C.se è stata misurata una concentrazione media di benzene di $1.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (**Tabella 11**) ed in generale i valori delle medie orarie sono compresi tra 0.1 e $4.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (**Figura 20**).

Nella campagna pre-estiva valori massimi e minimi si abbassano così come la media del periodo che scende a $0.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dal momento che nella campagna svoltasi nel periodo freddo – quando le concentrazioni sono maggiori - il valore di benzene è stato al di sotto del limite di legge è verosimile supporre che il valore risultante da un ipotetico campionamento annuale nel sito in esame non comporterebbe un superamento del limite di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, previsto dalla normativa.

Per quanto riguarda il **toluene** la normativa italiana non prevede alcun limite, ma le linee guida date nel 2000 dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) indicano un valore 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.

Nella prima campagna la massima media giornaliera di toluene è pari a $9.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre la massima media oraria è di $4.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Le medie settimanali delle concentrazioni di toluene nelle tre settimane complete di misurazioni (considerate da mercoledì a martedì) sono pari a 1.0 , 1.1 e $1.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, quindi di circa venti ordini di grandezza inferiori al valore guida consigliato dall'OMS.

Anche per il toluene i valori minimi, medi e massimi nel periodo pre-estivo risultano più bassi rispetto al periodo freddo.

Sia per il benzene sia per il toluene il giorno medio mostra che nel periodo più critico i valori misurati a Orio C.se sono inferiori non solo a quelli registrati nella stazione urbana di Torino via della Consolata, nel centro della città, ma anche a quelli di Torino - Rubino, stazione di monitoraggio di fondo urbano (**Figura 22** e **Figura 23**).

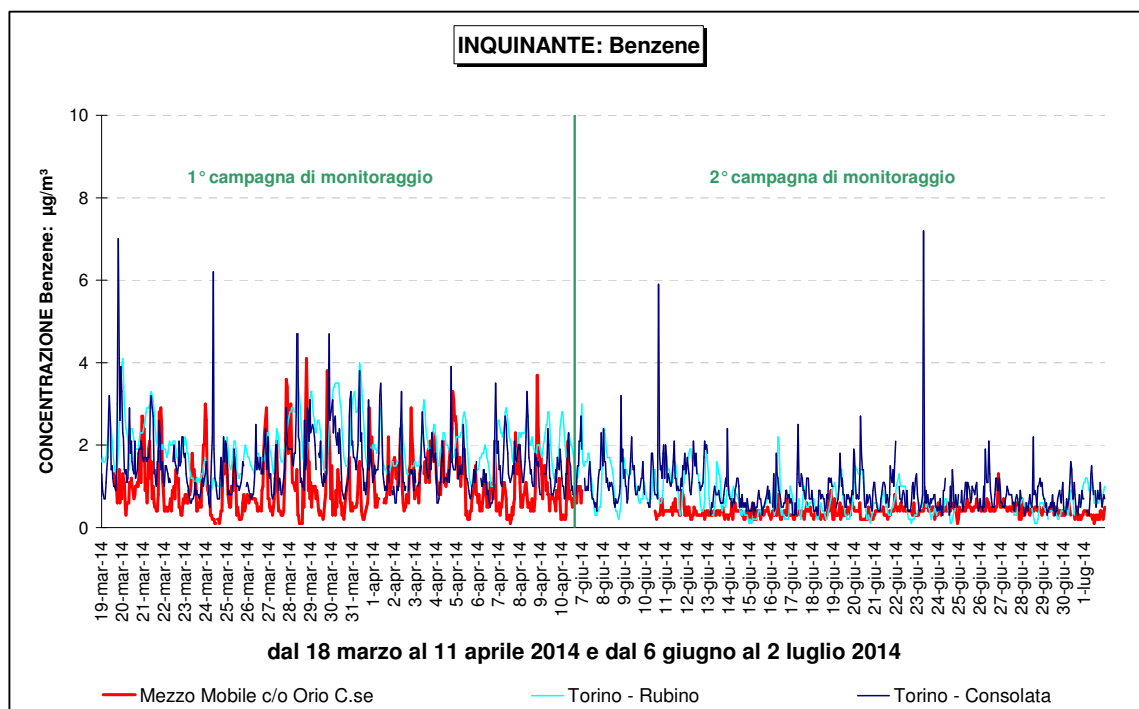


Figura 20 – Benzene: andamento della concentrazione oraria nelle due campagne di misura

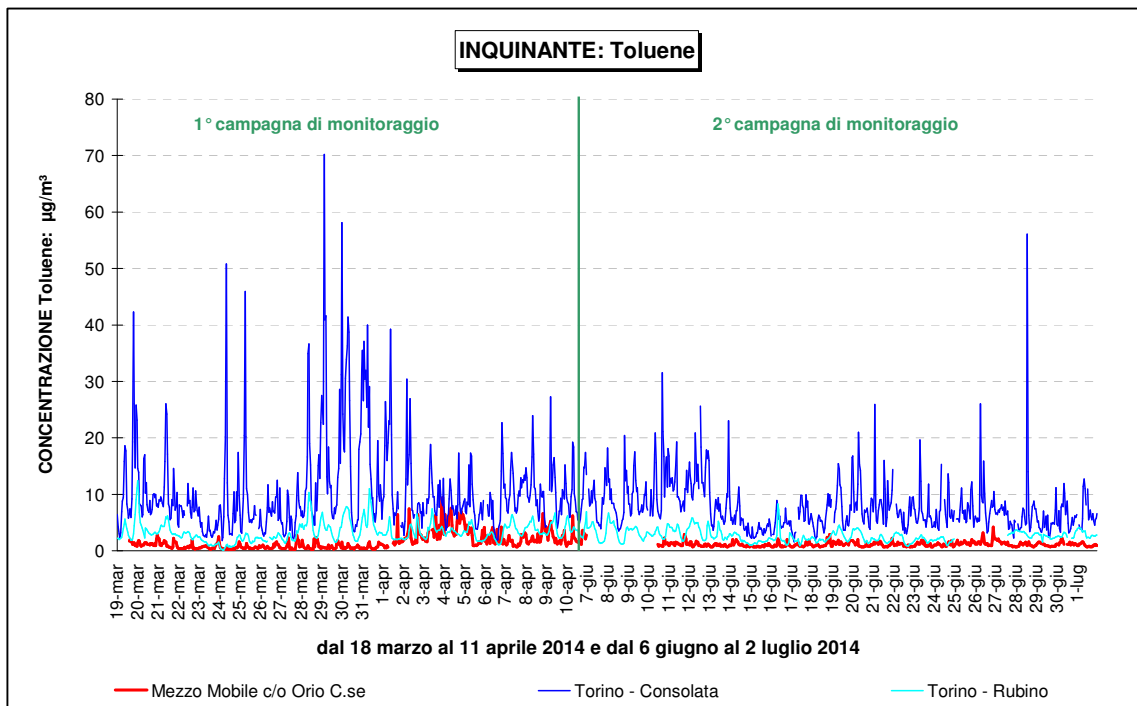


Figura 21 – Toluene: andamento della concentrazione oraria nelle due campagne di misura

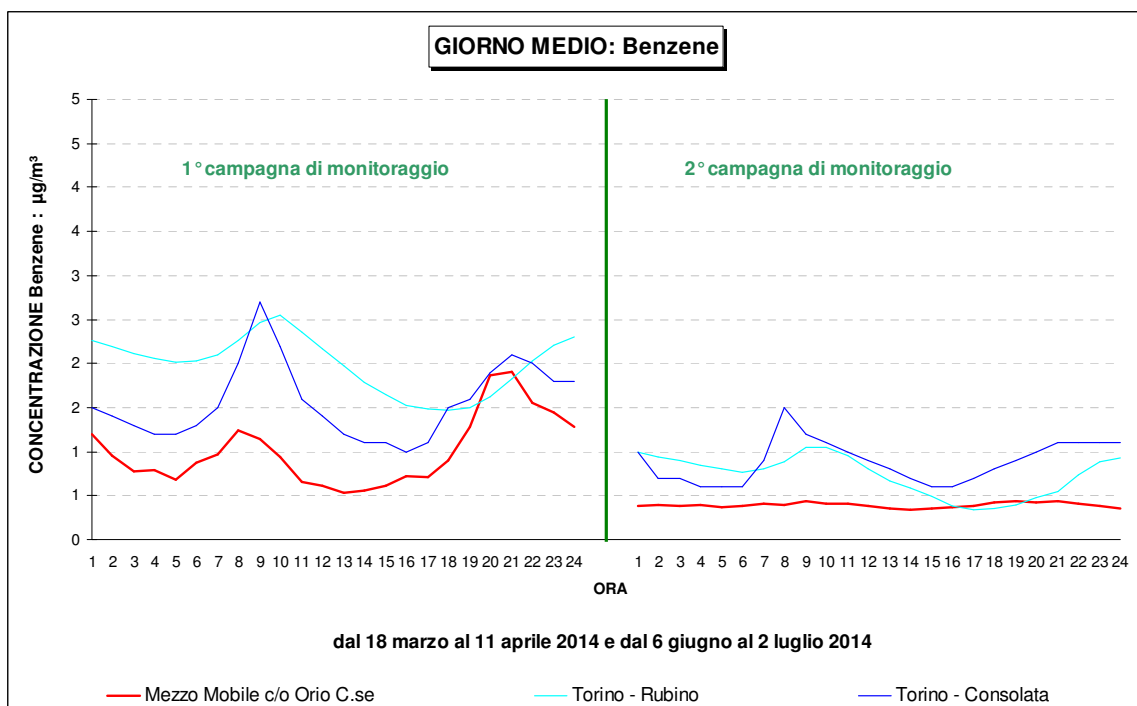


Figura 22 – Benzene: andamento giorno medio - confronto con le altre stazioni di monitoraggio

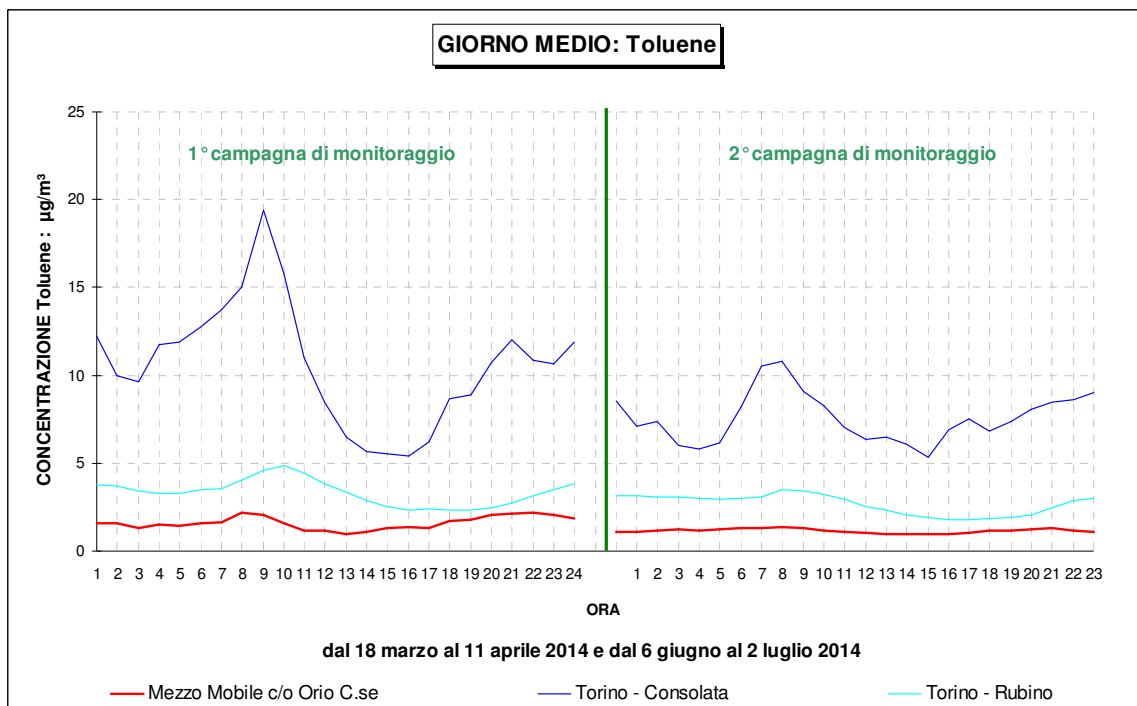


Figura 23 – Toluene: andamento giorno medio - confronto con le altre stazioni di monitoraggio

Particolato Sospeso (PM₁₀)

Il particolato sospeso è costituito dall'insieme del 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, degli pneumatici, dei freni e dalle emissioni di scarico degli autoveicoli, in particolare quelli con motore diesel.

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

La legislazione italiana, recependo quella europea, non ha più posto limiti per il particolato sospeso totale (PTS), ma, prima con il DM 60/2002 e successivamente con il D.Lgs. 155/2010, ha previsto dei limiti per il particolato PM₁₀, la frazione con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm. Si tratta della componente più pericolosa del particolato perché in grado di raggiungere facilmente la trachea e i bronchi, dove gli inquinanti adsorbiti sulla polvere possono venire a contatto con gli alveoli polmonari. Il D.Lgs. 155/2010 introduce inoltre un limite anche per il PM_{2.5} (diametro aerodinamico inferiore ai 2.5 µm) calcolato come media annuale di 25 µg/m³ da raggiungere entro il 1° gennaio 2015.

PM ₁₀	1° campagna	2° campagna
Minima media giornaliera	5	6.0
Massima media giornaliera	89	30.0
Media delle medie giornaliere	28	16.6
Giorni validi	23	24
Percentuale giorni validi	100%	96%
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)</u>	3	0

Tabella 12 – Dati relativi al particolato sospeso PM₁₀ (µg/m³) presso il sito di monitoraggio

Durante la prima campagna di misura, dal 18 marzo al 11 aprile 2014, nel comune di Orio C.se sono state eseguite misure di particolato fine PM₁₀, per il quale sono disponibili 23 giorni di monitoraggio effettivo. Durante il campionamento ci sono stati ben 3 superamenti del limite giornaliero del PM₁₀ di 50 µg/m³ (da non superare più di 35 volte per anno civile) pari all'13% dei valori validi, mentre la media della concentrazione di PM₁₀ è di 28 µg/m³ (**Figura 24**).

Nella campagna pre-estiva, dal 6 giugno al 2 luglio 2014, non si registra – in linea con il periodo - si alcun superamento del limite giornaliero di 50 µg/m³. La concentrazione media di polveri sottili è stata di 17 µg/m³. Nella **Figura 25** si riporta il profilo giornaliero relativo alla seconda campagna di misure.

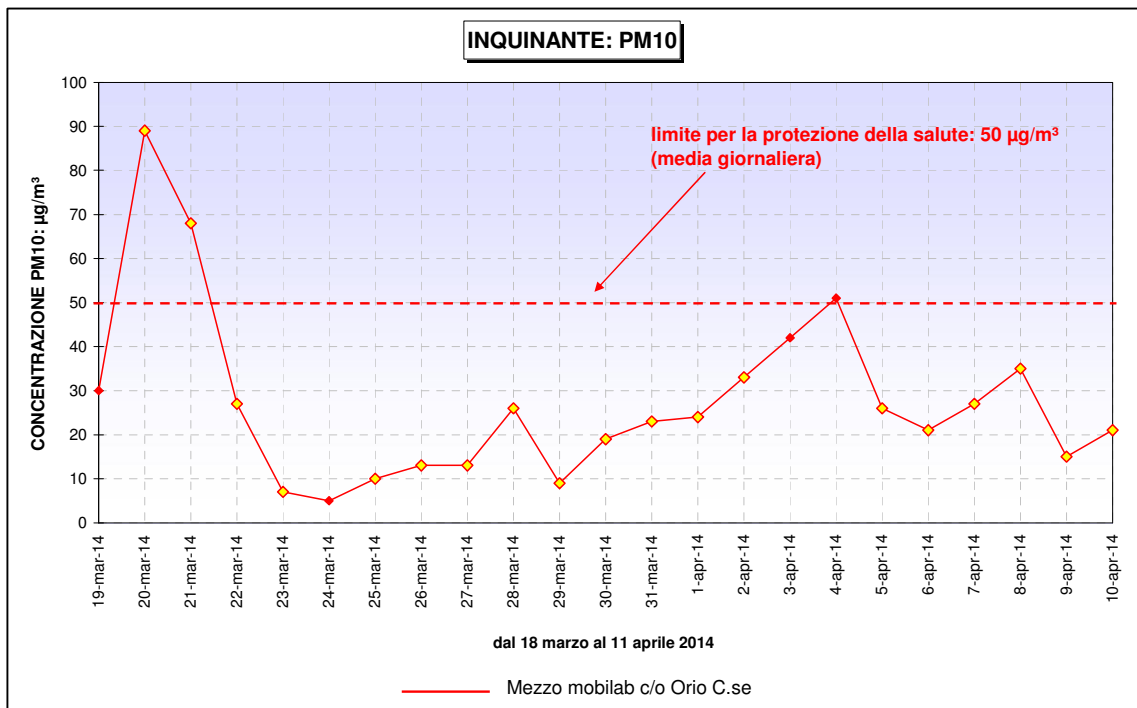


Figura 24 – Particolato sospeso PM₁₀: prima campagna - confronto con il limite giornaliero per la protezione della salute

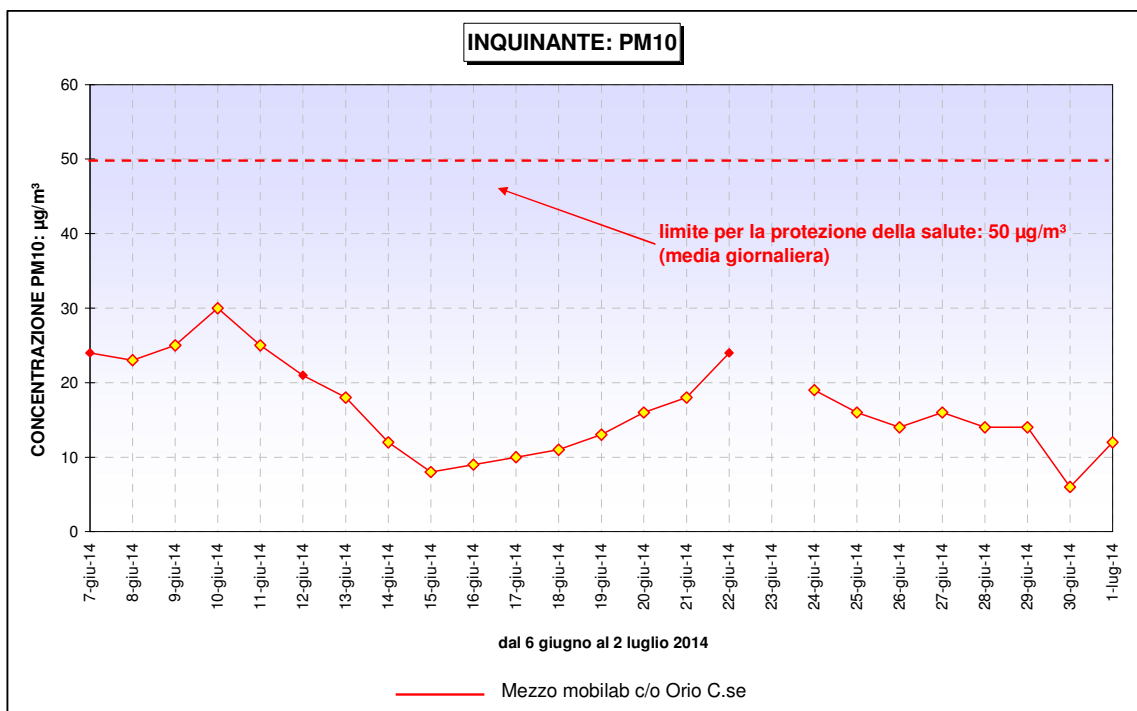


Figura 25 – Particolato sospeso PM₁₀: seconda campagna - confronto con il limite giornaliero per la protezione della salute

Nella **Figura 26** sono stati messi a confronto i valori di PM₁₀ registrati a Orio C.se con quelli misurati nelle stazioni della rete di rilevamento della qualità dell'aria di Ivrea, Totino Lingotto (stazione

classificata di fondo urbano), Torino Consolata, Borgaro e Druento - La Mandria. Dal grafico si può notare che in entrambi le campagne di monitoraggio i valori misurati dal laboratorio mobile sono inferiori ai dati registrati non solo nelle stazioni urbane di Torino ma anche di quelle di Borgaro e Ivrea, stazione di fondo suburbano geograficamente più vicina a Orio. L'andamento del PM₁₀ è generalmente comparabile, ad eccezione di poche giornate, con quello della stazione di fondo rurale di Druento.

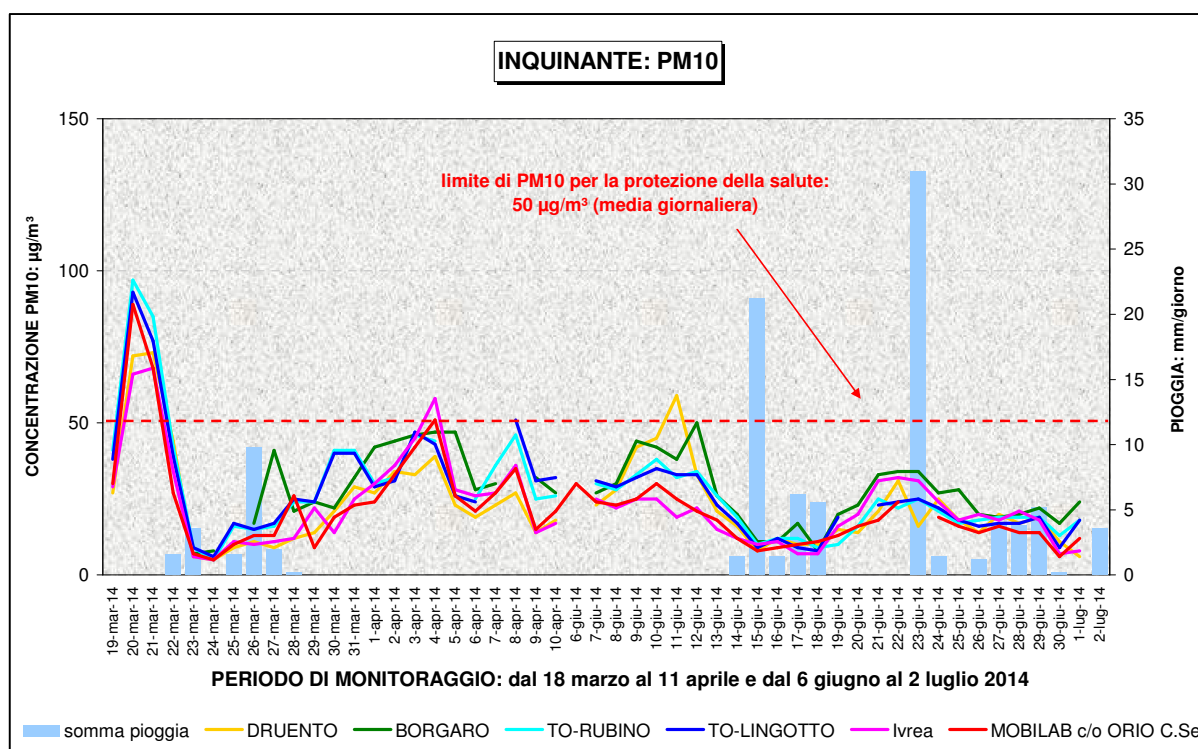


Figura 26 – Particolato sospeso PM₁₀: confronto con altre stazioni di monitoraggio e i mm/giorno di pioggia

Nella **Tabella 13** sono stati riassunte le concentrazioni medie di PM₁₀ per il laboratorio Mobile e per le stazioni della rete fissa. Per queste ultime è stata riportata la media annuale per l'anno 2013 per poter verificare il rispetto del limite annuale per la protezione della salute umana di 40 µg/m³, previsto dalla normativa.

Per il sito di Orio C.se, invece, è stata eseguita una stima del valore di concentrazione annuale del PM₁₀ facendo ricorso alla stessa tipologia di formula matematica presentata in questa relazione nel capitolo sul biossido di azoto e riproposta, con le opportune modifiche, nella nota².

² Per lo stesso periodo in cui si è svolta la campagna di misura a Orio C.se, è stata calcolata la media di PM₁₀, nella stazione di Ivrea, che meglio rappresenta le condizioni della stazione di Orio C.se; dal rapporto con la media dell'anno 2013 di Ivrea si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne di Orio C.se permette di ricavarne la stima annuale;

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

dove

mc : media periodo campagne PM₁₀ di Orio C.se

Mc : media anno 2013 PM₁₀ di Orio C.se

mp : media periodo campagne PM₁₀ di Ivrea

Mp : media anno 2013 PM₁₀ di Ivrea

Per il PM₁₀ è stata utilizzata come riferimento la stazione di Ivrea più vicina sia geograficamente sia come valori di concentrazione.

Tabella 13 – Particolato sospeso PM₁₀: confronto medie anno 2013 e medie del periodo di campionamento nella provincia di Torino

Stazioni di misura	Media periodo 19 marzo – 11 aprile 2014 [µg/m ³]	Media periodo 06 giugno – 2 luglio 2014 [µg/m ³]	Media due campagne [µg/m ³]	Media anno 2013 [µg/m ³]
Borgaro T. se	23	26	25	35
Ceresole Reale	12	9	11	6
Collegno	35	24	30	36
Druento	26	21	24	24
Ivrea	27	19	23	27
Susa	23	18	21	18
Carmagnola	39	26	33	42
ORIO C.se	28	17	23	26*
Settimo	35	20	28	39
TO - Consolata	38	23	31	40
TO - Grassi	47	25	36	48
TO - Lingotto	34	21	28	38
TO - Rubino	35	21	28	35
Borgaro T. se	23	26	25	35

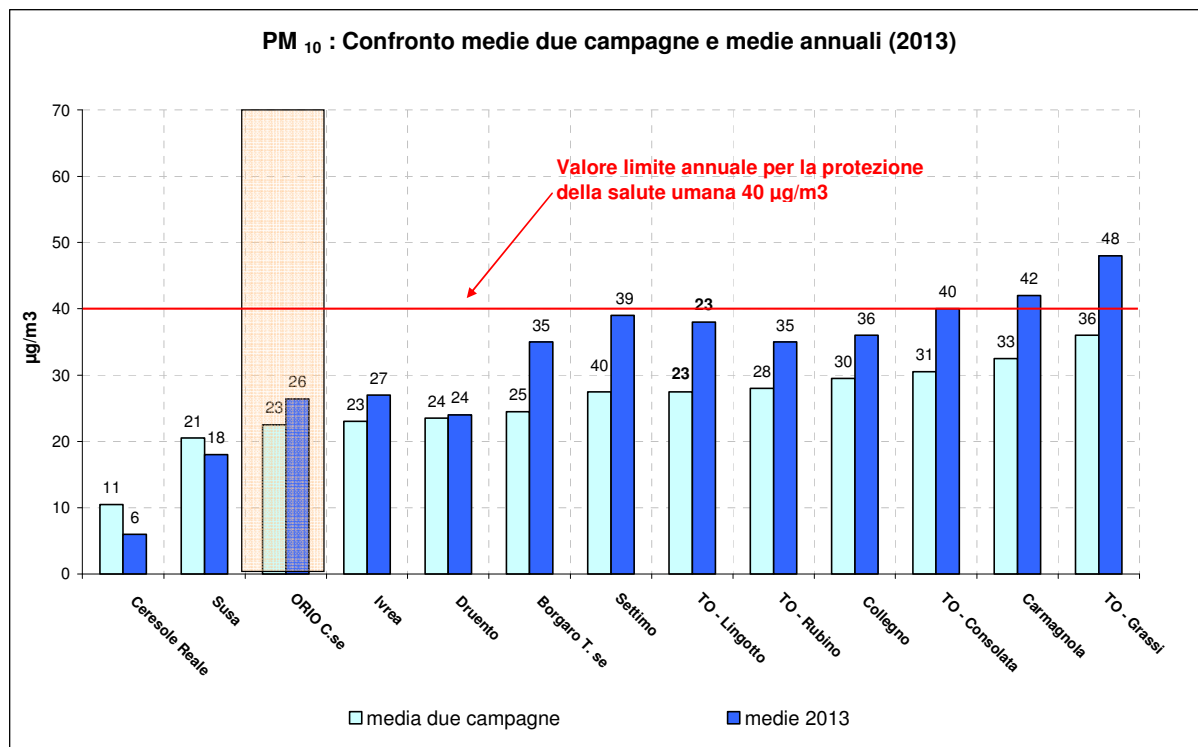
*Il dato è stato stimato secondo le modalità descritte nel testo.

Seguendo il procedimento descritto in nota, per il comune di Orio C.se è stata stimata una concentrazione media annua di PM₁₀ di 26 µg/m³ (**Figura 26**), valore in linea con quelli di altre stazioni suburbane della provincia di Torino. Il dato è inferiore al limite normativo di 40 µg/m³, pertanto è verosimile supporre che il valore risultante da un ipotetico campionamento annuale nel sito in esame non comporterebbe alcun superamento del limite previsto dalla normativa.

Rispetto al numero massimo di superamenti del limite giornaliero previsto dalla normativa (35 in un anno) è possibile eseguire un semplice confronto con la stazione della rete fissa di monitoraggio più vicina geograficamente e più simile in linea di massima per questo inquinante. Durante la prima campagna di monitoraggio (dal 18 marzo al 11 aprile 2014) la stazione fissa di Ivrea - Liberazione ha registrato un numero di superamenti del livello giornaliero protezione della salute (50 µg/m³) uguale a quanto registrato nello stesso periodo ad Orio C.se, ossia pari a 3.

Su base annua nel 2013 la stessa stazione ha superato il limite dei 35 giorni di superamento ammesso dalla normativa vigente pertanto, anche in questo caso è del tutto presumibile ipotizzare che anche nel sito di Orio C.se, tale limite non sarebbe rispettato nel caso di un monitoraggio annuale.

Figura 27 – Particolato sospeso PM_{10} : confronto medie anno 2013 e medie delle due campagne di misura nella provincia di Torino.



*Il dato è stato stimato secondo le modalità descritte nel testo.

Particolato Sospeso (PM_{2.5})

Le polveri fini, denominate PM_{2.5} (particelle con diametro aerodinamico inferiore a 2.5 µm), sono delle particelle inquinanti presenti nell'aria che respiriamo. Queste piccole particelle possono essere di natura organica o inorganica e presentarsi allo stato solido o liquido. Le PM_{2.5} possono essere respirate e spingersi nella parte più profonda dell'apparato, fino a raggiungere i bronchi. Le polveri ultrafini potrebbero essere addirittura in grado di filtrare fino agli alveoli e ancora più in profondità nell'organismo e, si sospetta, entrare nel circolo sanguigno e poi nelle cellule.

Il D.Lgs. 155/2010 ha individuato per il PM_{2.5} la concentrazione di 25 µg/m³ prima come valore obiettivo, che bisognava cercare di raggiungere entro il 2010 e poi come valore limite annuale da raggiungere obbligatoriamente entro il 1° gennaio 2015.

PM _{2.5}	1° campagna	2° campagna
Minima media giornaliera	5	5
Massima media giornaliera	72	18
Media delle medie giornaliere (b):	18	11
Giorni validi	20	23
Percentuale giorni validi	87%	92%

Tabella 14 – Dati relativi al PM_{2.5} (µg/m³).

Da quanto emerge dai dati, rilevati durante le due campagne di misura, il PM_{2.5} segue, come andamento temporale e valori medi di concentrazione giornaliera, il PM₁₀ (**Figura 28**).

La concentrazione media di PM_{2.5} del periodo pre-estivo è 11 µg/m³, valore inferiore alla soglia di concentrazione di 25 µg/m³, stabilita dal D.Lgs. 155/2010 che tuttavia è calcolata su base temporale annuale e quindi non può essere usato come riferimento in questo caso.

La **Figura 29** mostra poi il confronto con i dati di alcune stazioni della rete fissa di monitoraggio in cui si misura il PM_{2.5}. Si può osservare che l'andamento delle PM_{2.5} a Orio C.se è comparabile con quello della stazione di Ivrea, geograficamente più vicina. Non è stato possibile fare un confronto con la stazione di Druento poiché presso tale stazione non è presente un campionatore PM_{2.5}.

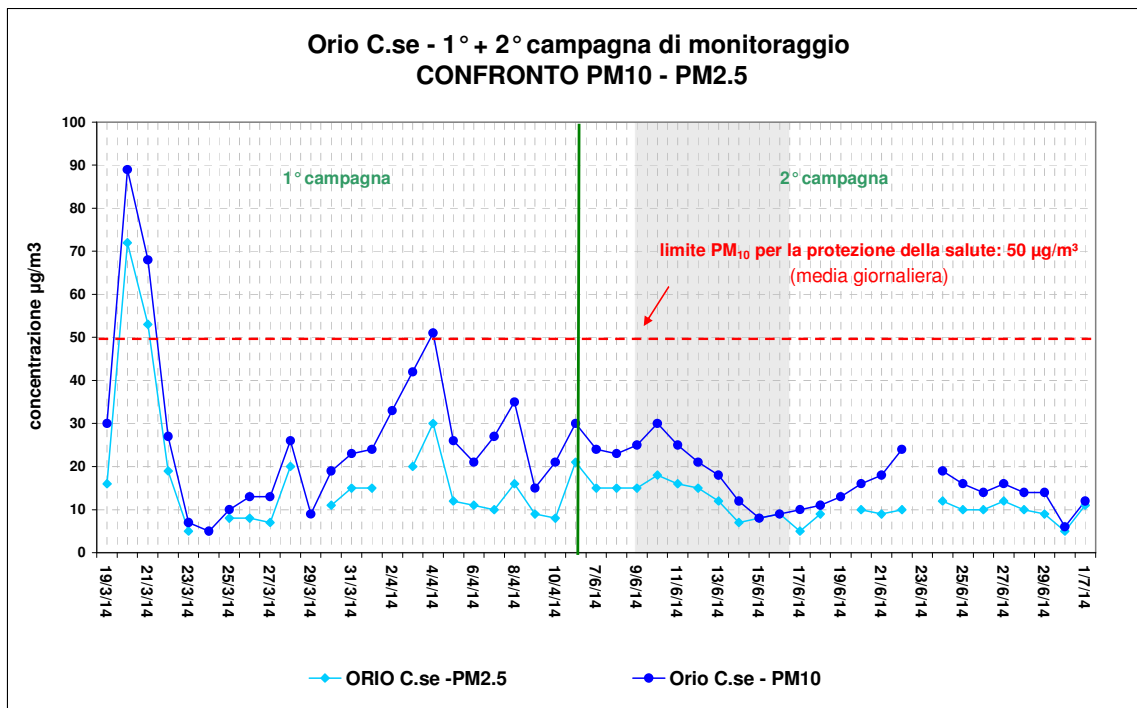


Figura 28 – Particolato sospeso PM₁₀ e PM_{2.5} – Il campagna di misura a Orio C.se.

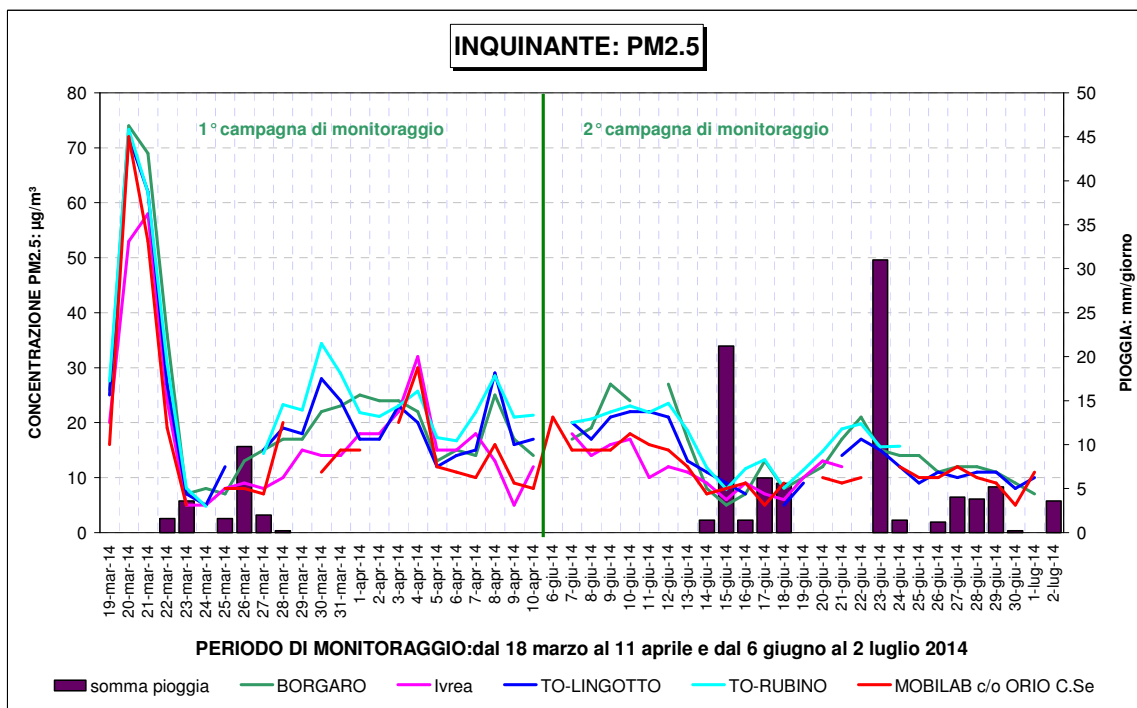


Figura 29 – Particolato sospeso PM_{2.5} - Il campagna di misura confronto con stazioni fisse

Nella **Tabella 13** sono stati riassunte le concentrazioni medie di PM_{2.5} per il laboratorio Mobile e per le stazioni della rete fissa. Per queste ultime è stato possibile calcolare la media annuale per l'anno

2013 per potere verificare il rispetto del limite annuale per la protezione della salute umana di $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, previsto dalla normativa.

La durata complessiva del campionamento nel comune di Orio C.se non permette invece il confronto formale con i limiti di legge annuali. Tuttavia si possono fare alcune stime approssimative.

Tabella 15 – Particolato sospeso $\text{PM}_{2.5}$: confronto medie anno 2013 e medie del periodo di campionamento nella provincia di Torino

Stazioni di misura	Media periodo 19 marzo – 11 aprile 2014 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Media periodo 06 giugno – 2 luglio 2014 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Media due campagne [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Media anno 2013 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Borgaro T. se	23	14	19	28
Ceresole Reale	8	7	8	5
Borgaro T. se	23	14	19	28
Ivrea	18	11	15	24
ORIO C.se	18	11	15	24*
Settimo	23	13	18	33
TO - Lingotto	22	13	18	29
TO - Rubino	26	17	22	23

*Il dato è stato stimato secondo le modalità descritte nel testo.

Rispetto al calcolo della media annuale da confrontare poi con il limite di legge di $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ è possibile effettuare una stima del valore di concentrazione annuale del $\text{PM}_{2.5}$ facendo ricorso alla stessa tipologia di formula matematica presentata in questa relazione nel capitolo sul biossido di azoto e per il PM_{10} e riproposta, con le opportune modifiche, nella nota³.

Seguendo il procedimento descritto in nota, per il comune di Orio C.se è stata stimata una concentrazione media annua di $\text{PM}_{2.5}$ di 24 utilizzando come riferimento la stazione di Ivrea in quanto più simile come livelli di concentrazione misurati durante i due periodi di misura.

Il dato è appena sotto al limite normativo di $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, pertanto è possibile supporre che il valore risultante da un ipotetico campionamento annuale nel sito in esame potrebbe comporterebbe un superamento del limite previsto dalla normativa in relazione alle specifiche condizioni meteorologiche di ogni anno.

³ Per lo stesso periodo in cui si è svolta la campagna di misura a Orio C.se, è stata calcolata la media di PM_{10} , nella stazione di Ivrea, che meglio rappresenta le condizioni della stazione di Orio C.se; dal rapporto con la media dell'anno 2013 di Ivrea si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne di Orio C.se permette di ricavarne la stima annuale;

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

dove

mc : media periodo campagne PM_{10} di Orio C.se

Mc : media anno 2013 PM_{10} di Orio C.se

mp : media periodo campagne PM_{10} di Ivrea

Mp : media anno 2013 PM_{10} di Ivrea

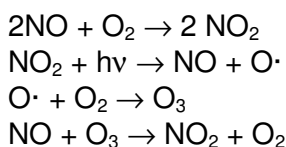
Ozono

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, ma 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).

Le concentrazioni più elevate di ozono si raggiungono nella stagione calda quando la radiazione solare e la temperatura media dell'aria raggiungono i valori più alti dell'anno.

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



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

Ozono	1° campagna	2° campagna
Minima media giornaliera	70	68
Massima media giornaliera	112	164
Media delle medie giornaliere (b):	91	109
Giorni validi	22	25
Percentuale giorni validi	96%	100%
Media dei valori orari	91	109
Massima media oraria	150	231
Ore valide	541	598
Percentuale ore valide	98%	100%
Minimo medie 8 ore	44	43
Media delle medie 8 ore	91	109
Massimo medie 8 ore	136	209
Percentuale medie 8 ore valide	97%	100%
Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore	46	189
N. superam. dell'obiettivo a lungo termine protezione della salute umana (max media 8h > 120)	8	12
Numero di superamenti livello informazione (180)	0	40
Numero di giorni con almeno un superamento livello informazione (180)	0	7
Numero di valori orari superiori al livello allarme (240)	0	0
Numero di superamenti livello allarme (240 per almeno 3 ore consecutive)	0	0
Numero di giorni con almeno un valore superiore al livello allarme (240)	0	0

Tabella 16 – Dati relativi all'ozono O_3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Nel corso della prima campagna nel comune di Orio C.se la media dei valori orari di ozono è stata di $91 \mu\text{g}/\text{m}^3$, la massima media oraria di $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La seconda campagna si è svolta nel periodo pre-estivo quando i valori di ozono sono più alti e, infatti, la media dei valori orari è aumentata, paria a $109 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre la massima media oraria è raddoppiata, $231 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

In **Figura 30** è riportata la concentrazione oraria di ozono a Orio C.se e quella registrata presso le stazioni di Ceresole, Ivrea e Druento della rete fissa di rilevamento della qualità dell'aria regionale. Presso il sito di misura di Orio C.se nella prima campagna non è stato registrato alcun superamento del livello di informazione ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e del livello di allarme ($240 \mu\text{g}/\text{m}^3$) previsti dalla normativa vigente; sono stati, invece, registrati 8 superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media mobile su 8 ore). Durante la campagna pre-estiva, dal 6 giugno al 2 luglio 2014, ci sono stati 12 superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione livello di protezione della salute su medie di 8 ore ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e 40 superamenti del livello di informazione per un totale di 7 giorni di superamento.

La normativa attualmente in vigore (D.Lgs. 155/2010) prevede che a partire dal 2010 il valore di $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ non sia superato più di 25 giorni per anno civile come media su tre anni. Nel caso della campagna di misura nel comune di Orio C.se non sarà possibile applicare questo limite normativo avendo a disposizione al massimo un paio di mesi di misurazioni - il fatto che, nell'arco dei giorni di indagine sono stati registrati 12 superamenti del valore obiettivo fa presumere che un campionamento esteso a tutto l'anno porterebbe ad uno sfioramento del limite di legge.

La **Tabella 17** riassume i valori medi dell'ozono per alcune stazioni di misura della rete fissa nel 2013 e negli stessi periodi in cui si sono svolte le campagne di misura a Orio C.se. Come si osserva dalla tabella, tutte le stazioni della rete fissa hanno superato il valore obiettivo di $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come max media 8h > 120 più di 25 volte nel corso del 2013. Presumibilmente anche nel sito di Orio C.se, dove sono stati misurati nel periodo di studio valori molto simili a quelli rilevati nella stazione di Druento, tale limite sarebbe superato qualora l'ozono fosse stato monitorato in continuo per un anno intero.

Il profilo orario, invece, osservato a Orio C.se, caratterizzato da valori minimi notturni più elevati delle stazioni di pianura, è confrontabile qualitativamente con quello che si misura presso la stazione fissa di Ceresole Reale, stazione classificata di fondo rurale e sita ad una quota di oltre 1600 metri s.l.m., anche se in quest'ultimo caso i valori minimi notturni sono di norma ancora più elevati.

Essendo il sito di misura di Orio C.se ad altitudine di circa 330 metri s.l.m. il fatto che il profilo orario dell'ozono sia simile a quello di una stazione di quota da un lato è legato alla natura secondaria di questo inquinante che diffonde e accumula con facilità sia come tale che a livello dei precursori (elevate concentrazioni di ozono si possono rilevare anche molto lontano dai punti di emissione dei precursori) dall'altra fa ipotizzare una scarsa quantità di inquinanti di tipo primario ad Orio C.se che distruggerebbero l'ozono nelle ore di bassa insolazione.

In definitiva la formazione e la degradazione dell'ozono coinvolgono un numero notevole di composti e di fenomeni chimico-fisici e interessano aree molto vaste, per cui per la risoluzione di questo problema sono fondamentali le politiche a livello regionale o sovraregionale miranti alla complessiva riduzione dei precursori.

Stazioni di misura	Media periodo I campagna [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Media periodo II campagna [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	N. superamenti II campagna	N. superamenti anno 2013
Borgaro	68	72	7	27
Ceresole	99	93	6	58
Druento	56	88	13	72
Ivrea	65	77	9	31
Mobilab c/o ORIO C.SE	91	109	12	-
Torino Lingotto	56	78	12	39
Vinovo	51	65	8	47

Tabella 17 – Dati relativi alle concentrazioni di ozono in provincia di Torino

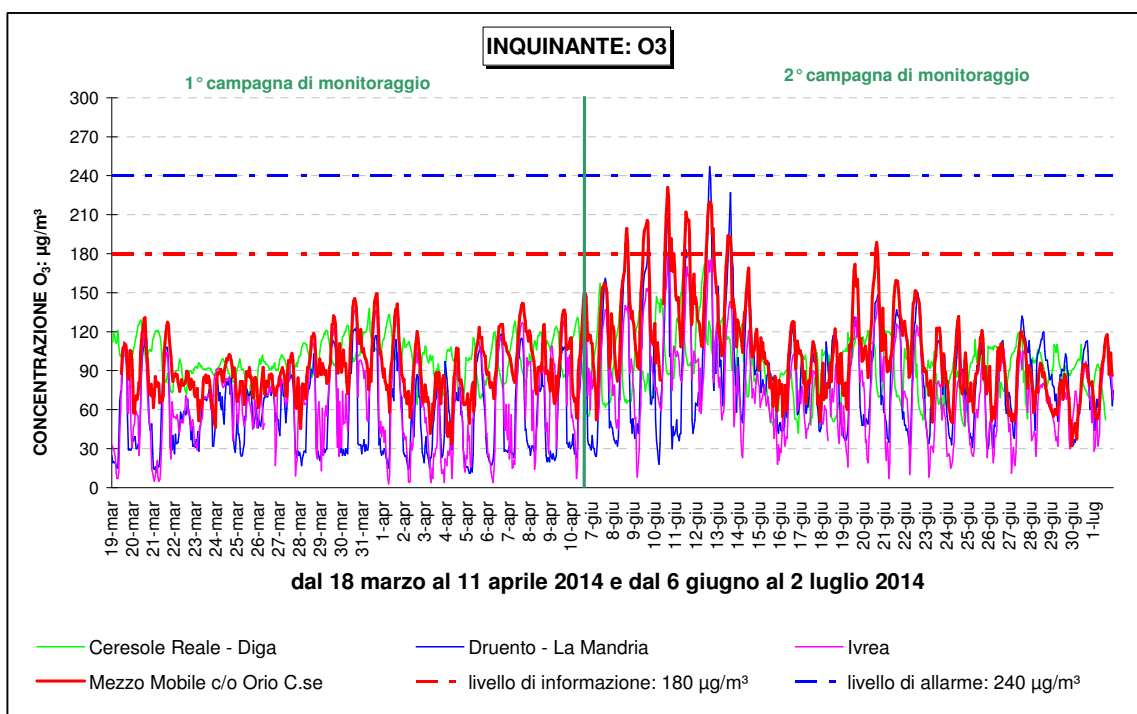


Figura 30 – O₃: andamento della concentrazione oraria e confronto con i limiti di legge

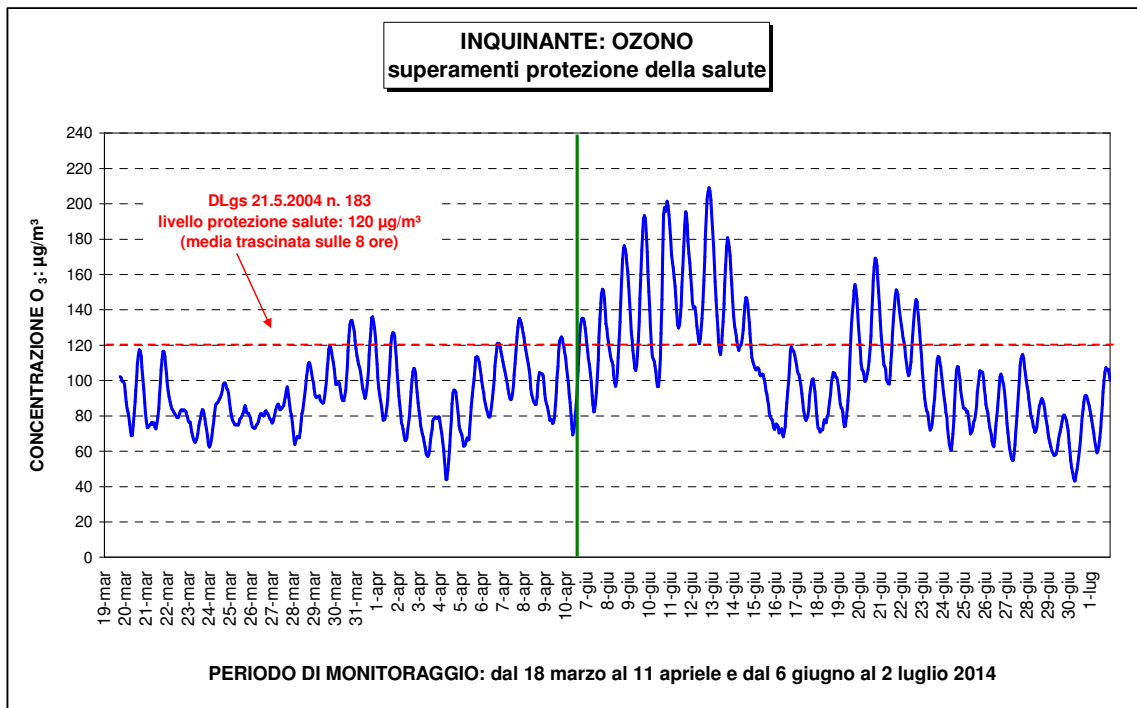


Figura 31 – O_3 : confronto con i limiti di legge (media trascinata sulle 8 ore)

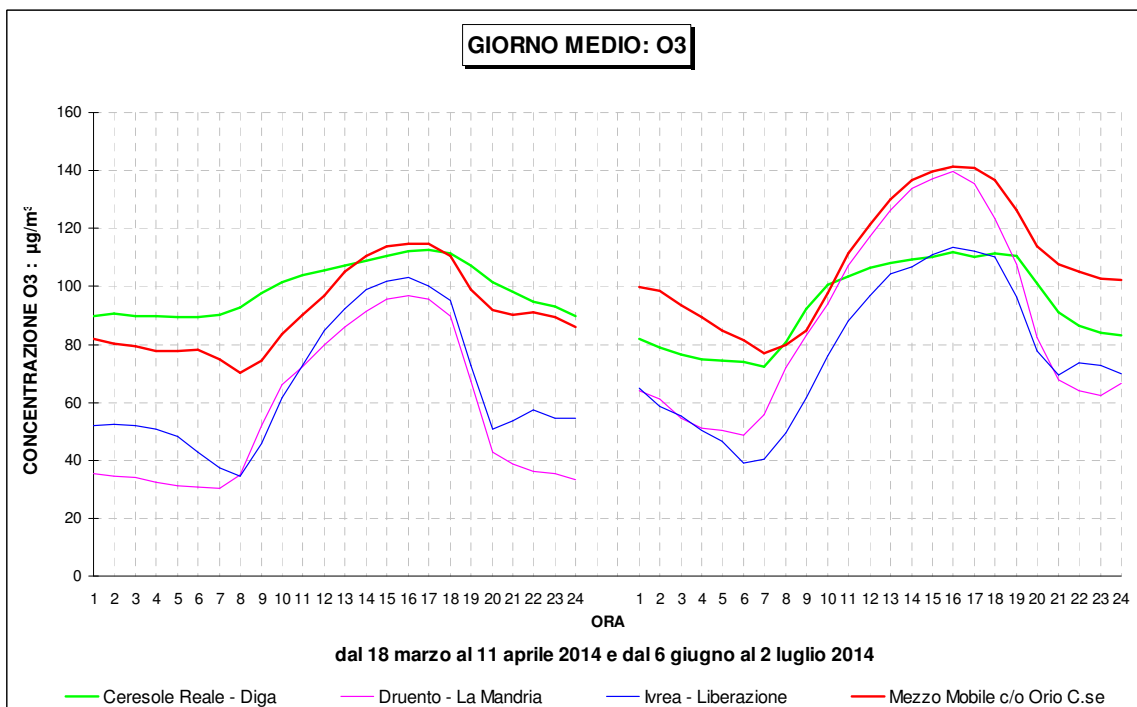


Figura 32 – O_3 : andamento giorno medio - confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio

Metalli sul Particolato Atmosferico

I metalli pesanti costituiscono una classe di sostanze inquinanti estremamente diffusa nelle varie matrici ambientali. La loro presenza in aria, acqua e suolo può derivare da fenomeni naturali (erosione, eruzioni vulcaniche), ai quali si sommano gli effetti derivanti da tutte le attività antropiche. Riguardo l'inquinamento atmosferico i metalli che maggiormente preoccupano sono generalmente As (arsenico), Cd (cadmio), Co (cobalto), Cr (cromo), Mn (manganese), Ni (nicel) e Pb (piombo), che sono veicolati dal particolato atmosferico.

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

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

L'avvelenamento da zinco si manifesta con disturbi al sistema nervoso centrale, anemia, febbre e pancreatite. Il rame, invece, produce alterazioni della sintesi di emoglobina e del tessuto connettivo osseo oltre a promuovere epatiti, cirrosi e danni renali. L'intossicazione da cobalto provoca un blocco della captazione dello iodio a livello tiroideo con conseguente gozzo da ipotiroidismo, alterazioni delle fibre muscolari cardiache e disturbi neurologici. Cromo e nichel, sono responsabili, in soggetti predisposti, di dermatiti da contatto e di cancro polmonare. L'enfisema polmonare (per deficit di α_1 antitripsina) è la principale manifestazione dell'intossicazione cronica da cadmio, cui generalmente si accompagnano danni ai tubuli renali e osteomalacia. Sia il piombo, che l'arsenico, inoltre, sono responsabili di numerose alterazioni organiche. L'avvelenamento cronico da piombo (saturnismo), ad esempio, è responsabile di anemia emolitica e danni neurologici.

PIOMBO (Pb)		
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
ARSENICO (As)		
Periodo di mediazione	Valore Obiettivo (condizioni di campionamento)	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
Anno civile	6 ng/m^3	31 dicembre 2012
CADMIO (Cd)		
Periodo di mediazione	Valore Obiettivo (condizioni di campionamento)	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
Anno civile	5 ng/m^3	31 dicembre 2012
NICHEL (Ni)		
Periodo di mediazione	Valore Obiettivo (condizioni di campionamento)	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
Anno civile	20 ng/m^3	31 dicembre 2012

Tabella 18: D.Lgs. 13/8/2010 n. 155, valori limite e valori obiettivo per i metalli

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 dall'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.

La determinazione dei metalli è stata condotta sia sul PM_{10} sia sul $\text{PM}_{2.5}$ e i livelli medi di concentrazione riscontrati sono coerenti, con valori leggermente inferiori per i metalli sul $\text{PM}_{2.5}$.

Nella **Tabella 19** si riportano le concentrazioni medie dei metalli misurati durante i due periodi di misura. Il set ricercato comprende oltre ai metalli riportati in tabella il Titanio, Vanadio, Cobalto, Arsenico, Selenio, Cadmio e Antimonio che sono risultati al di sotto del limite di rilevabilità strumentale in entrambe le campagne di misura.

In linea con l'andamento tipico dei metalli questi risultano più abbondanti durante la prima campagna di misura, che si è svolta nel periodo più freddo.

Metalli sul PM_{10}							
	Ni (ng/m^3)	Pb ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Cr (ng/m^3)	Cu (ng/m^3)	Ti (ng/m^3)	Zn (ng/m^3)	Mn (ng/m^3)
1° campagna	2.5	0.005	1.1	26	23	17	4.1
2° campagna	1.8	0.002	0.7	11.4	1.5	6.9	1.5

Tabella 19 – metalli riscontrati durante le due campagne di misura a Orio C.se

Di tutti i metalli ricercati solo quattro di essi sono normati e in **Tabella 18** 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.

Per gli altri metalli, in assenza di indicazioni normative, sono stati utilizzati i seguenti riferimenti:

- ✓ i valori di linea guida in aria ambiente stabiliti dall'Organizzazione Mondiale della Sanità;
- ✓ gli RfC (Reference Concentration for Chronic Inhalation Exposure) definito da U.S. – EPA (Environmental Protection Agency);
- ✓ gli MRL (Minimal Risk Level) per esposizione cronica/subcronica definito dall'ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry).

Nella **Tabella 21** si riportano i valori di riferimento e gli intervalli tipici in area urbana, desunti dai documenti menzionati, per i metalli non normati dal D.Lgs. 13/8/2010 n. 155. Le concentrazioni rilevate nel sito di Orio C.se si situano ampiamente al di sotto dei valori di riferimento e/o al limite inferiore dell'intervallo tipico in area urbana, per cui anche per i metalli non normati non si osservano particolari criticità.

Ni sul PM10				
Stazioni di misura	Media periodo 19 marzo – 11 aprile 2014 [ng/m3]	Media periodo 06 giugno – 2 luglio 2014 [ng/m3]	Media due campagne [ng/m3]	Media anno 2013 [ng/m3]
Borgaro T. se	3.7	2.5	3.1	3.4
Ceresole	0.7	0.9	0.8	0.7
Druento	1.9	1.8	1.9	1.6
Ivrea	2.7	1.0	1.9	2.4
Susa	2.2	6.5	4.4	1.1
Carmagnola	3.0	3.4	3.2	3.2
ORIO C.se	2.5	1.8	2.1	2.8*
TO - Consolata	6.3	5.3	5.8	4.9
TO - Grassi	5.7	4.0	4.9	5.8
TO - Lingotto	4.7	1.8	3.3	3.5
TO - Rubino	3.9	5.5	4.7	3
TO - Rebaudengo	7.5	2.5	5.0	5.2

*Il dato è stato stimato secondo le modalità descritte nel testo.

Tabella 20 – NICHEL: confronto medie anno 2013 e medie del periodo di campionamento nella provincia di Torino

Tabella 21 – Metalli sul PM10 – valori di riferimento per i metalli non normati dal D.Lgs. 13/8/2010 n. 155

Metallo	Linea guida O.M.S. (ng/m ³)	U.S. EPA RfC (ng/m ³)	ATSDR MRL (ng/m ³)	Valori tipici in aria ambiente secondo O.M.S. (ng/m ³)	Valori tipici in aria ambiente secondo ATSDR (**) (ng/m ³)
Antimonio	-	-	-	-	-
Cobalto	-	-	100 (esposizione cronica)	1-2 in area urbana (*)	-
Cromo	(***)	100 come Cr(VI) sul particolato	300 come Cr(VI) sul particolato (esposizione sub- cronica) 100 come Cr(III) solubile sul particolato (esposizione sub- cronica)	5-200	< 20
Manganese	150 come media annuale	50	300 (esposizione cronica)	10-70(media annuale) in aree urbane e rurali ; 200-500 (media annuale) nell'intorno di sorgenti industriali specifiche	40 in aree urbane; 10 in aree rurali
Rame	-	-	-	-	1-200
Selenio	-	-	-	-	< 10 come concentrazione di fondo
Titanio	-	-	-	-	-
Vanadio	1000 come media su 24 h	-	100 (esposizione cronica)	50-200 in area urbana	11 come media nazionale degli Stati Uniti
Zinco	-	-	-	-	20-160 in area urbana

(*) Concise International Chemical Assessment COBALT AND INORGANIC COBALT COMPOUNDS , WHO 2006

(**) Dati contenuti nei documenti ToxGuide e Public Health Statement di ATSDR

(***) O.M.S. stima un rischio carcinogenico per il Cr(VI) pari a 4×10^{-2} per un esposizione a 1000 ng/m³ per l'intero arco della vita

La durata complessiva del monitoraggio nel comune di Orio C.se non permette in termini formali un confronto diretto con tali limiti. Una semplice formula matematica, tuttavia, ci consente di stimare con buona approssimazione un valore di concentrazione annuale anche nei casi in cui le misurazioni reali non sono sufficienti a calcolare il dato annuale, come avviene normalmente per le campagne di misura con il laboratorio mobile, necessariamente limitate nel tempo.

Pb sul PM10				
Stazioni di misura	Media periodo 19 marzo – 11 aprile 2014 [µg/m3]	Media periodo 06 giugno – 2 luglio 2014 [µg/m3]	Media due campagne [µg/m3]	Media anno 2013 [µg/m3]
Borgaro T. se	0.006	0.002	0.004	0.009
Ceresole	0.001	0.001	0.001	0.001
Druento	0.005	0.002	0.004	0.004
Ivrea	0.005	0.002	0.004	0.006
Susa	0.004	0.002	0.003	0.004
Carmagnola	0.006	0.002	0.004	0.007
ORIO C.se	0.005	0.002	0.004	0.006*
TO - Consolata	0.010	0.004	0.007	0.01
TO - Grassi	0.013	0.003	0.008	0.012
TO - Lingotto	0.008	0.003	0.006	0.007
TO - Rubino	0.008	0.003	0.006	0.009
TO - Rebaudengo	0.019	0.005	0.012	0.019

**Il dato è stato stimato secondo le modalità descritte nel testo.*

Tabella 22 – PIOMBO: confronto medie anno 2013 e medie del periodo di campionamento nella provincia di Torino

Utilizzando il procedimento già descritto e impiegato in precedenza per altri inquinanti per il comune di Orio C.se è stato stimato un valore annuale per il Nichel ed il Piombo (**Tabella 20** e **Tabella 22**) - in quanto più rilevanti da un punto di vista tossicologico - pari a 2.8 ng/m e 0.006 µg/m³ rispettivamente. Essendo entrambi i valori ben al di sotto dei rispettivi limiti normativi è verosimile supporre che il valore risultante da un ipotetico campionamento annuale nel sito in esame non comporterebbe alcun superamento dei limiti previsti dalla normativa.

Idrocarburi policiclici aromatici (IPA) sul Particolato Atmosferico

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%⁴. 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.)⁵.

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.

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)⁶ 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".

Il valore obiettivo per il benzo(a)pirene è riportato TABELLA 23.

BENZO(A)PIRENE – VALORE OBIETTIVO		
Periodo di mediazione	Valore Obiettivo	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
Anno civile	1 ng/m ³	31 dicembre 2012

TABELLA 23: benzo(a)pirene, valori di riferimento e normativa in vigore

Sul particolato atmosferico, PM₁₀ e PM_{2,5}, sono stati ricercati gli Idrocarburi Policiclici Aromatici in entrambe le campagne di misura. In **Figura 33** si riportano le concentrazioni medie rilevate sul PM₁₀ rilevate durante il primo periodo, dal 18 marzo al 11 aprile 2014 (non si riportano i composti la cui concentrazione è risultata sotto il limite di rilevabilità strumentale). Le concentrazioni sul PM_{2,5} sono uguali a quelle riportate per il PM₁₀.

Durante la campagna di misura pre-estiva le concentrazioni sono risultate - come da attesa - tutte al di sotto del limite di rilevabilità strumentale ad eccezione del Benzo(b,j,k)fluorantene sul PM_{2,5} che è

⁴ European Commission Ambient air pollution by PAH –Position Paper , pag 8

⁵ EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook – 2007 pag. B216-29 tab 8.1a e B216-.32 tab 8.2 b

⁶ International Agency for Research on Cancer (IARC) –Agents reviewed by the IARC monographs Volumes 1-100A last updated 2 april 2009

risultato pari a 0.078 ng/m³. Ciò è in linea con il tipico profilo di questa classe di composti, la cui concentrazione è più alta nei mesi freddi e bassa nei mesi estivi.

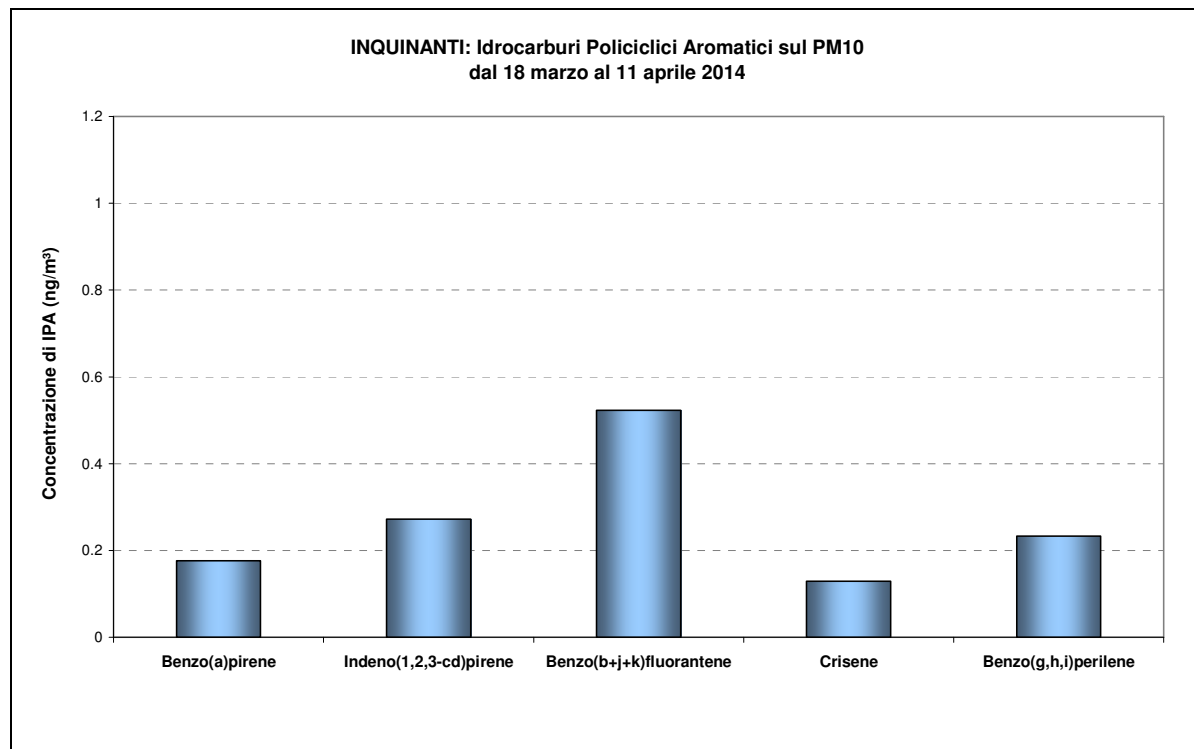


Figura 33: Concentrazione media di IPA sul PM₁₀ durante la prima campagna di misura

Rispetto al calcolo della media annuale al fine di verificare il rispetto del limite di legge di 1 ng/m³ è possibile effettuare una stima del valore di concentrazione di Benzo(a)pirene annuale nel PM₁₀ facendo ricorso alla stessa tipologia di formula matematica presentata in questa relazione precedentemente, vedi nota⁴.

Seguendo il procedimento descritto in nota, per il comune di Orio C.se è stata stimata una concentrazione media annua di Benzo(a)pirene nel PM₁₀ di 0.6 ng/m³. Il dato è sotto al limite normativo di 1 ng/m³, pertanto è verosimile supporre che il valore risultante da un ipotetico campionamento annuale nel sito in esame non comporterebbe alcun superamento dell'indicatore normativo.

⁴ Per lo stesso periodo in cui si è svolta la campagna di misura a Orio C.se, è stata calcolata la media di PM₁₀, nella stazione di Ivrea, che meglio rappresenta le condizioni della stazione di Orio C.se; dal rapporto con la media dell'anno 2013 di Ivrea si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne di Orio C.se permette di ricavarne la stima annuale;

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

dove

mc : media periodo campagne PM₁₀ di Orio C.se

Mc : media anno 2013 PM₁₀ di Orio C.se

mp : media periodo campagne PM₁₀ di Ivrea

Mp : media anno 2013 PM₁₀ di Ivrea

Tabella 24 – Benzo(a)pirene sul particolato sospeso PM_{10} : confronto medie anno 2013 e medie del periodo di campionamento nella provincia di Torino

Stazioni di misura	Media periodo I campagna [ng/m ³]	Media periodo II campagna [ng/m ³]	Media II campagna [ng/m ³]	Media anno 2013 [ng/m ³]
Borgaro T. se	0.4	0.037	0.22	0.7
Druento	0.1	0.037	0.07	0.3
Ivrea	0.3	0.037	0.17	0.8
Susa	0.3	0.037	0.17	0.5
Carmagnola	0.4	0.037	0.22	0.8
ORIO C.se	0.2	0.037	0.12	0.6*
Settimo	0.7	0.037	0.37	1.2
TO - Consolata	0.3	0.037	0.17	0.7
TO - Grassi	0.5	0.037	0.27	1.1
TO - Lingotto	0.3	0.037	0.17	0.8
TO - Rubino	0.3	0.037	0.17	0.8
TO - Rebaudengo	0.8	0.037	0.42	1.2

**Il dato è stato stimato secondo le modalità descritte nel testo.*

CONCLUSIONI

Lo stato della qualità dell'aria emerso per il comune di Orio C.se a seguito delle campagne di monitoraggio condotta con l'utilizzo del Laboratorio Mobile rispecchia quanto già osservato in siti simili della provincia di Torino.

Le soglie di allarme non sono mai state superate per tutti e tre gli inquinanti (biossido di zolfo, biossido di azoto e ozono), per i quali la normativa prevede tale tipo di limite; sono inoltre stati rispettati i valori limite per la protezione della salute umana per il biossido di zolfo, il monossido di carbonio, il biossido di azoto e il benzene, mentre ci sono stati superamenti per il parametro PM₁₀ nella campagna invernale e per l'ozono in entrambe le campagne.

Il limite giornaliero di 50 µg/m³ per le polveri PM₁₀ è stato superato 3 volte nel corso della prima campagna di misura, dal 18 marzo al 11 aprile 2014.

La concentrazione media di PM₁₀ registrata a Orio C.se durante la campagna invernale è pari a 28 µg/m³, decisamente inferiore alla media complessiva della Provincia di Torino. Anche il numero di superamenti del limite giornaliero di 50 µg/m³ registrati nel comune di Orio C.se appare in linea con la situazione registrata, nello stesso periodo, presso le stazioni di tipo suburbane della provincia Torinese.

La durata complessiva del campionamento nel comune di Orio C.se non permette il confronto formale con i limiti di legge annuali, ma facendo ricorso ad una semplice formula matematica, per il comune di Orio C.se è stato possibile stimare una concentrazione media annua di PM₁₀ di 26 µg/m³; anche questo in linea con quanto riscontrato presso le altre stazioni suburbane della provincia di Torino.

Per quanto riguarda il PM_{2.5}, il valore medio annuale stimato risulta appena sotto al limite normativo di 25 µg/m³, pertanto è possibile supporre che il valore risultante da un ipotetico campionamento annuale nel sito in esame potrebbe comporterebbe un superamento del limite previsto dalla normativa in relazione alle specifiche condizioni meteorologiche di ogni anno.

Durante entrambe le campagne di monitoraggio l'ozono ha fatto registrare superamenti dei limiti normativi. Dal 06 giugno al 02 luglio 2014 è stato superato 12 volte l'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 120 µg/m³).

La normativa attualmente in vigore (D.Lgs 155/2010) prevede che a partire dal 2010 il valore di 120 µg/m³ non venga superato per più di 25 giorni per anno civile come media su tre anni. Nel caso della campagna di misura nel comune di Orio C.se non è stato possibile applicare formalmente questo limite normativo avendo a disposizione solo un paio di mesi di misurazioni. Tuttavia, dal momento che, tutte le stazioni della rete fissa sul territorio provinciale - e in particolare quelle che hanno mostrato nel corso delle campagne un andamento simile a quello di Orio C.se - hanno superato il valore obiettivo più di 25 volte nel corso del 2013 è presumibile che anche nel sito di Orio C.se tale limite verrebbe superato qualora l'ozono venisse monitorato in continuo per un anno intero.

L'ozono inoltre, data la sua origine secondaria, è un inquinante ubiquitario: nei siti più periferici e remoti sono possibili fenomeni di trasporto e accumulo sia dell'ozono sia dei precursori emessi nelle aree antropizzate.

In definitiva la formazione e la degradazione dell'ozono coinvolgono un numero notevole di composti e di fenomeni chimico-fisici e interessano aree molto vaste, per cui per la risoluzione di questo problema sono fondamentali le politiche a livello regionale o sovraregionale miranti alla complessiva riduzione dei precursori.

Per concludere, i risultati confermano quanto è già noto da anni: la stagione fredda è la più critica per la maggior parte degli inquinanti atmosferici in generale, ed in particolare per il PM, complici le

maggiori emissioni in atmosfera da traffico e riscaldamento domestico, ma soprattutto le condizioni meteorologiche di relativa stabilità atmosferica che non favoriscono la corretta dispersione verso l'alto degli inquinanti, mentre nei mesi caldi l'ozono risulta l'inquinante più critico.

Occorre sottolineare che la criticità registrata per $PM_{2.5}$, PM_{10} e ozono non è caratteristica del sito in esame ma bensì è comune all'intero territorio di pianura del bacino padano; la ricerca scientifica ha da tempo evidenziato che le azioni di risanamento devono necessariamente prevedere interventi strutturali a livello provinciale, regionale e sovra regionale.

Per quanto riguarda l'origine dell'inquinamento da particolato aerodisperso, si ricorda che sulla base delle sole misure effettuate con il laboratorio mobile non è possibile identificare quali fonti contribuiscano maggiormente alla criticità evidenziata per PM_{10} e $PM_{2.5}$. Infatti gli strumenti di misura della qualità dell'aria rilevano, per loro natura, la concentrazione complessiva di un determinato inquinante, vale a dire la somma dei singoli contributi delle sorgenti inquinanti - traffico auto veicolare, impianti di riscaldamento civile, impianti industriali ecc..

Informazioni di dettaglio sulle fonti inquinanti possono essere ricavate solo tramite un progetto di ricerca applicata sulla composizione chimica del particolato che esula dagli scopi dell'attività ordinaria di Arpa e che potrà eventualmente essere oggetto di successivi accordi con l'Amministrazione comunale.

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 EPA.

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

Gascromatografo con doppia colonna, rivelatore PID (fotoionizzazione)

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