

**DIPARTIMENTO TERRITORIALE PIEMONTE NORD OVEST**  
**Struttura Semplice "Attività di Produzione"**

**OGGETTO:**

**CAMPAGNA DI RILEVAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA CON UTILIZZO DEL LABORATORIO  
 MOBILE NEL COMUNE DI BORGARO TORINESE**

**RELAZIONE I e II CAMPAGNA (dal 16/3/2015 al 8/4/2015 e dal 19/12 /2015 al 10/01/2016)**



<b>Redazione</b>	Funzione: Collaboratore Tecnico Prof.le Nome: ing. Milena Sacco	Data: 7/7/16	Firma: <i>Uka</i>
<b>Verifica e approvazione</b>	Funzione: Dirigente con incarico professionale presso la S.S. di Produzione Nome: Dott. Francesco Lollobrigida	Data: 8/7/16	Firma: <i>F. Lollobrigida</i>

L'organizzazione della campagna di monitoraggio e la validazione dei dati sono state curate dai tecnici del Nucleo Operativo "Supporto tematismo Qualità dell'Aria" del Dipartimento Territoriale Piemonte Nord Ovest di Arpa Piemonte: dott.ssa Annalisa Bruno, sig.ra Maria Leogrande, dott.ssa Marilena Maringo, sig. Fabio Pittarello, sig. Francesco Romeo, ing. Milena Sacco, sig. Vitale Sciortino, sig. Roberto Sergi, d.ssa Claudia Strumia, coordinati dal Dirigente con incarico professionale Dott. Francesco Lollobrigida.

Si ringrazia il personale degli Uffici Tecnici del Comune di Borgaro Torinese per la collaborazione prestata.

<b>CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO .....</b>	<b>8</b>
<i>L'aria e i suoi inquinanti .....</i>	<i>9</i>
<i>Il Laboratorio Mobile.....</i>	<i>11</i>
<i>Il quadro normativo.....</i>	<i>11</i>
<b>LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO.....</b>	<b>13</b>
<i>Obiettivi della campagna di monitoraggio.....</i>	<i>14</i>
<i>Elaborazione dei dati meteorologici.....</i>	<i>17</i>
<i>Elaborazione dei dati relativi agli inquinanti atmosferici .....</i>	<i>23</i>
Biossido di zolfo .....	24
Monossido di Carbonio .....	26
Ossidi di Azoto .....	28
Benzene e Toluene.....	34
Particolato Sospeso (PM10 e PM2.5).....	38
Idrocarburi policiclici aromatici (IPA) .....	44
Metalli .....	49
Ozono .....	54
<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>59</b>
<b>APPENDICE - SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI .....</b>	<b>60</b>

## ***CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO***

## **L'ARIA E I SUOI INQUINANTI**

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

Oggi giorno è analiticamente possibile identificare nell'atmosfera numerosissimi composti di varia origine, presenti in concentrazioni che variano dal nanogrammo per metro cubo (ng/m<sup>3</sup>) al microgrammo per metro cubo (µg/m<sup>3</sup>).

Le principali sorgenti di inquinanti sono:

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

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

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

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


Per una descrizione completa dei singoli inquinanti, dei danni causati e dei metodi di misura si rimanda alla pubblicazione "Uno sguardo all'aria - Relazione annuale 2014", elaborata congiuntamente dalla Provincia di Torino e da Arpa Piemonte, e disponibile presso il sito <http://www.provincia.torino.gov.it/ambiente/inquinamento/eventi/sguardo>.

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

Altre informazioni ed approfondimenti possono essere reperiti su <http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/temi-ambientali/aria/aria>.

**Tabella 1**– Fonti principali e secondarie dei più comuni inquinanti atmosferici.

<b>INQUINANTE</b>	<b>Traffico autoveicolare veicoli a benzina</b>	<b>Traffico autoveicolare veicoli diesel</b>	<b>Emissioni industriali</b>	<b>Combustioni fisse alimentate con combustibili liquidi o solidi</b>	<b>Combustioni fisse alimentate con combustibili gassosi</b>
<b>BIOSSIDO DI ZOLFO</b>					
<b>BIOSSIDO DI AZOTO</b>					
<b>BENZENE</b>					
<b>MONOSSIDO DI CARBONIO</b>					
<b>PARTICOLATO SOSPESO</b>					
<b>PIOMBO</b>					
<b>BENZO(a)PIRENE</b>					

 = 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 PM<sub>10</sub>, 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 (SO<sub>2</sub>), ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), materiale particolato PM<sub>10</sub>, 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, PM<sub>10</sub>, 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 il D.Lgs 155/2010 ha abrogato il D.Lgs. n. 183 del 21 maggio 2004.

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

Il **D.Lgs 155/2010** ha inserito nuovi indicatori relativi al PM<sub>2.5</sub> e in particolare :

- un **valore limite, espresso come media annuale**, pari 25 µg/m<sup>3</sup> da raggiungere entro il 1 gennaio 2015;
- un **valore obiettivo , espresso come media annuale**, pari 25 µg/m<sup>3</sup> da raggiungere entro il 1 gennaio 2010.

La nuova normativa prevede inoltre per il PM<sub>2.5</sub> 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 sono state definite con Decreto del

Ministero dell'Ambiente (all' art. 2 del D.M. 13.3.2013). Questi due ultimi indicatori esulano quindi dall'ambito della presente relazione.

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

Per una descrizione più ampia del quadro normativo si rimanda ancora alla pubblicazione "Uno sguardo all'aria - Relazione annuale 2014".



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

INQUINANTE	LIMITE	PARAMETRO	VALORE DI RIFERIMENTO	SUPERAMENTI CONCESSI	DATA PER IL RISPETTO DEL LIMITE
OZONO (O <sub>3</sub> ) (D.Lgs. 155/2010)	SOGLIA DI INFORMAZIONE	media oraria	180 µg/m <sup>3</sup>	-	-
	SOGLIA DI ALLARME	media oraria	240 µg/m <sup>3</sup>	-	-
	VALORE BERSAGLIO PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA	media su 8 ore massima giornaliera	120 µg/m <sup>3</sup> <sup>(1)</sup>	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 <sup>3</sup> *h come media su 5 anni <sup>(2)</sup>		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 <sup>3</sup> *h <sup>(2)</sup>		
BENZO(a)PIRENE (D.Lgs. 155/2010)	OBIETTIVO DI QUALITÀ'	media mobile valori giornalieri (3)	1 ng/m <sup>3</sup> <sup>(4)</sup>	-	-

(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/m<sup>3</sup> e il valore di 80 µg/m<sup>3</sup>, rilevate in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori orari rilevati ogni giorno tra le 8.00 e le 20.00.

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

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

**Tabella 3** – Valori limite per alcuni inquinanti atmosferici

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

**Tabella 4** – Valori obiettivo per arsenico, cadmio e nichel (D.Lgs. 155/2010)

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

(1) Il valore obiettivo è riferito al tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione PM<sub>10</sub> del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile.

## ***LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO***

## **OBIETTIVI DELLA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO**

La campagna di monitoraggio condotta nel comune di Borgaro Torinese, finalizzata al controllo della qualità dell'aria, è stata effettuata a seguito della richiesta del Comune di Borgaro Torinese prot. Arpa n° 95307 del 14/11/14, protocollo del Comune prot. n° 7045/4/6/9 del 14/11/2014.

Si precisa che la campagna di monitoraggio era stata originariamente messa in programma dal Dipartimento scrivente tra maggio e giugno 2014, (ns. comunicazione 32459 del 16 aprile 2014) a seguito di precedente richiesta dell'Amministrazione Comunale; non era però stato possibile effettuare la campagna in quel periodo in quanto i competenti Uffici comunali avevano successivamente comunicato l'impossibilità di predisporre in tempo utile l'allacciamento elettrico necessario al funzionamento del mezzo. L'Amministrazione Comunale aveva successivamente reiterato la richiesta con la citata comunicazione prot. n° 7045/4/6/9 del 14/11/2014, in cui si specificava che erano stati superati i problemi logistici relativi all'allacciamento elettrico.

Il sito di posizionamento del mezzo mobile per l'esecuzione della campagna di monitoraggio è stato individuato in via Torrazza angolo via Galvani, nella frazione di Mappano (coordinate 45.143668 N, 7.704944 E), nel Comune di Borgaro Torinese, a seguito del sopralluogo effettuato congiuntamente tra i tecnici Arpa ed i tecnici del Comune di Borgaro Torinese.

La prima campagna di monitoraggio è iniziata il 16/3/2015 e finita il 8/4/2015, mentre la seconda campagna si è svolta dal 19/12/2015 al 10/01/2016.

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

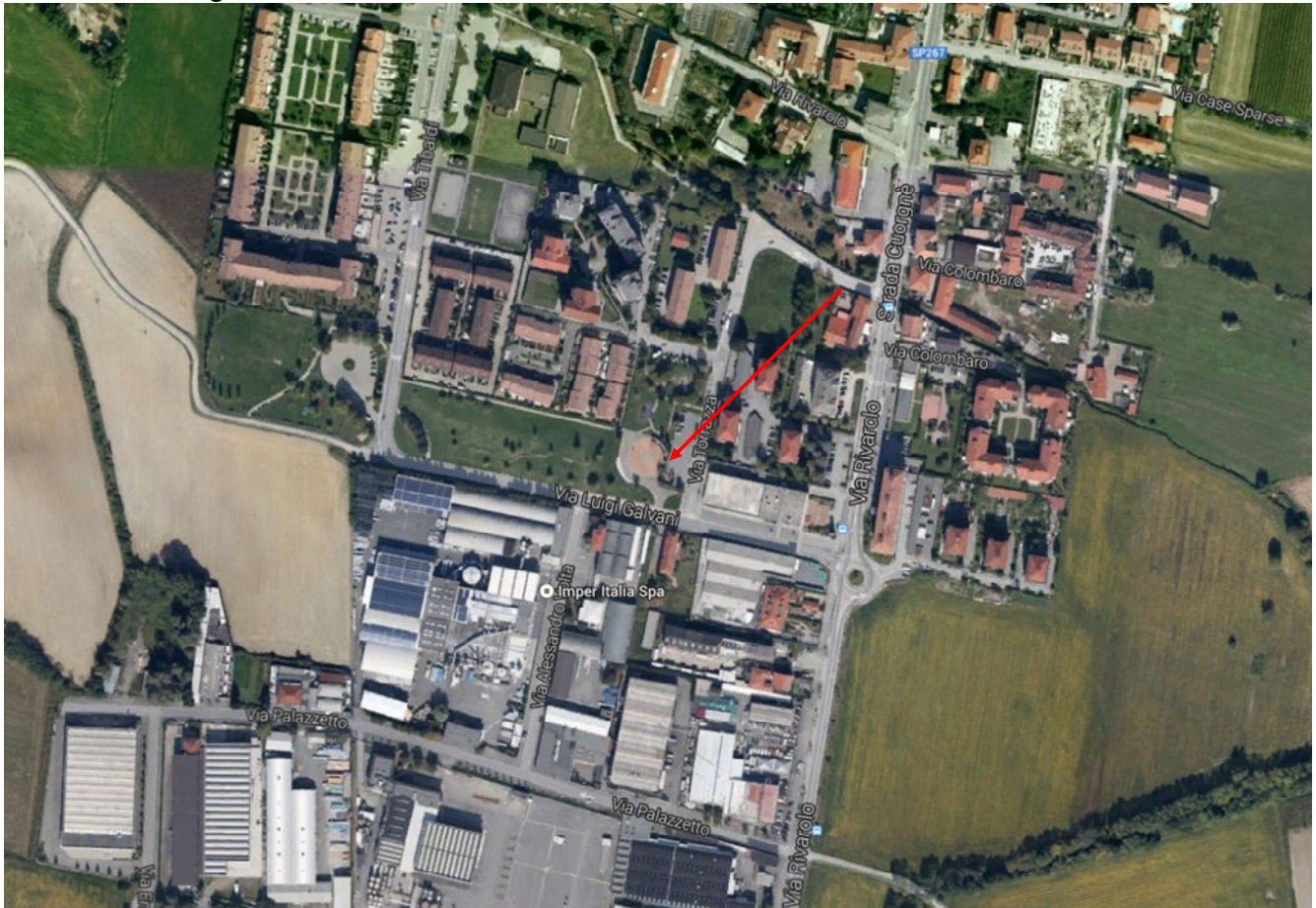
Va sottolineato che i dati acquisiti nel corso della campagna condotta con il Laboratorio Mobile non permettono di effettuare una trattazione in termini statistici, secondo quanto previsto dalla normativa per la qualità dell'aria, ma forniscono un quadro, seppure limitato dal punto di vista temporale,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

Una trattazione completa, secondo quanto previsto dalla normativa vigente (allegato I del DLgs 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).

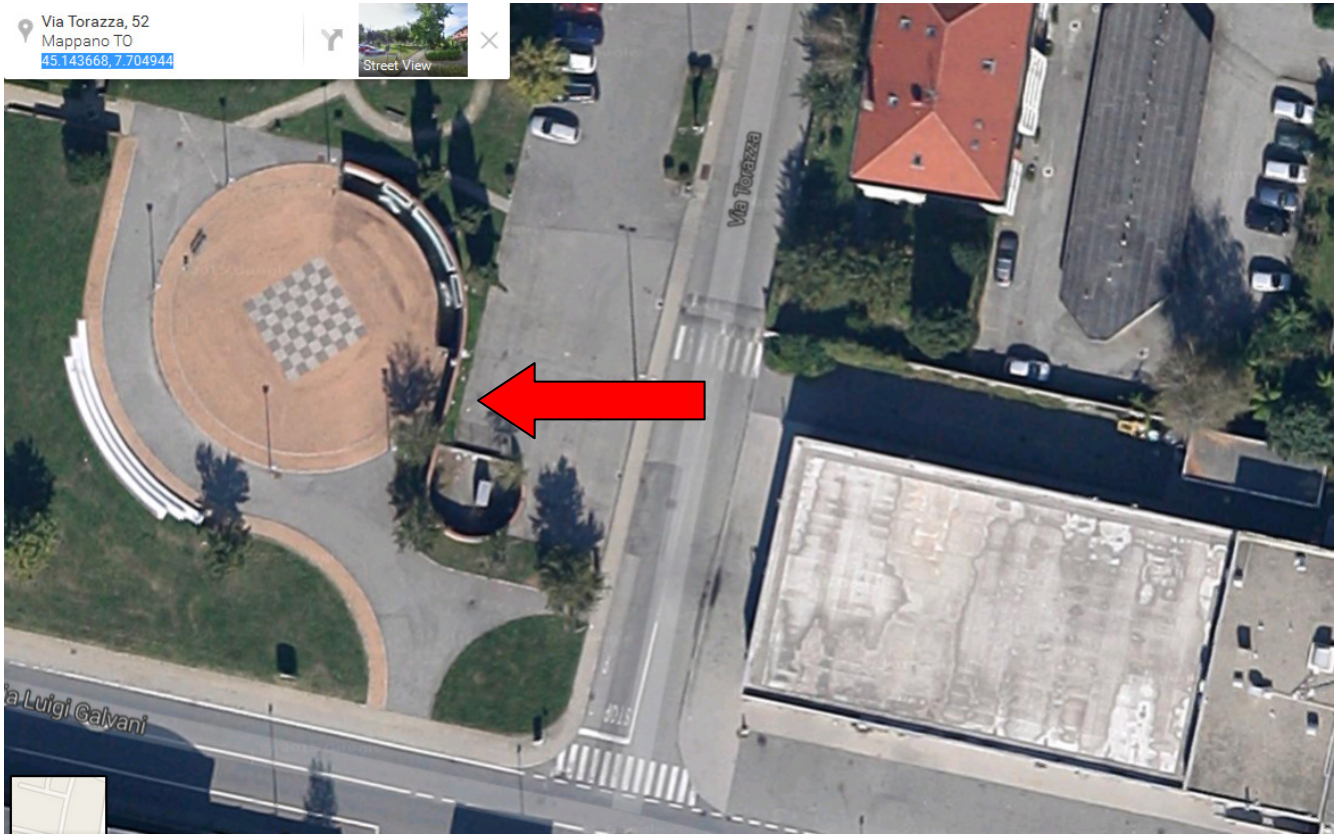
I dati presentati forniscono quindi, unicamente un quadro generale della situazione di inquinamento atmosferico del sito in esame; il confronto con i dati rilevati nello stesso periodo della campagna dalle stazioni fisse della rete provinciale di monitoraggio della qualità dell'aria permette, inoltre, di effettuare considerazioni di tipo comparativo.

Si ricorda inoltre che, come specificato nella nostra comunicazione prot. 75241/2013, la stazione mobile non fornisce la misura delle concentrazioni di sostanze odorigene in quanto le stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria sia mobili che fisse sono attrezzate per rilevare, tra le molte sostanze presenti in atmosfera, gli inquinanti previsti dalla normativa (PM10, PM2.5, ozono, ossidi di azoto e di zolfo ecc. ), i quali sono caratterizzati da una significativa e accertata tossicità e da un'ampia diffusione territoriale nelle zone antropizzate, ma non da soglie olfattive particolarmente basse. Le campagne effettuate con la stazione mobile permettono quindi di verificare se le molestie olfattive sono accompagnate da condizioni di specifica criticità per gli inquinanti normati, ma non di quantificare le concentrazioni delle sostanze odorigene presenti.

**Figura 1** - Ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Borgaro Torinese.



**Figura 2** - Ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Borgaro Torinese.



## ELABORAZIONE DEI DATI METEOROLOGICI

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

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

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

Rispetto alle condizioni meteorologiche registrate in Piemonte nei mesi di marzo-aprile 2015 e dicembre 2015-gennaio 2016 si riportano di seguito le considerazioni generali contenute nelle relazioni climatiche redatte per questi mesi dal Servizio Meteo di Arpa Piemonte.

In Piemonte il mese di Marzo 2015 è risultato al di sopra della media climatologica degli anni 1971-2000 sia dal punto di vista pluviometrico che termometrico.

E' stato il 14° mese di Marzo più caldo degli ultimi 58 anni con un'anomalia positiva di 1.6°C mentre ha avuto un surplus precipitativo pari a 19.6 mm (+24%) risultando il 17° mese di Marzo più piovoso nella distribuzione storica dal 1958 ad oggi.

Il mese si è concluso con un rilevante evento di foehn con conseguente ventilazione sostenuta su tutto il territorio piemontese nei giorni 29, 30 e 31 Marzo con raffiche superiori a 100 km/h anche in località inferiori a 700 m di quota.

Il mese di Dicembre 2015 è stato caratterizzato da una marcata anomalia barica positiva con massimo sulle regioni centrali tirreniche italiane.

A causa di tale situazione di accentuata stabilità atmosferica, in Piemonte Dicembre 2015 è risultato il più caldo mese di Dicembre dell'intera serie storica dal 1958 ad oggi, con un'anomalia termica positiva di 3.6°C rispetto alla media climatica del periodo 1971-2000.

Circa il 27% delle stazioni piemontesi della rete Arpa ha registrato il valore più alto di temperatura massima per il mese di Dicembre. Le precipitazioni sono state molto scarse, appena 3 mm medi con un deficit pluviometrico di 51.2 mm (pari al 94%) nei confronti della norma climatologica del periodo 1971-2000; così è risultato il secondo mese di Dicembre più secco dal 1958 ad oggi.

Le nebbie ordinarie, ossia con visibilità inferiore ad 1 km, si sono verificate in 30 giorni del mese su 31; pertanto Dicembre 2015 è risultato in assoluto il mese più nebbioso da quando è attiva la rete dei visibilimetri di Arpa Piemonte (dal 2004), superando i 28 giorni di nebbia mensile di Gennaio 2009 (fonte: Arpa - Servizio Meteo).

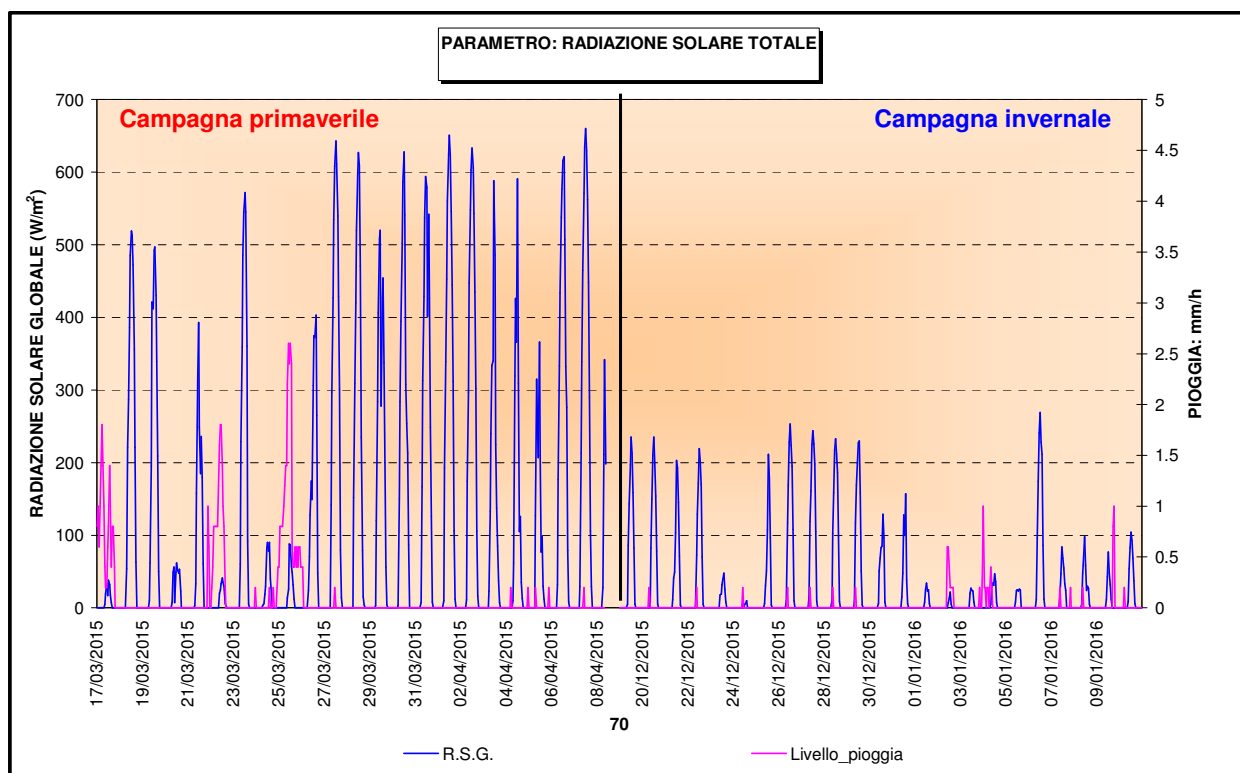
In Tabella 5 sono riassunti i dati statistici dei parametri meteorologici registrati durante il corso delle due campagne di monitoraggio.



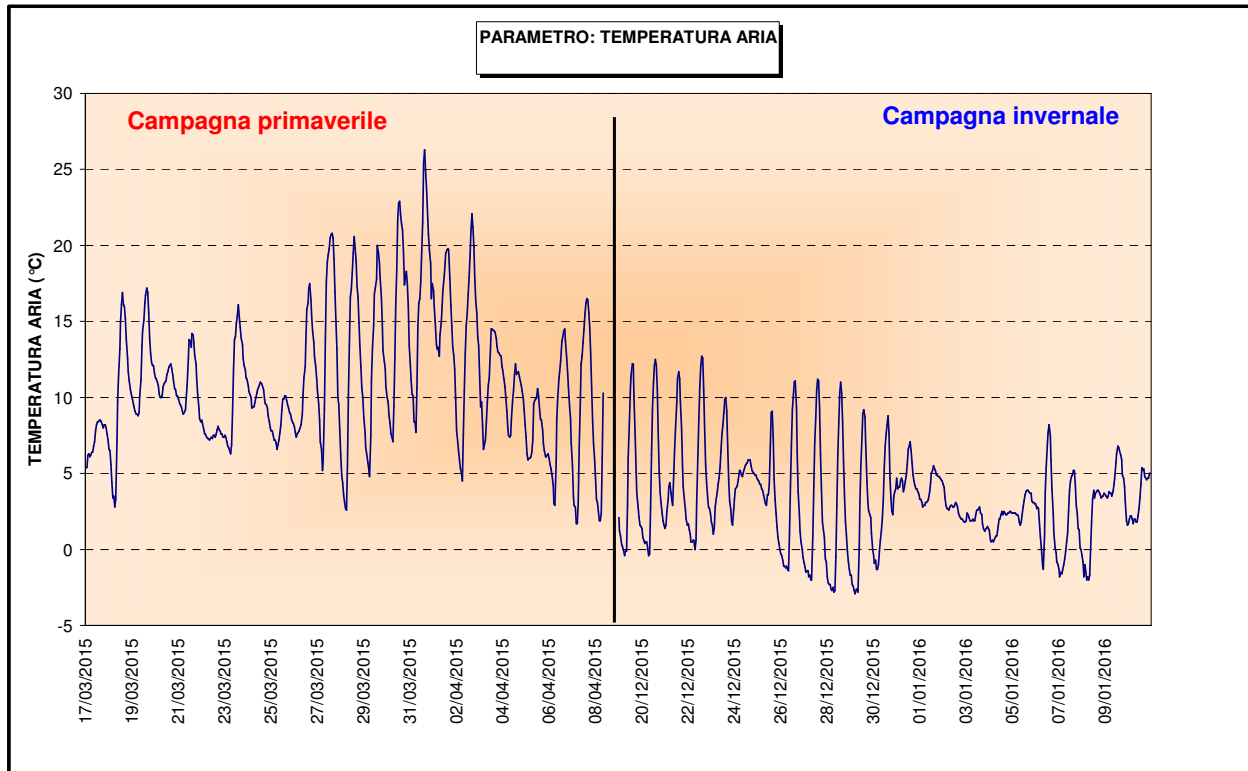
**Tabella 5:** Dati relativi ai parametri meteorologici nel corso delle campagne di monitoraggio

	RADIAZIONE SOLARE GLOBALE		TEMPERATURA		UMIDITA' RELATIVA		PRESSIONE ATMOSFERICA		VELOCITA' VENTO	
	W/m <sup>2</sup>		°C		%		hPa		m/s	
	Primavera	Inverno	Primavera	Inverno	Primavera	Inverno	Primavera	Inverno	Primavera	Inverno
Minima media giornaliera	7.0	1.1	7.3	1.5	17.3	81.1	977.7	973.8	0.43	0.34
Massima media giornaliera	207.3	55.3	16.7	5.3	91.0	98.9	1001.1	1007.8	3.00	0.81
Media delle medie giornaliere	117.5	26.0	11.2	3.3	62.3	88.4	988.3	994.1	1.15	0.56
Giorni validi	22	23	22	23	22	23	22	23	22	23
Percentuale giorni validi	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Media dei valori orari	117.5	26.0	11.2	3.3	62.3	88.4	988.3	994.1	1.16	0.56
Massima media oraria	660.0	269.0	26.3	12.7	99.0	100.0	1003.0	1009.0	7.20	2.00
Ore valide	528	552	528	552	528	552	528	552	519	539
Percentuale ore valide	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	98%	98%

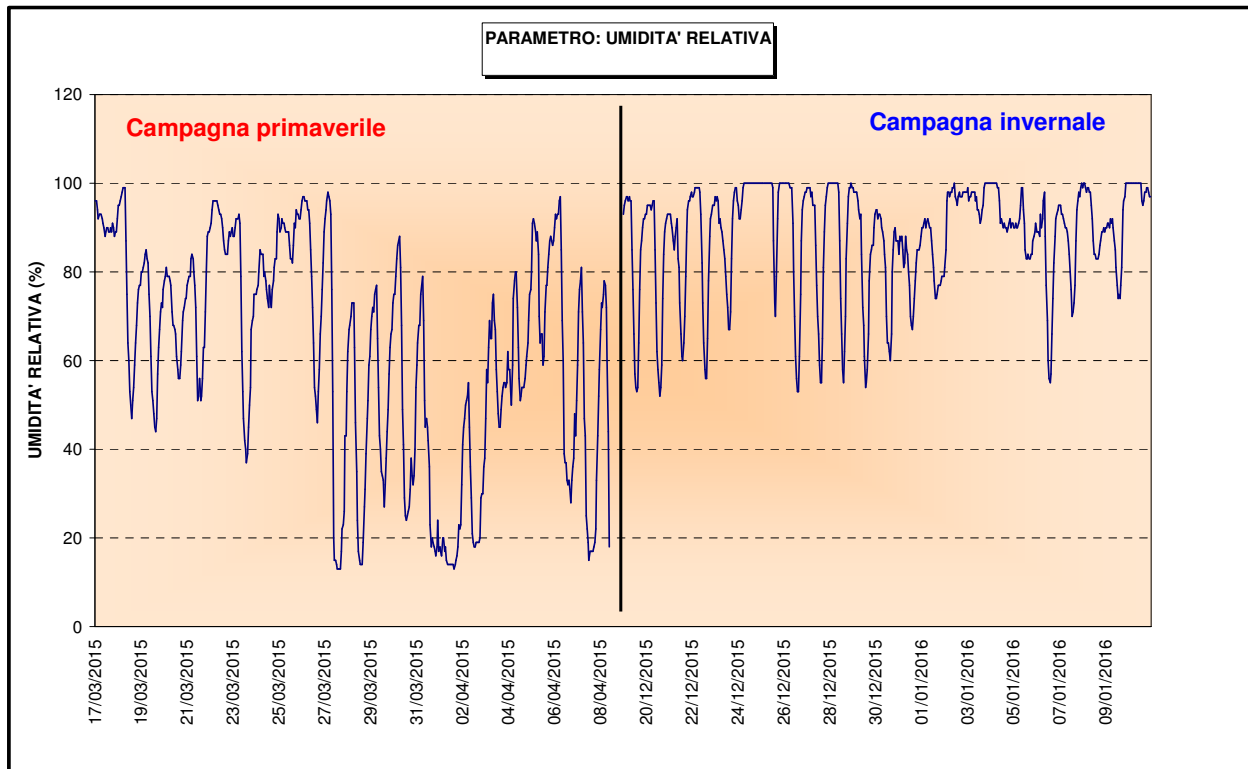
**Figura 3** – Andamento della radiazione solare globale e del livello di pioggia nel corso delle campagne di monitoraggio



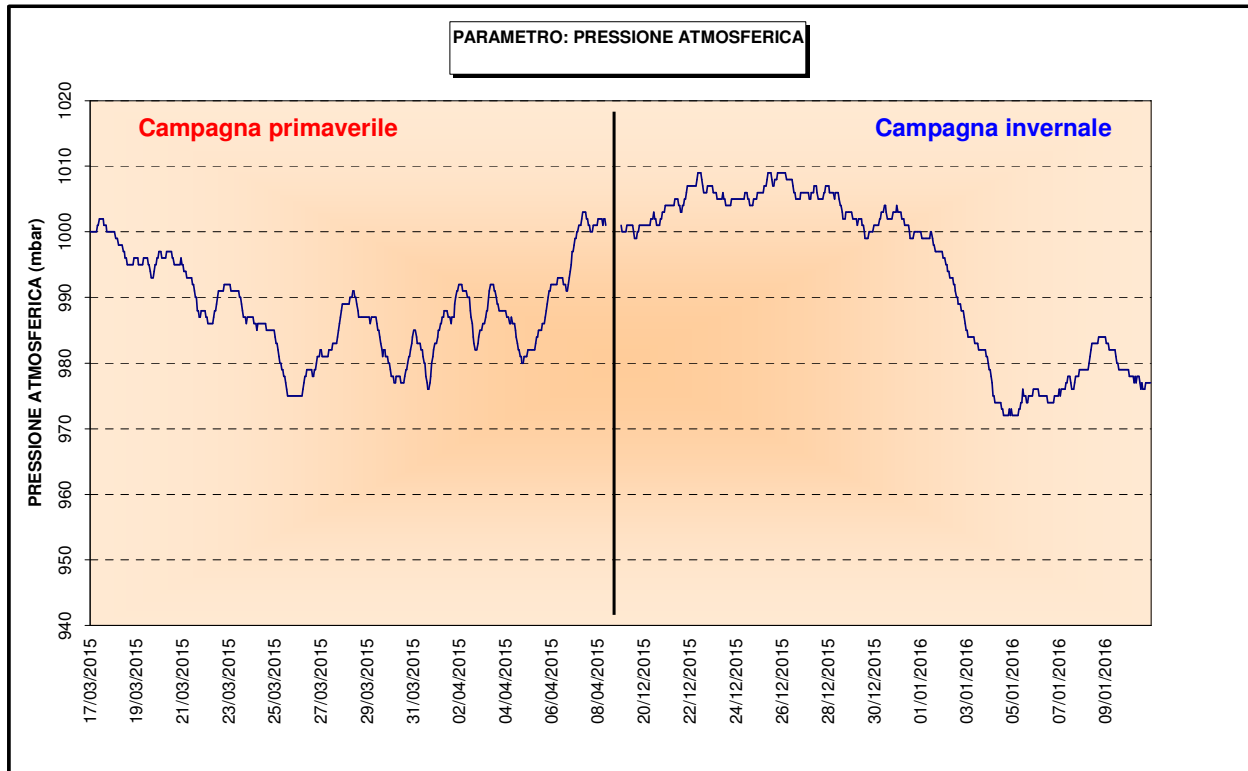
**Figura 4** – Andamento della temperatura nel corso delle campagne di monitoraggio



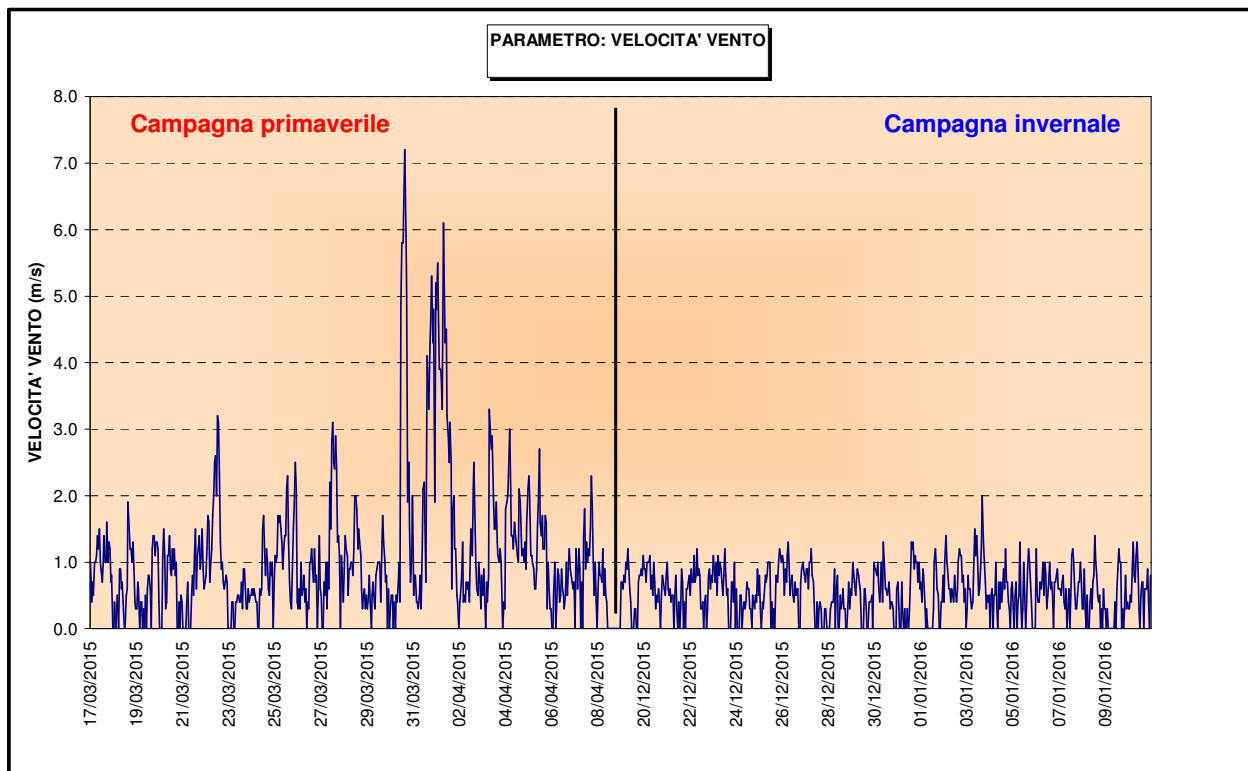
**Figura 5**– Andamento dell’umidità relativa nel corso delle campagne di monitoraggio



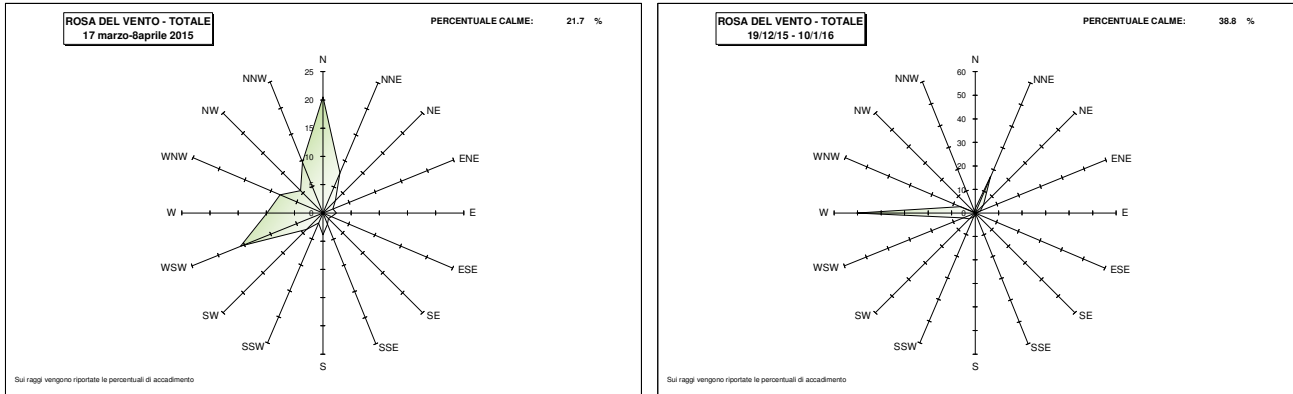
**Figura 6**– Andamento della pressione atmosferica nel corso delle campagne di monitoraggio



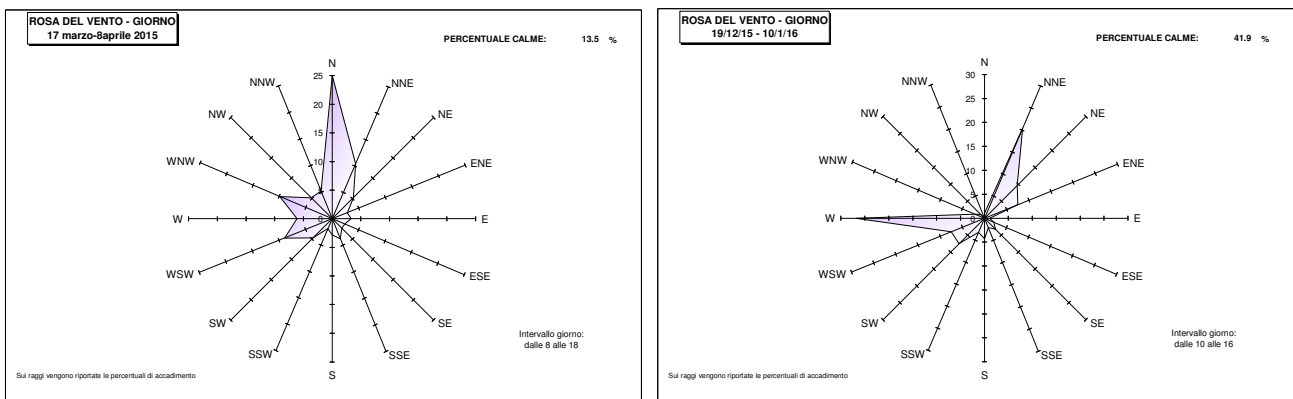
**Figura 7**– Andamento della velocità dei venti nel corso delle campagne di monitoraggio



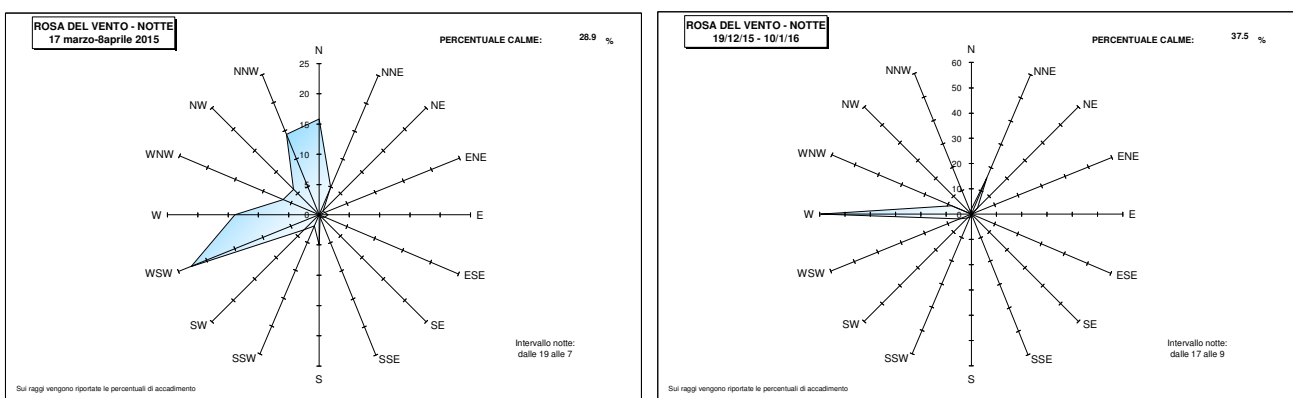
**Figura 8**– Distribuzione dati di vento in funzione della direzione e della classe di velocità totale



**Figura 9**– Rosa dei venti diurna nel corso delle campagne di monitoraggio



**Figura 10**– Rosa dei venti notturna nel corso delle campagne di monitoraggio



Le rose dei venti evidenziano la presenza di venti provenienti da direzioni tra N e NNE durante le ore diurne e tra N-NNW e W-WSW durante quelle notturne nel periodo primaverile; nel periodo invernale in orario diurno prevalgono le direzioni NNE e W, mentre di notte la direzione è quasi esclusivamente W.

Il periodo di monitoraggio è stato caratterizzato, come si osserva nella Figura 3, da precipitazioni relativamente abbondanti nella prima metà della campagna primaverile. Va comunque considerato che i mesi di marzo-aprile risultano di norma sul territorio provinciale tra i più piovosi dell'anno <sup>1</sup>. Il periodo invernale invece è stato particolarmente siccitoso, fenomeni piovosi sono avvenuti il 2 gennaio, a cavallo tra il 3 e 4 gennaio e il 9 gennaio.

---

<sup>1</sup> Si veda ad esempio il capitolo relative alla meteorologia del rapporto annuale 2014 "Uno sguardo all'aria" a cura di Arpa Piemonte e provincia di Torino, disponibile agli indirizzi:  
<http://www.provincia.torino.gov.it/ambiente/inquinamento/eventi/sguardo>  
<http://www.arpa.piemonte.it/pubblicazioni-2/elenco-pubblicazioni>

## **ELABORAZIONE DEI DATI RELATIVI AGLI INQUINANTI ATMOSFERICI**

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

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

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://extranet.regione.piemonte.it/ambiente/aria/servizi/ariaweb.htm>, a disposizione per elaborazioni successive e/o per eventuali richieste di trasmissione da parte degli Enti interessati.

Per ogni inquinante è stata effettuata una elaborazione grafica che permette di visualizzare, in un diagramma concentrazione-tempo, l'andamento registrato durante il periodo di monitoraggio. La scala adottata per l'asse delle ordinate permette di evidenziare, laddove esistenti, i superamenti dei limiti. Nel caso in cui i valori assunti dai parametri risultino nettamente inferiori ai limiti di legge, l'espansione dell'asse delle ordinate rende meno chiaro l'andamento orario delle concentrazioni. L'elaborazione oraria dettagliata è comunque disponibile presso lo scrivente servizio e può essere inviata su richiesta specifica.

Per una corretta valutazione dell'andamento degli inquinanti durante le diverse ore del giorno è possibile calcolare il giorno medio: questo si ottiene determinando, per ognuna delle 24 ore che costituiscono la giornata, la media aritmetica dei valori medi orari registrati nel periodo in esame. Ad esempio il valore dell'ora 2:00 è calcolato mediando i valori di concentrazione rilevati alle ore 2:00 di ciascun giorno del periodo di monitoraggio. In grafico vengono quindi rappresentati gli andamenti medi giornalieri delle concentrazioni per ognuno degli inquinanti.

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

Ai fini di una corretta interpretazione degli obiettivi della campagna si ricorda che le misure che sono state effettuate permettono di verificare se nell'area di indagine la concentrazione degli inquinanti oggetto di misura è significativamente diversa da quella di altre zone del territorio provinciale, ma non di quantificare il contributo di una determinata fonte rispetto alle altre sorgenti di inquinanti atmosferici presenti. Le strumentazioni di misura utilizzate nel monitoraggio della qualità dell'aria infatti rilevano per loro natura la concentrazione complessiva di un determinato inquinante, vale a dire la somma dei singoli contributi delle sorgenti inquinanti (traffico veicolare, impianti di riscaldamento civile, impianti industriali ecc.).

## Biossido di zolfo

Il biossido di zolfo è un gas incolore, di odore pungente. Le principali emissioni di SO<sub>2</sub> derivano dai processi di combustione che utilizzano combustibili di tipo fossile (ad esempio gasolio, olio combustibile e carbone) nei quali lo zolfo è presente come impurità.

Una 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, con i valori massimi durante la stagione invernale a causa del riscaldamento domestico.

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

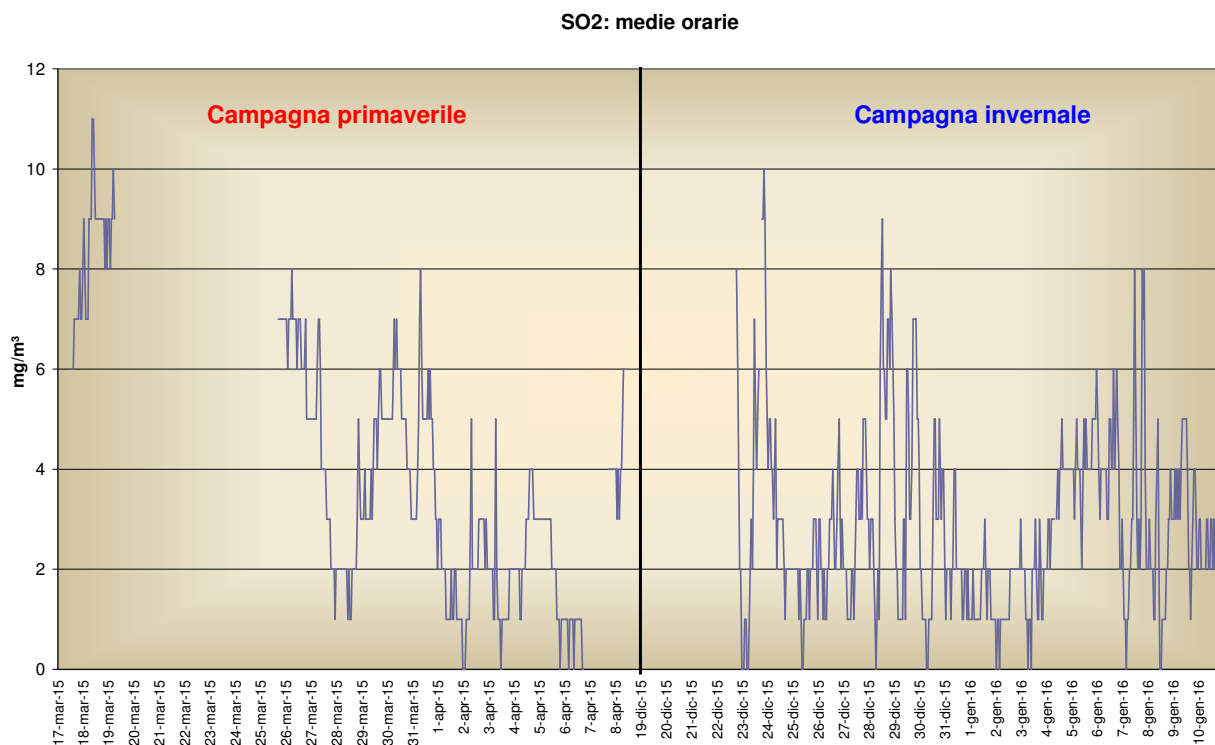
La non problematicità di questo inquinante è confermata dai dati ottenuti durante le campagne di monitoraggio di Mappano; infatti i valori sia giornalieri sia orari sono ampiamente al di sotto dei limiti. Il massimo valore giornaliero è pari a 9 µg/m<sup>3</sup> in primavera e 5 µg/m<sup>3</sup> in inverno (calcolato come media giornaliera sulle 24 ore), di molto inferiore al limite per la protezione della salute di 125 µg/m<sup>3</sup>. Il valore massimo orario è pari a 11 µg/m<sup>3</sup> (primavera) e 10 µg/m<sup>3</sup> (inverno), quindi ben al di sotto del livello orario per la protezione della salute di 350 µg/m<sup>3</sup>. I dati riportati in Tabella 6 e Figura 12 evidenziano che i limiti previsti dalla normativa non vengono mai superati.

Il grafico di Figura 12 mostra come l'andamento dell'SO<sub>2</sub> nel corso delle due campagne.

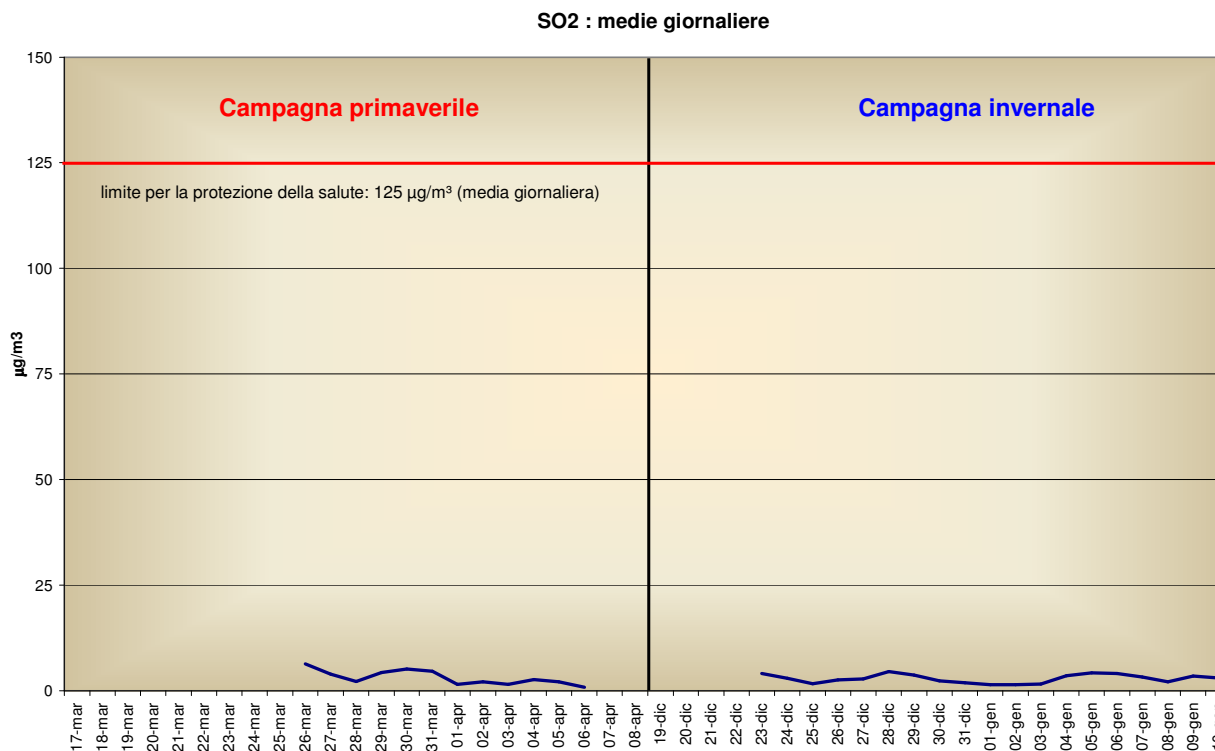
**Tabella 6** – Dati relativi al monossido di biossido di zolfo (SO<sub>2</sub> in µg/m<sup>3</sup>)

	Primavera	Inverno
Minima media giornaliera	1	1
Massima media giornaliera	9	5
Media delle medie giornaliere	4	3
Giorni validi	13	19
Percentuale giorni validi	59%	83%
Media dei valori orari	4	3
Massima media oraria	11	10
Ore valide	339	459
Percentuale ore valide	64%	83%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (350)</u>	<b>0</b>	<b>0</b>
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (350)</u>	<b>0</b>	<b>0</b>
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (125)</u>	<b>0</b>	<b>0</b>
<u>Numero di superamenti livello allarme (500)</u>	<b>0</b>	<b>0</b>
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (500)</u>	<b>0</b>	<b>0</b>

**Figura 11 - SO<sub>2</sub> andamento orario**



**Figura 12 - SO<sub>2</sub> confronto con il limite di legge (media giornaliera)**





## Monossido di Carbonio

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

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

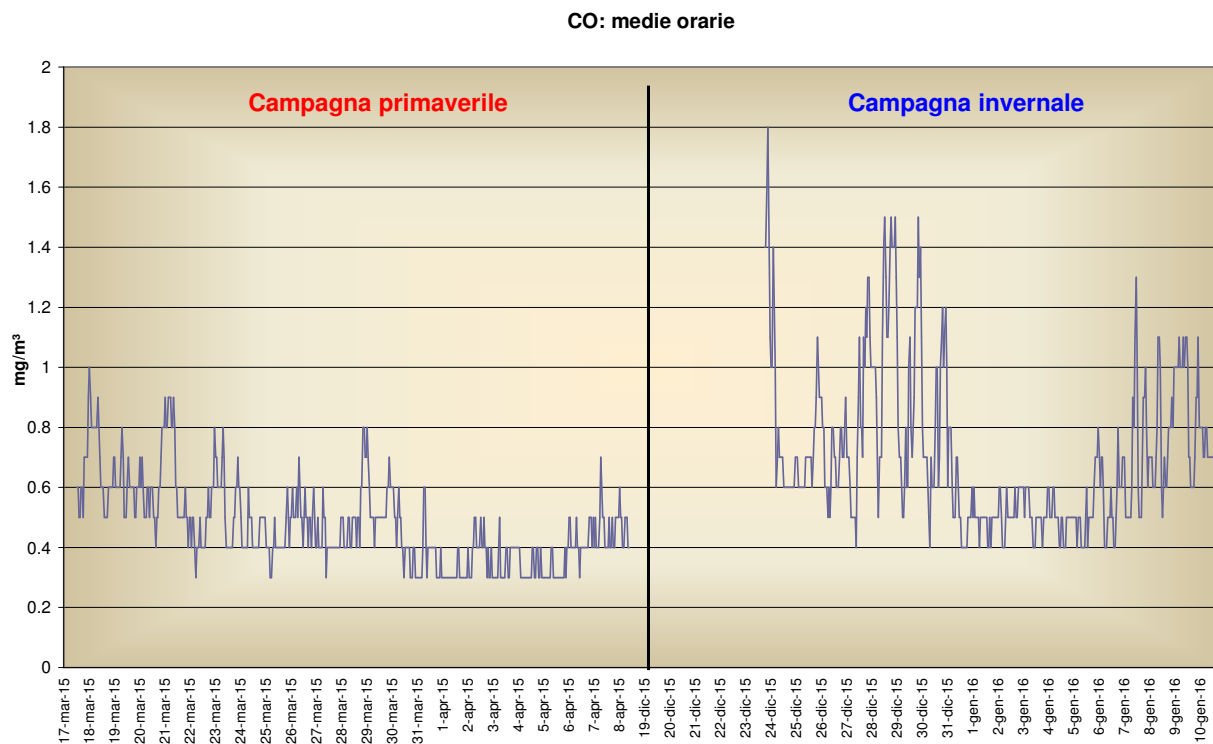
Nell'ultimo ventennio, con l'introduzione delle marmitte catalitiche nei primi anni '90 e l'incremento degli autoveicoli a ciclo Diesel, si è osservata una costante e significativa diminuzione della concentrazione del monossido di carbonio nei gas di combustione prodotti dagli autoveicoli ed i valori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

Durante le due campagne di monitoraggio nel comune di Borgaro Torinese non si sono osservate criticità per questo parametro. La Tabella 7 e la Figura 13 evidenziano infatti che non si sono registrati superamenti del valore di  $10 \text{ mg}/\text{m}^3$  che, in base alla normativa vigente, è il limite da non superare come media di otto ore consecutive.

**Tabella 7** – Dati relativi al monossido di Carbonio ( $\text{CO}$  ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )), della campagna di monitoraggio

	Primavera	Inverno
Minima media giornaliera	0.3	0.5
Massima media giornaliera	0.7	1.1
Media delle medie giornaliere	0.5	0.7
Giorni validi	21	18
Percentuale giorni validi	95%	78%
Media dei valori orari	0.5	0.7
Massima media oraria	1.0	1.8
Ore valide	516	438
Percentuale ore valide	98%	79%
Minimo medie 8 ore	0.3	0.4
Media delle medie 8 ore	0.5	0.7
Massimo medie 8 ore	0.9	1.5
Percentuale medie 8 ore valide	97%	78%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (10)</u>	<b>0</b>	<b>0</b>
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h &gt; 10)</u>	<b>0</b>	<b>0</b>

**Figura 13 - CO andamento orario.**



## Ossidi di Azoto

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

Per il monossido di azoto la normativa non prevede valori limite ma questo inquinante viene comunque misurato in quanto partecipa ai fenomeni di inquinamento fotochimico e si trasforma in biossido di azoto in presenza di ossigeno e ozono; per tale inquinante la normativa non prevede dei limiti di concentrazione nell'aria per la protezione della salute umana.

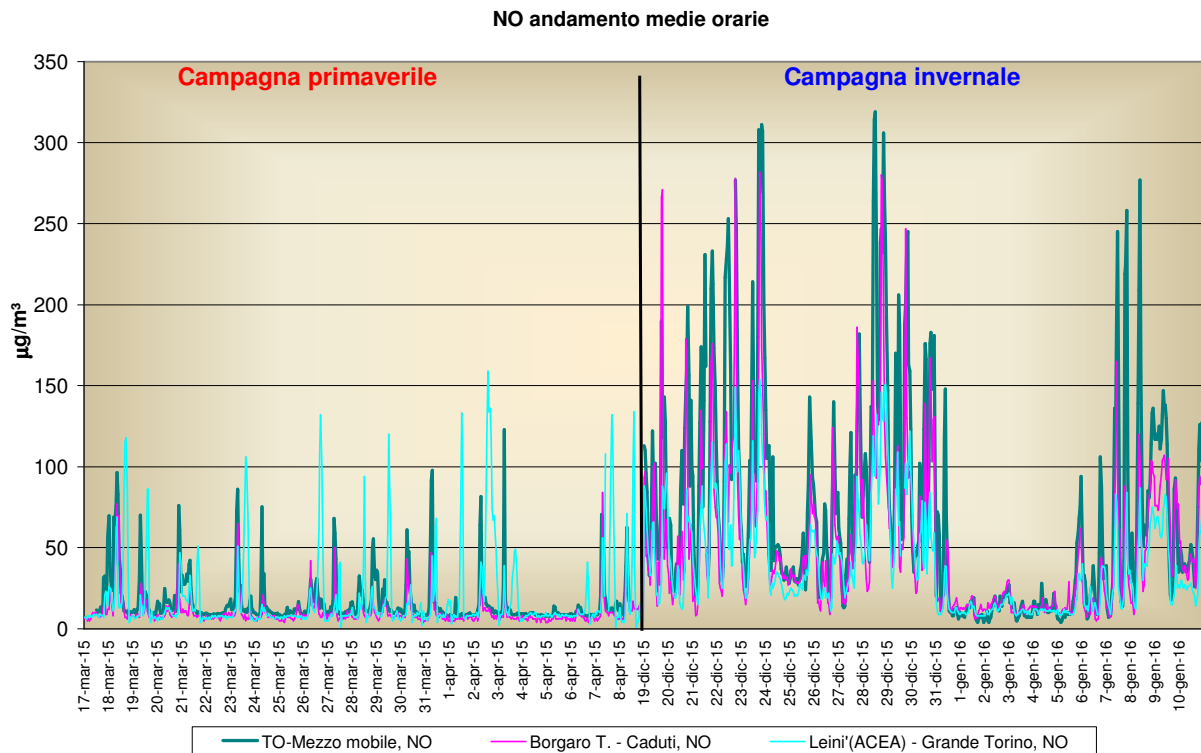
Durante il periodo dei monitoraggio i livelli di NO registrano un valore massimo pari a 319  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  in periodo invernale, usualmente più critico per gli ossidi di azoto, come esemplifica anche al media per campagna, che in primavera si attesta a 16.2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  mentre in inverno è 72  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Tabella 8).

Confrontando i dati con quelli osservati nella stazione fissa di Borgaro, situata in via Italia, si può notare come l'andamento sia simile ma i picchi siano molto più pronunciati a Mappano, in analogia con stazioni situate in zone interessate da traffico veicolare quale quella di Settimo Torinese. Si ipotizza quindi una maggiore influenza del traffico nel sito prescelto per il monitoraggio rispetto alla stazione fissa di fondo, confermata dalle direzioni dei venti diurne che indicano una provenienza principalmente da N-NNE, quindi sia dal centro abitato di Mappano ma anche dalla strada provinciale SP267 che si trova a circa 130 metri dal sito di monitoraggio; c'è inoltre una componente proveniente da W-WSW, vale a dire dal raccordo autostradale Torino-Aeroporto Caselle.

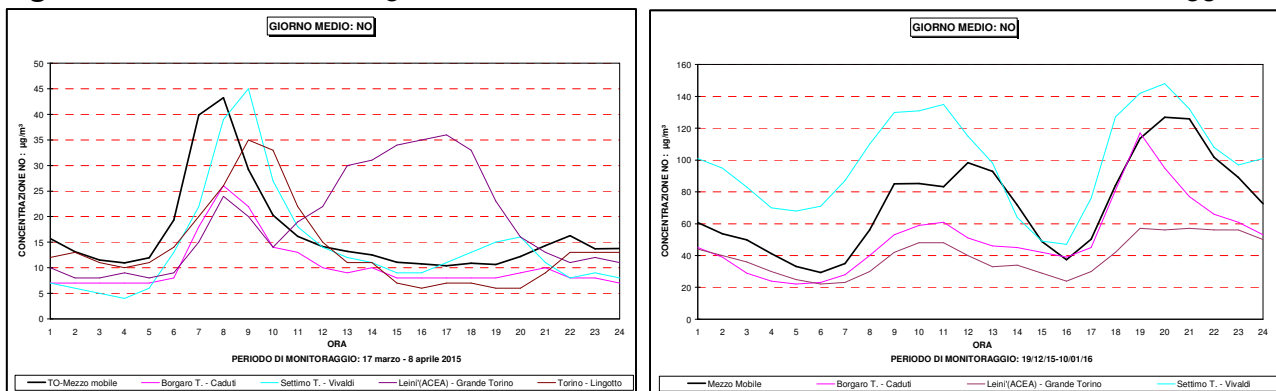
**Tabella 8** - Dati relativi al monossido di azoto (NO) ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

	Primavera	Inverno
Minima media giornaliera	8.7	10
Massima media giornaliera	33.7	174
Media delle medie giornaliere (b):	16.2	72
Giorni validi	21	23
Percentuale giorni validi	95%	100%
Media dei valori orari	16.3	72
Massima media oraria	122.9	319
Ore valide	516	548
Percentuale ore valide	98%	99%

**Figura 14** – NO: andamento della concentrazione oraria nel corso delle campagne di monitoraggio e confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio



**Figura 15** - NO: andamento giorno medio - confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio



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

La formazione di NO<sub>2</sub> è piuttosto complessa, in quanto si tratta di un inquinante di origine mista, vale a dire in parte originato direttamente dai fenomeni di combustione e indirettamente dall'ossidazione in atmosfera del monossido di azoto (NO) all'interno di un insieme complesso di reazioni fotochimiche.

Nel corso delle campagne di monitoraggio nel Comune di Borgaro Torinese, l'andamento dell'NO<sub>2</sub> registra un valore medio di 26.1 µg/m<sup>3</sup>, con un picco di 81.5 µg/m<sup>3</sup>, nel periodo primaverile; in inverno i valori sono superiori, con un valor medio di 46 µg/m<sup>3</sup> e un picco di 129 µg/m<sup>3</sup>, ma senza che si verifichi nessun superamento dei limiti; vedi Tabella 9.

**Tabella 9** – Dati relativi al biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) (µg/m<sup>3</sup>)

	Primavera	Inverno
Minima media giornaliera	11.9	26
Massima media giornaliera	45.8	69
Media delle medie giornaliere (b):	26.1	46
Giorni validi	21	23
Percentuale giorni validi	95%	100%
Media dei valori orari	26.5	46
Massima media oraria	81.5	129
Ore valide	516	548
Percentuale ore valide	98%	99%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (200)</u>	<b>0</b>	<b>0</b>
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (200)</u>	<b>0</b>	<b>0</b>
<u>Numero di superamenti livello allarme (400)</u>	<b>0</b>	<b>0</b>
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (400)</u>	<b>0</b>	<b>0</b>

Dal grafico di Figura 16 e Figura 17 si nota che i livelli di concentrazione dell'NO<sub>2</sub> sono mediamente simili alla stazione fissa di Borgaro in via Italia, mentre la stazione di traffico urbano di Settimo T.se registra valori mediamente più elevati.

Il D.Lgs. 155/2010 prevede per il biossido di azoto anche un valore limite annuale per la protezione della salute umana di 40 µg/m<sup>3</sup>. Visto che la durata delle due campagne non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo, non è possibile un confronto diretto con le misure effettuate. Si può però considerare un valore stimato di media annuale ricavato con la metodologia descritto nella nota.

Dalla Tabella 10 e dalla Figura 18 osserviamo che il valore di media annuale stimata per il sito di Borgaro (Mappano) è inferiore al limite annuale di 40 µg/m<sup>3</sup> essendo la media stimata pari a 31 µg/m<sup>3</sup>; il valore è molto simile a quello registrato nelle stazioni di fondo suburbano di Borgaro, sita in via Italia, e Leini.

**Nota**

Si sono calcolate le medie di NO<sub>2</sub>, per il periodo della campagna, delle stazioni considerate analoghe al sito monitoraggio in quanto collocate in prima cintura in area nord (Borgaro, Leini, Settimo) e ovest (Collegno); dal rapporto con la media dell'anno 2015 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne a Borgaro (Mappano) permette di ricavare la stima annuale:

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

dove

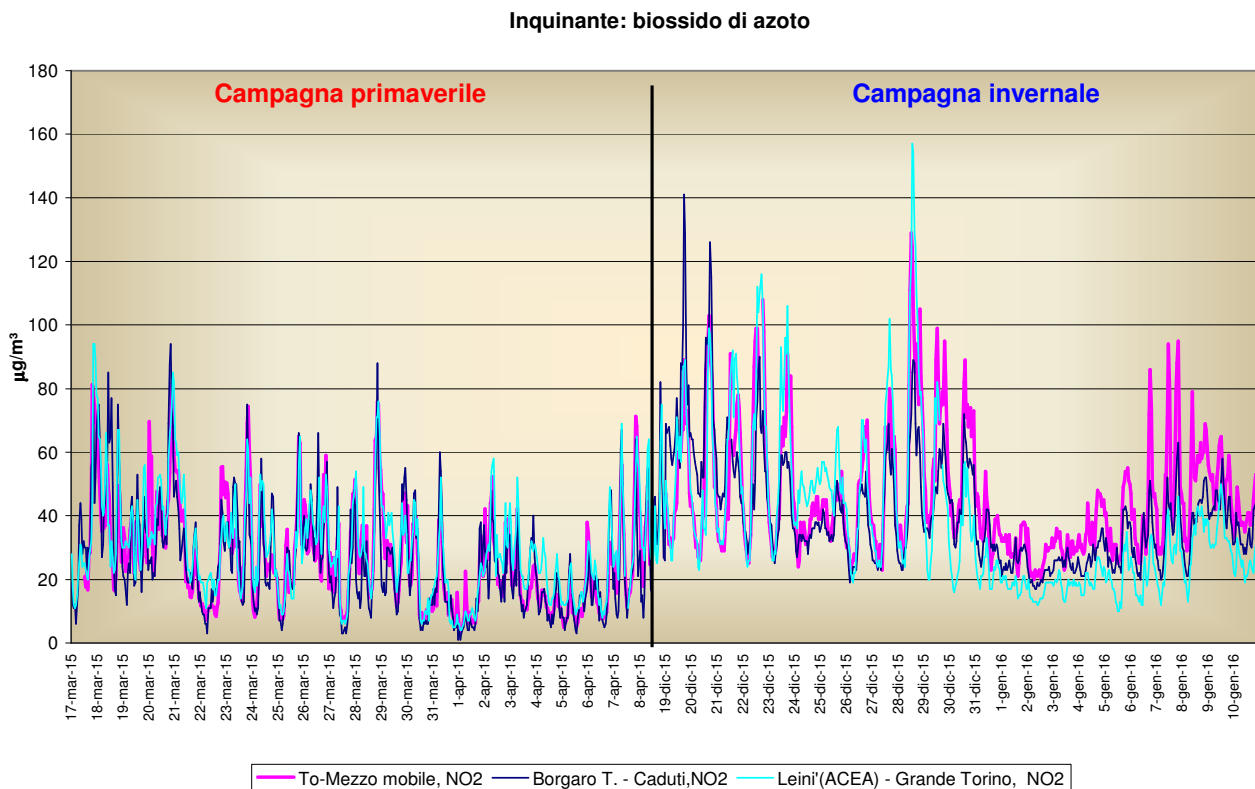
**m<sub>c</sub>** : media periodo campagne NO<sub>2</sub> Borgaro (Mappano)

**M<sub>c</sub>** : media stimata anno 2015 NO<sub>2</sub> Borgaro (Mappano)

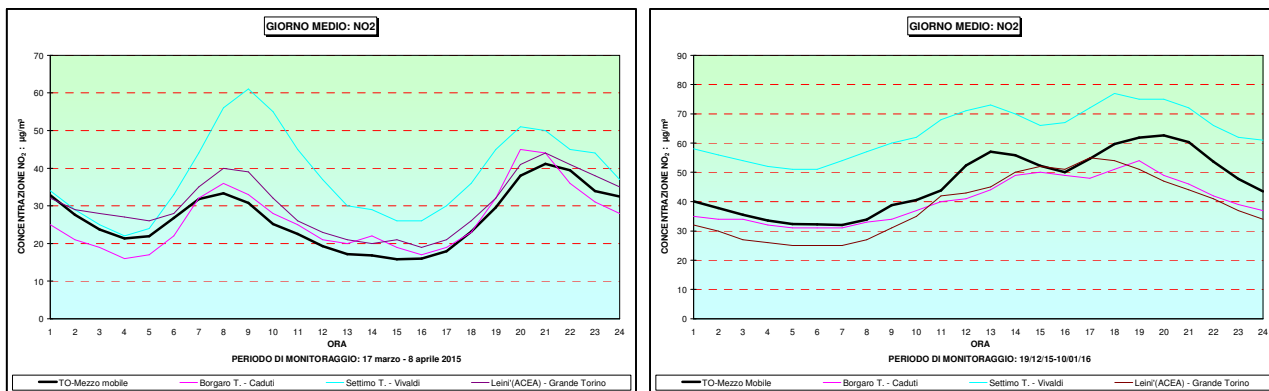
**m<sub>p</sub>** : media periodo campagne NO<sub>2</sub> Borgaro (stazione fissa), Leini, Settimo e Collegno

**M<sub>p</sub>** : media anno 2015 NO<sub>2</sub> Borgaro (stazione fissa), Leini, Settimo e Collegno

**Figura 16** – NO<sub>2</sub> : confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio



**Figura 17** – NO<sub>2</sub> : andamento giorno medio - confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio

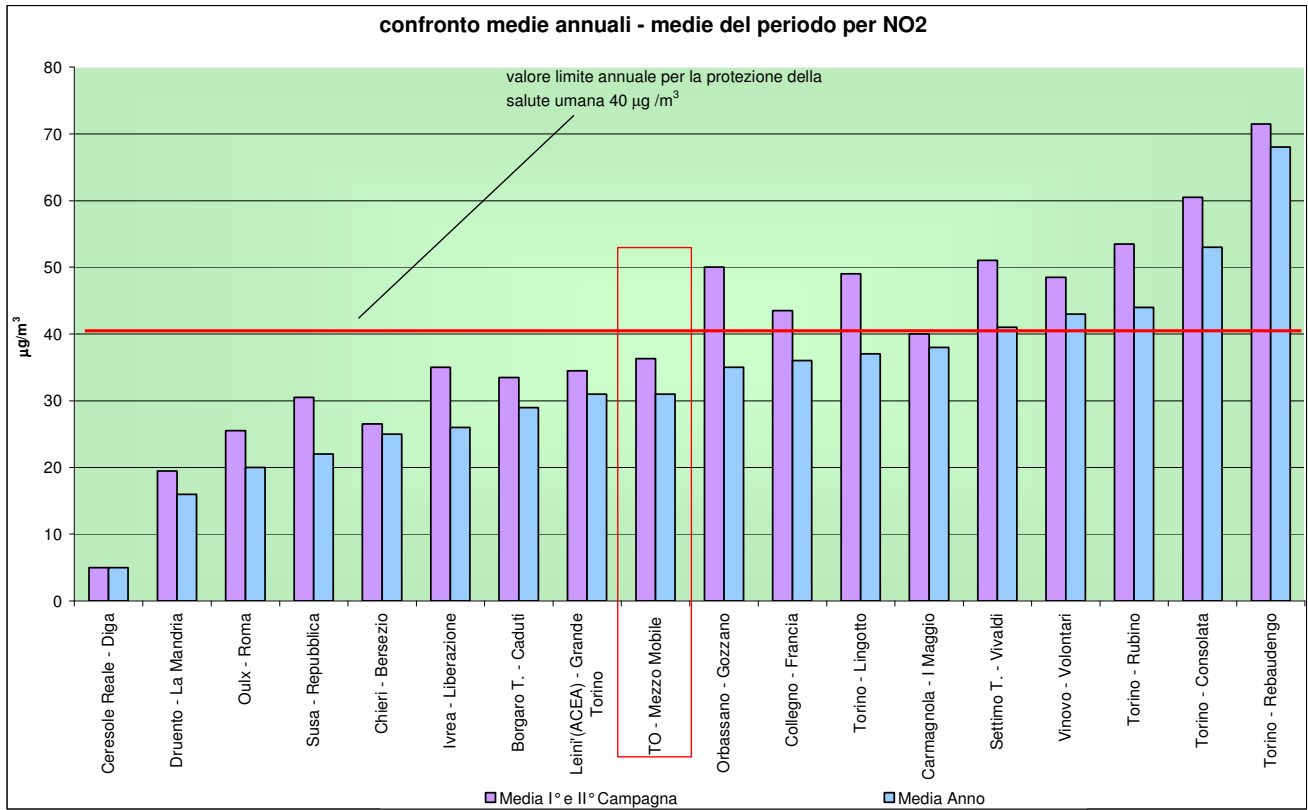


**Tabella 10** - NO<sub>2</sub> - confronto medie del periodo di monitoraggio con medie annuali 2015 nella provincia di Torino

	Primavera	Inverno	media periodo campagne	Annuale 2015
Stazione	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
Ceresole Reale - Diga	6	4	5	5
Druento - La Mandria	15	24	20	16
Oulx - Roma	14	37	26	20
Susa - Repubblica	18	43	31	22
Chieri - Bersezio	21	32	27	25
Ivrea - Liberazione	22	48	35	26
<b>Borgaro T. - Caduti</b>	<b>26</b>	<b>41</b>	<b>34</b>	<b>29</b>
<b>Leini'(ACEA) - Grande Torino</b>	<b>30</b>	<b>39</b>	<b>35</b>	<b>31</b>
<b>TO - Mezzo Mobile</b>	<b>27</b>	<b>46</b>	<b>36</b>	<b>31 (*)</b>
Orbassano - Gozzano	39	61	50	35
<b>Collegno - Francia</b>	<b>33</b>	<b>54</b>	<b>44</b>	<b>36</b>
Torino - Lingotto	39	59	49	37
Carmagnola - I Maggio	38	42	40	38
<b>Settimo T. - Vivaldi</b>	<b>38</b>	<b>64</b>	<b>51</b>	<b>41</b>
Vinovo - Volontari	49	48	49	43
Torino - Rubino	45	62	54	44
Torino - Consolata	53	68	61	53
Torino - Rebaudengo	70	73	72	68
<b>media stazioni analoghe</b>	<b>32</b>	<b>50</b>	<b>41</b>	<b>34</b>

(\*)= media annuale NO<sub>2</sub> stimata

**Figura 18 - NO<sub>2</sub> - confronto medie annuali e medie del periodo nella provincia di Torino; la media annuale per il sito di Borgaro-Mappano (TO-Mezzo mobile) è stata stimata**





## Benzene e Toluene

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

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

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

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

Il benzene è una sostanza classificata:

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

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

La normativa vigente (DLgs 155 del 13/8/2010) prevede per il benzene un limite annuale pari  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  da rispettare dal 2010 in avanti.

Durante le campagne di monitoraggio, vedi (Tabella 11), si registrano valori di benzene con una media del periodo pari a  $1,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in primavera e  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in inverno e un valore massimo di  $4,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  verificatosi in inverno.

Dalla Figura 19, si può vedere come i dati di benzene in via Torrazza abbiano valori intermedi tra quelli mediamente più alti della stazione di Settimo e quelli più bassi della stazione di fondo fissa in via Italia a Borgaro.

La normativa vigente (D.Lgs. 155/2010) prevede per il benzene un valore limite annuale di  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; poiché la durata della campagna non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo, non è possibile un confronto diretto con le misure effettuate. Si può però considerare un valore stimato di media annuale ricavato dal rapporto fra la media delle medie giornaliere dei due periodi pari a  $2,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e un fattore ricavato come descritto nella nota.

Applicando tale procedimento, la media annuale stimata è pari a  $1,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , (vedi Figura 21) valore inferiore al limite, ma superiore alla stazione fissa di Borgaro T. - Caduti, in quanto il sito di Mappano è maggiormente influenzato dal traffico, come si è osservato anche nelle considerazioni relative al monossido di azoto.

#### Nota

Si sono calcolate le medie di benzene, per il periodo della campagna, delle stazioni considerate analoghe al sito monitoraggio in quanto collocate in prima cintura in area nord (Borgaro T.-Caduti e Settimo); dal rapporto con la media dell'anno 2015 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne a Borgaro (Mappano) permette di ricavare la stima annuale:

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

dove

$m_c$  : media periodo campagne benzene Borgaro (Mappano)

$M_c$  : media stimata anno 2015 benzene Borgaro (Mappano)

$m_p$  : media periodo campagne benzene Borgaro T.-Caduti e Settimo

$M_p$  : media anno 2015 benzene Borgaro T.-Caduti e Settimo

Per quanto riguarda il toluene la normativa italiana non prevede alcun limite, ma le linee guida del 2000 dell'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.

Per il toluene la massima media giornaliera è risultata essere di 2,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  in primavera e 4.7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  in inverno e la massima media oraria invernale è di 18.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Tabella 12), valori ben al di sotto del valore guida consigliato dall'OMS.

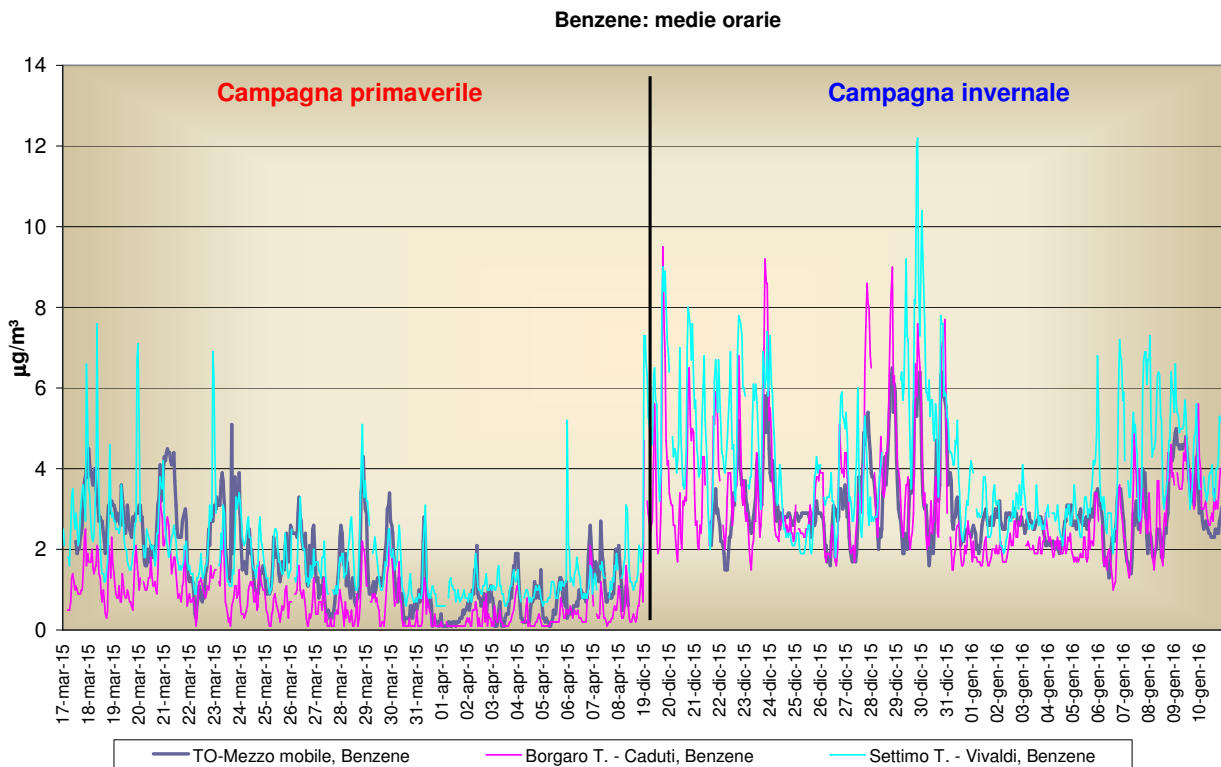
**Tabella 11** – Dati relativi al benzene ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

	Primavera	Inverno
Minima media giornaliera	0.2	2.4
Massima media giornaliera	3.3	4.2
Media delle medie giornaliere (b):	1.6	3.0
Giorni validi	21	20
Percentuale giorni validi	95%	87%
Media dei valori orari	1.6	3.0
Massima media oraria	5.1	6.5
Ore valide	516	486
Percentuale ore valide	98%	88%

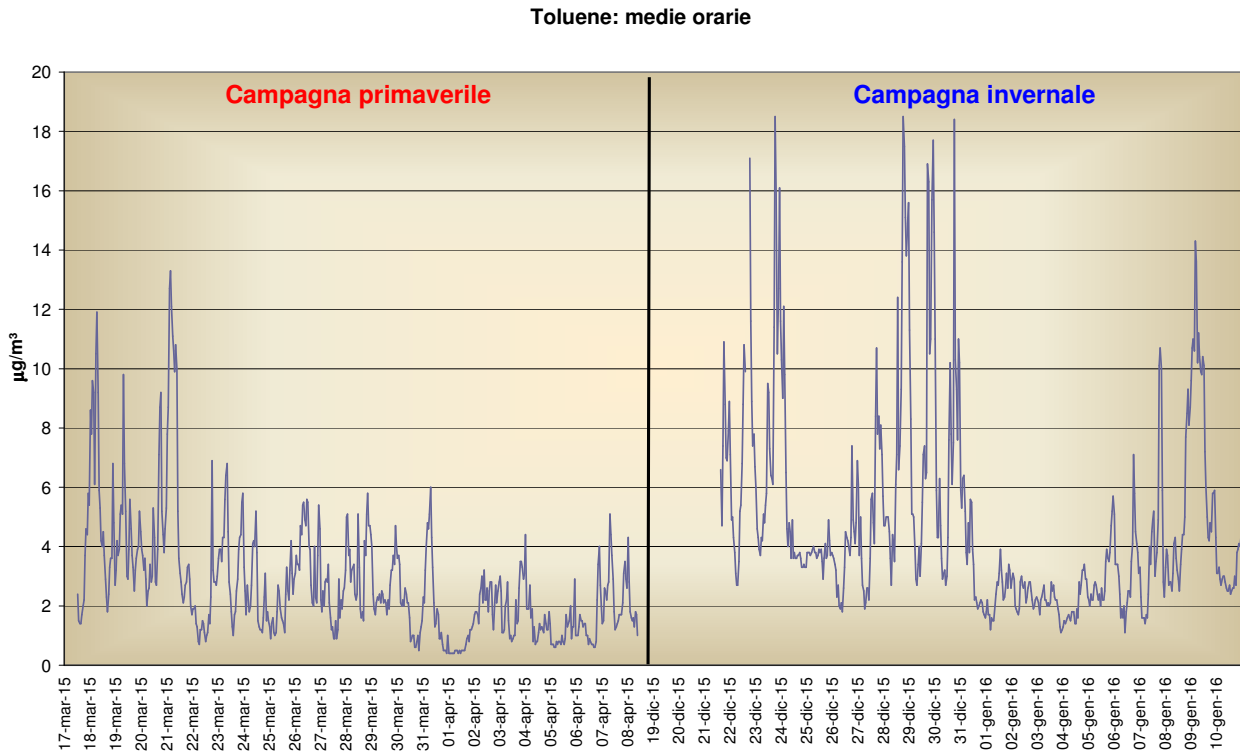
**Tabella 12**– Dati relativi al toluene ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

	Primavera	Inverno
Minima media giornaliera	0.7	2.1
Massima media giornaliera	6.1	8.5
Media delle medie giornaliere (b):	2.7	4.7
Giorni validi	21	20
Percentuale giorni validi	95%	87%
Media dei valori orari	2.8	4.8
Massima media oraria	13.3	18.5
Ore valide	516	486
Percentuale ore valide	98%	88%

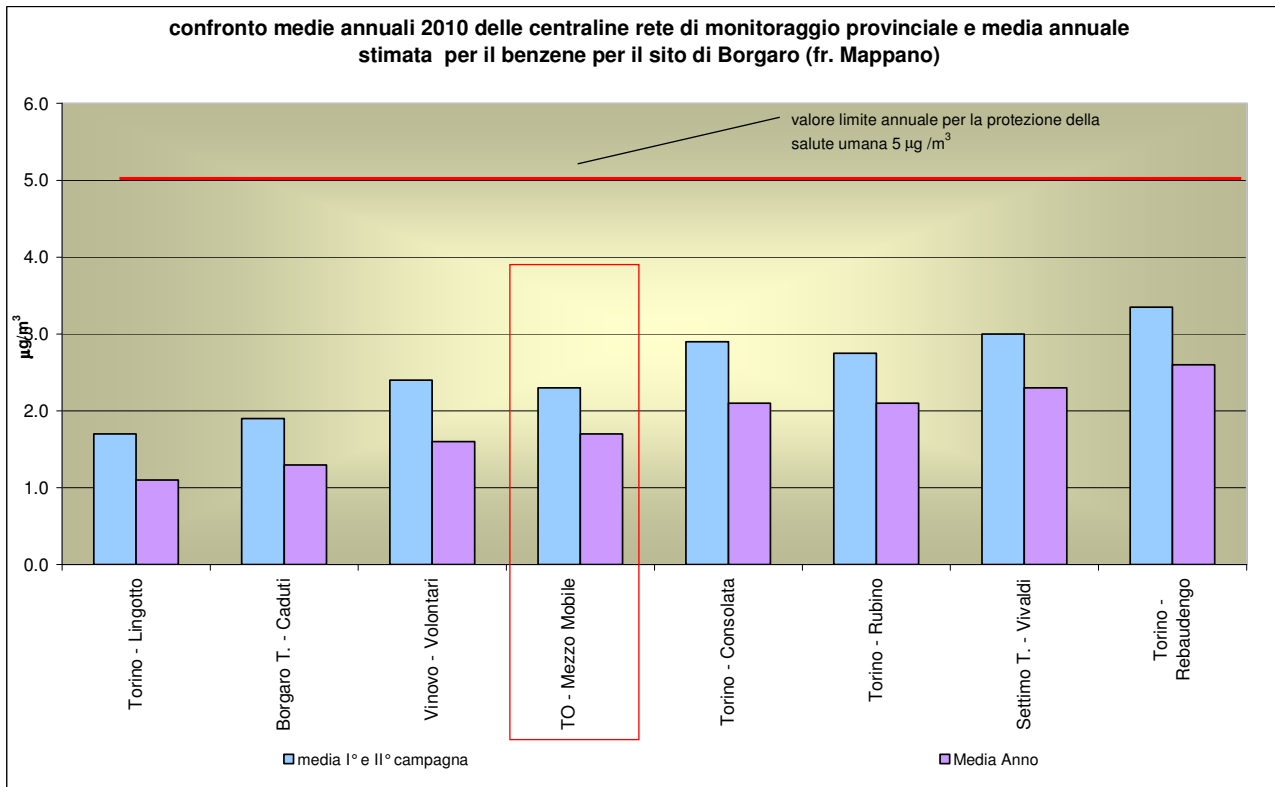
**Figura 19** – Benzene: andamento della concentrazione oraria nel corso delle campagne di monitoraggio



**Figura 20**– Toluene: andamento della concentrazione oraria nel corso della campagna di monitoraggio



**Figura 21** - Benzene confronto media annuale 2015 e media del periodo



## Particolato Sospeso (PM10 e PM2.5)

Il particolato sospeso è costituito dall'insieme di tutto il materiale non gassoso in sospensione nell'aria. La natura delle particelle aerodisperse è molto varia: ne fanno parte le polveri sospese, il materiale organico disperso dai vegetali, il materiale inorganico prodotto da agenti naturali, ecc... Nelle aree urbane il materiale può avere origine da lavorazioni industriali, dall'usura dell'asfalto, dei pneumatici, dei freni e dalle emissioni di scarico degli autoveicoli, in particolare quelli con motore diesel. Il particolato è costituito anche da una componente secondaria, che si forma in atmosfera a seguito di complessi fenomeni chimico-fisici a carico da precursori originariamente emessi in forma gassosa.

Il rischio sanitario legato a questo tipo di inquinamento dipende, oltre che dalla concentrazione, anche dalle dimensioni delle particelle stesse; infatti le particelle con dimensioni inferiori costituiscono un pericolo maggiore per la salute umana in quanto possono penetrare in profondità nell'apparato respiratorio. Diversi studi epidemiologici hanno mostrato una correlazione tra la concentrazioni di polveri nell'aria e la 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 DLgs 155/2010, ha previsto dei limiti esclusivamente per il particolato PM10, cioè la frazione con diametro aerodinamico inferiore a 10  $\mu\text{m}$ , più pericolosa in quanto può raggiungere facilmente trachea e bronchi ed inoltre gli inquinanti adsorbiti sulla polvere possono venire a contatto con gli alveoli polmonari.

Inoltre il DLgs 155/2010 introduce un limite anche per il PM2.5 (diametro aerodinamico inferiore ai 2.5  $\mu\text{m}$ ) calcolati come media annuale pari a 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  da raggiungere entro il 1 gennaio 2015.

Nella prima campagna di monitoraggio primaverile la media dei valori di concentrazione di particolato PM10 è stata pari a 29  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , (vedi Tabella 13), con un valore massimo giornaliero di 92  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e 3 superamenti del valore giornaliero dei 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . I superamenti sono avvenuti tra il 19 e il 21 marzo in maniera analoga ad altre stazioni di confronto (Figura 23), successivamente i valori si sono abbassati a causa della maggiore instabilità atmosferica, in maniera particolare dopo due eventi di precipitazioni del 22 e del 25 marzo.

I valori registrati durante la campagna hanno andamento simile a quelli registrati in altre stazioni provinciali e si collocano tra quelli della stazione di Settimo e quelli di Leinì, stazione rappresentativa del fondo urbano torinese. In questo periodo è stato insufficiente il rendimento strumentale di BorgaroT.-Caduti, pertanto non è possibile un confronto tra le medie di questa stazione.

Nella seconda campagna di monitoraggio la media dei valori di concentrazione di particolato PM10 è superiore alla prima campagna primaverile per ragioni soprattutto meteorologiche (in quanto nel periodo di monitoraggio 17 marzo-8 aprile erano ancora accesi gli impianti di riscaldamento). Nella campagna invernale si è registrata una media di 56  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , (vedi Tabella 13), con un valore massimo giornaliero di 93  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , e 13 superamenti del valore giornaliero dei 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . I superamenti sono avvenuti quasi esclusivamente nel periodo antecedente il 2 gennaio, che è stato caratterizzato da un'alta stabilità atmosferica, assenza di piogge e frequenti inversioni termiche al suolo, condizioni che favoriscono l'accumulo degli inquinanti al suolo e pertanto il superamento dei valori limite normativi (vedi Figura 22). Successivamente i valori si sono abbassati a causa della maggiore instabilità atmosferica e alle precipitazioni avvenute il 2 gennaio, a cavallo tra il 3 e 4 gennaio e il 9 gennaio.

I valori registrati durante la campagna invernale sono praticamente sovrapponibili a quelli registrati a Borgaro T.-Caduti, stazione rappresentativa del fondo suburbano della prima cintura torinese.

La durata delle due campagne non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo annuale (40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), e non è possibile un confronto diretto con le misure effettuate. Si può però considerare un valore stimato di media annuale ricavato come descritto nella nota.

#### Nota

Si sono calcolate le medie delle concentrazioni del PM10 per il periodo delle campagne della stazione di Leini, considerata come analoga al sito di Mappano, in sostituzione alla stazione di Borgaro T. - Caduti in quanto il rendimento strumentale di Borgaro T.- Caduti nella prima campagna è stato inferiore al 90%; dal rapporto con la media dell'anno 2015 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne a Borgaro (Mappano) permette di ricavare la stima annuale:

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

dove

$m_c$  : media periodo campagne PM10 Borgaro (Mappano)

$M_c$  : media stimata anno 2015 PM10 Borgaro (Mappano)

$m_p$  : media periodo campagne PM10 Leini

$M_p$  : media anno 2015 PM10 Leini

Applicando tale procedimento, la media annuale stimata è pari a  $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , quindi al di sotto del limite normativo annuale ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), come si può vedere in Figura 23.

Rispetto al numero di superamenti nel corso dell'anno non è possibile effettuare stime che abbiano un'approssimazione statistica accettabile, come nel caso dei valori medi; vengono pertanto considerati per analogia le stazioni della rete fissa che, durante il periodo delle campagne, hanno registrato un numero di superamenti uguali o molto vicini. Nel caso in oggetto la stazione più simile come numero di superamenti del livello giornaliero risulta Borgaro T. - Caduti, che nel corso dell'anno ha avuto in totale 71 superamenti e pertanto ha superato il limite di 35 stabilito dalla legge. È dunque presumibile che se si fosse effettuato un monitoraggio esteso all'intero anno anche nel sito di Mappano ci sarebbe stato il superamento di limite preso in esame.

In Figura 24 si riporta il confronto del numero di superamenti del limite giornaliero registrati, durante la campagna di misura, presso le stazioni di monitoraggio della rete provinciale e presso il sito del laboratorio mobile.

In Tabella 14 sono riportati i dati relativi al PM2.5 durante le due campagne: la media dei valori di concentrazione di particolato PM2.5 è stata pari a  $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in primavera e  $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in inverno, con un valore massimo giornaliero di  $79 \mu\text{g}/\text{m}^3$  registrato il 20 marzo. I valori sono molto simili alla stazione di fondo di Borgaro T. - Caduti (Figura 25) e rappresentano circa l'80 % del PM10. Tale situazione indica che, in generale, buona parte della frazione che costituisce il particolato atmosferico PM2,5 è di origine secondaria, e, in quanto tale, può aver avuto origine anche da emissioni di precursori in zone lontane rispetto al punto di campionamento.

Per stimare la media annuale si è seguito lo stesso procedimento utilizzato per il PM10, prendendo però come riferimento la stazione fissa di Borgaro T. - Caduti. La stima annuale ottenuta è pari a  $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e quindi leggermente inferiore al valore limite annuale per la protezione della salute di  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  imposto dal D.Lgs 155/2010 (Tabella 16). In termini relativi tale media annuale si situa comunque nell'intorno dei valori più bassi rilevabili a livello provinciale (vedi Figura 26).

**Tabella 13** – Dati relativi al particolato sospeso PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

	Primavera	Inverno
Minima media giornaliera	6	26
Massima media giornaliera	92	93
Media delle medie giornaliere (b):	29	56
Giorni validi	21	22
Percentuale giorni validi	95%	96%
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)</u>	<b>3</b>	<b>13</b>

**Tabella 14** – Dati relativi al particolato sospeso PM2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

	Primavera	Inverno
Minima media giornaliera	5	20
Massima media giornaliera	79	62
Media delle medie giornaliere (b):	24	43
Giorni validi	21	23
Percentuale giorni validi	95%	100%

**Tabella 15** - PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) confronto numero di superamenti limite giornaliero, concentrazioni medie del periodo e anno 2015

	campagna primaverile		campagna invernale		periodo I° e II° campagna		anno 2015	
	media periodo [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	media periodo [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	media periodo [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	media anno 2015 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)
Oulx - Roma	19	2	19	0	19	2	18	7
Susa - Repubblica	17	2	26	3	22	5	18	11
Druento - La Mandria	19	2	35	1	27	3	23	23
Ivrea - Liberazione	13	0	52	9	33	9	28	55
<b>TO - Mezzo Mobile</b>	<b>29</b>	<b>3</b>	<b>56</b>	<b>13</b>	<b>43</b>	<b>16</b>	<b>34 (*)</b>	
Borgaro T. - Caduti	46	3	57	14	52	17	35	71
Collegno - Francia	27	3	62	15	45	18	36	81
Leini(ACEA) - Grande Torino	26	3	64	15	45	18	36	84
Torino - Rubino	25	3	62	14	44	17	36	84
Torino - Lingotto	25	3	67	14	46	17	38	86
Settimo T. - Vivaldi	32	4	73	16	53	20	39	98
Torino - Consolata	31	3	68	18	50	21	40	93
Carmagnola - I Maggio	31	4	63	16	47	20	41	107

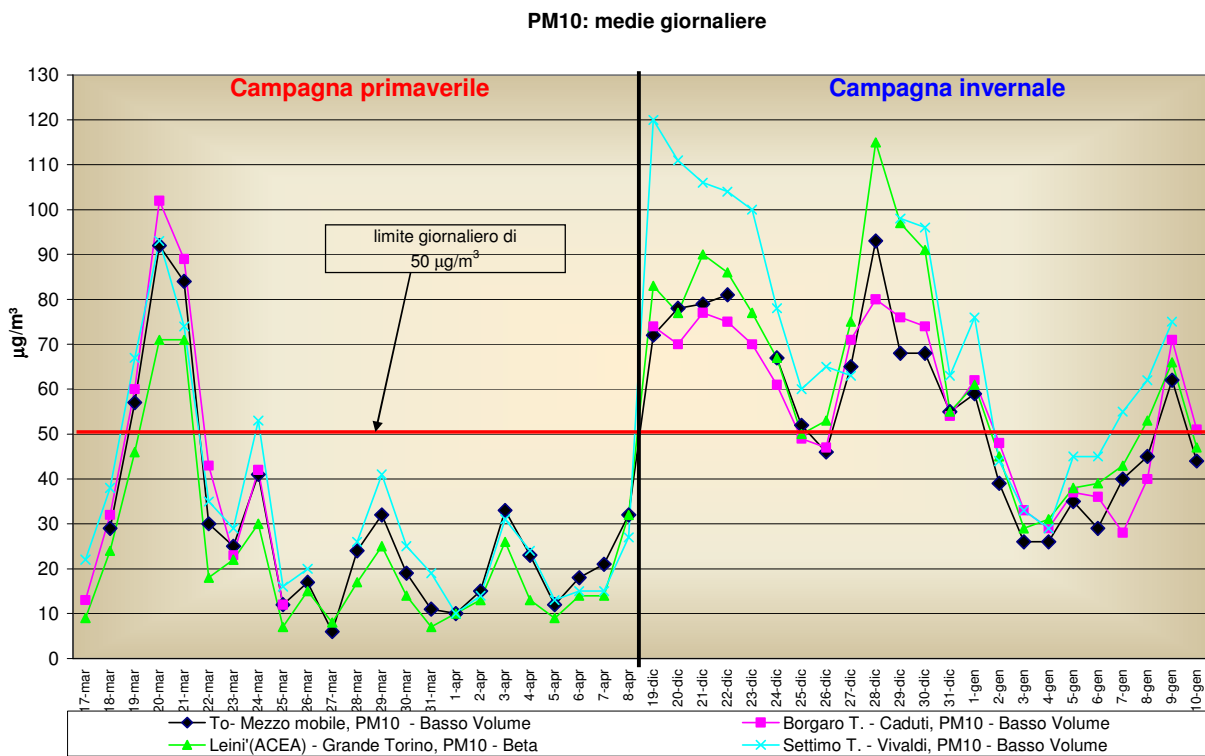
(\*) media stimata

**Tabella 16:** PM2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) confronto, concentrazioni medie del periodo e anno 2015

	campagna primaverile	campagna invernale	media campagne	anno 2015
	media periodo [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	media periodo [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	media periodo [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	media periodo [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
Chieri - Bersezio	16	50	33	24
Ivrea - Liberazione	18	50	34	24
<b>TO - Mezzo Mobile</b>	<b>23</b>	<b>43</b>	<b>33</b>	<b>24 (*)</b>
Borgaro T. - Caduti	26	47	37	26
Torino - Lingotto	17	53	35	27
Leini'(ACEA) - Grande Torino	22	60	41	30
Settimo T. - Vivaldi	40	60	50	31

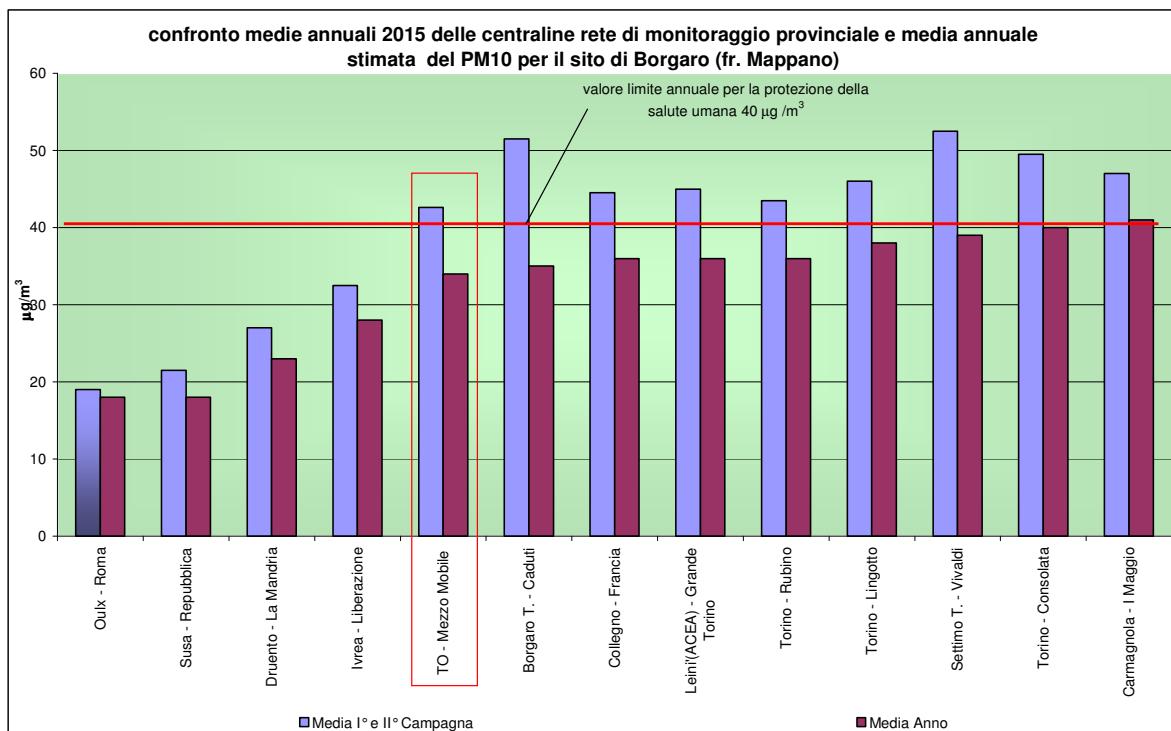
(\*) media stimata

**Figura 22** – Particolato sospeso PM10: confronto con il limite giornaliero per la protezione della salute

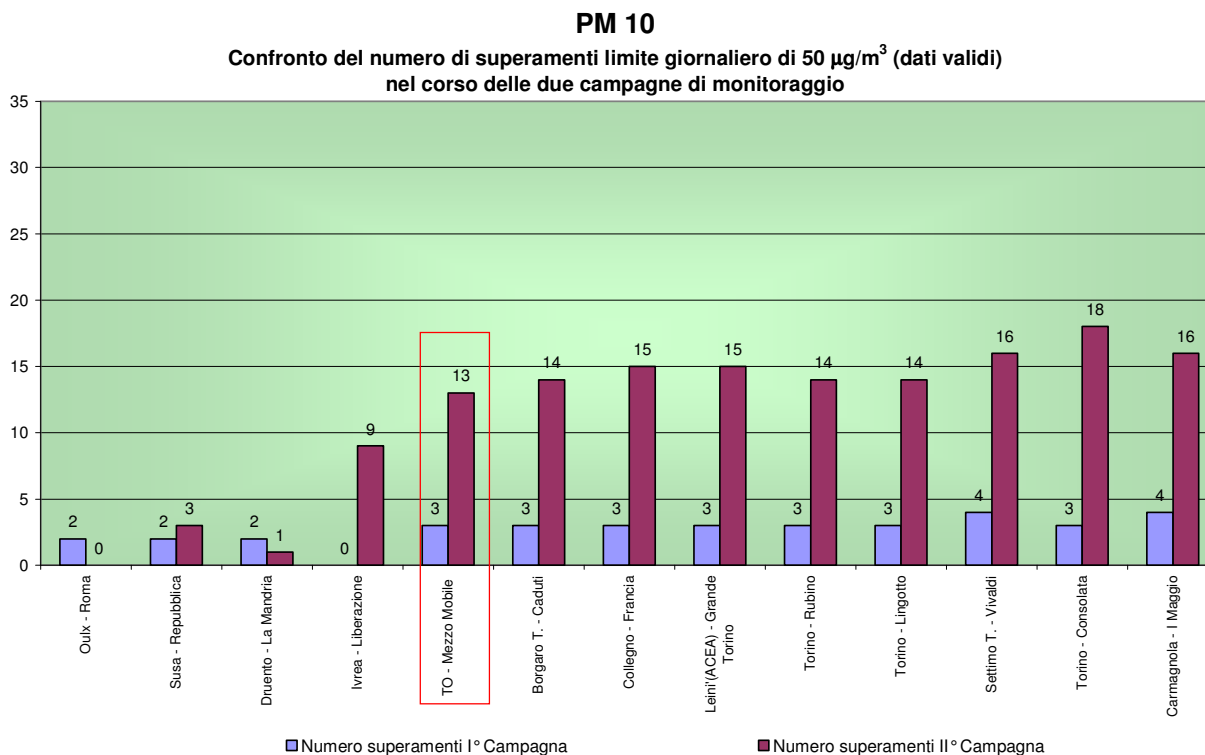




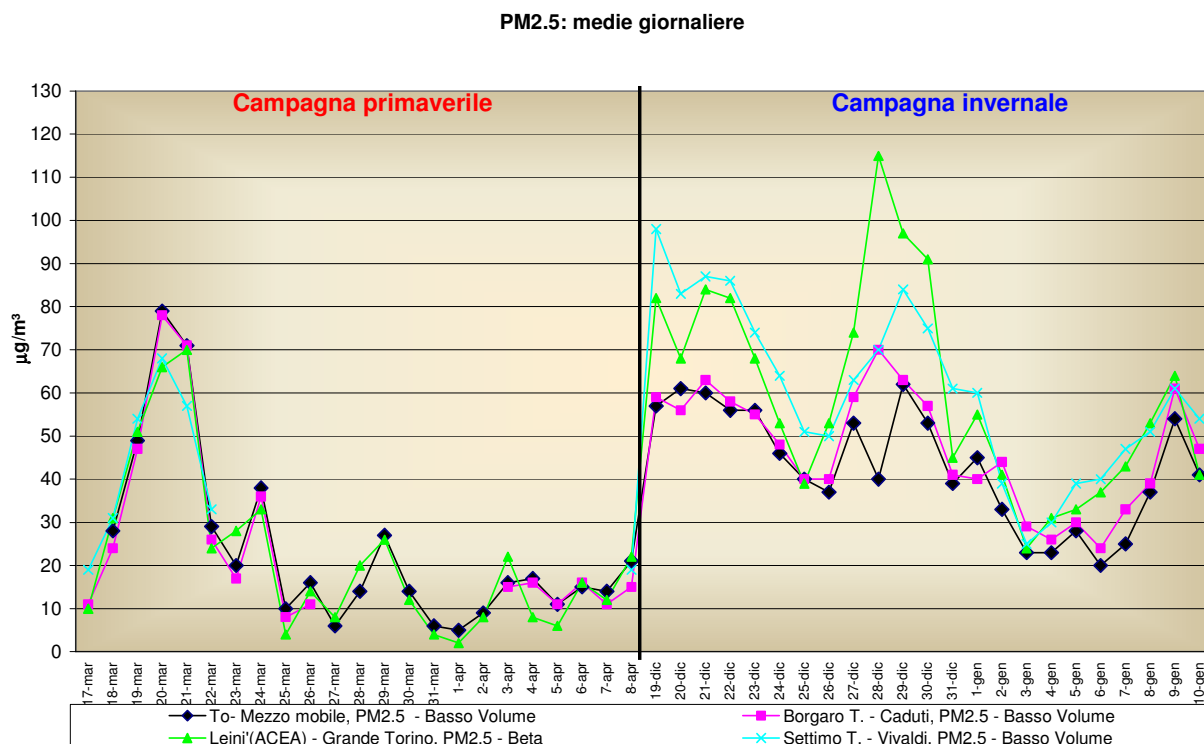
**Figura 23** - Particolato sospeso PM<sub>10</sub> confronto medie anno 2015 e medie del periodo nella provincia di Torino



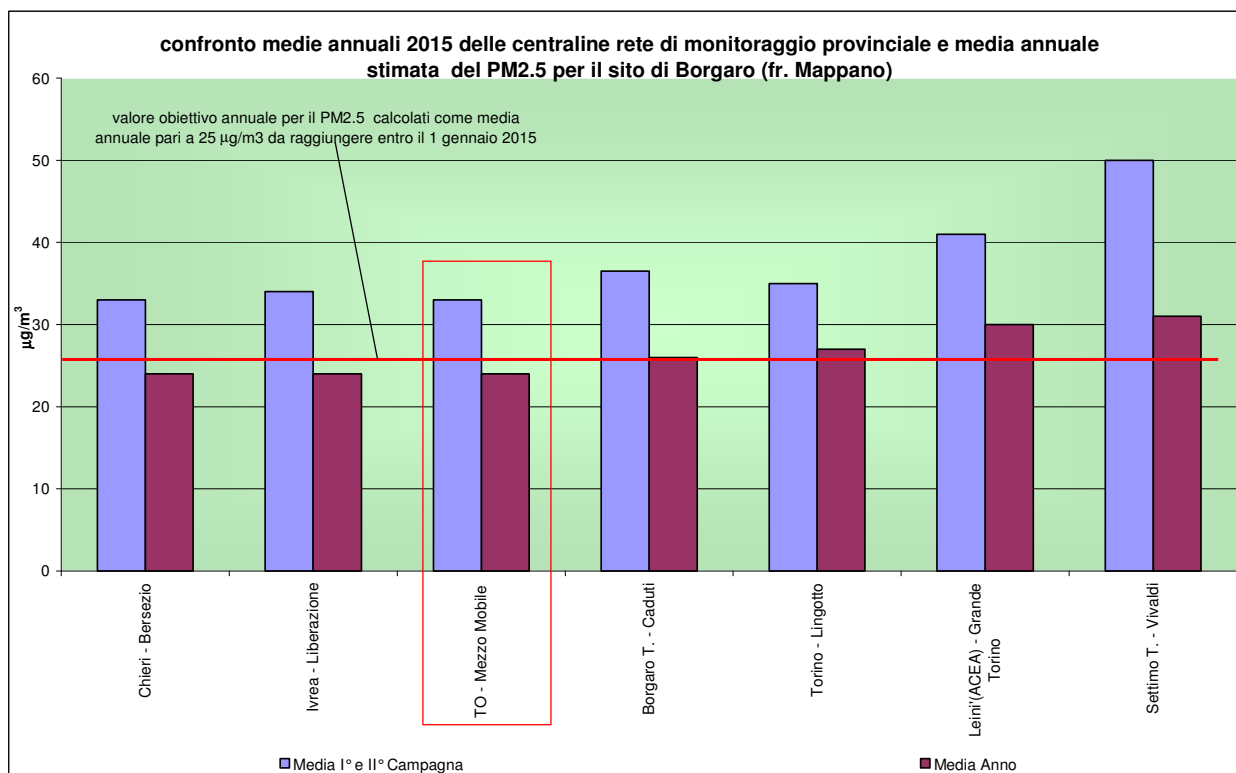
**Figura 24** Particolato sospeso PM10 - numero di superamenti del valore limite giornaliero in provincia di Torino nel corso della prima campagna.



**Figura 25** – Particolato sospeso PM2.5, confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio



**Figura 26** - Particolato sospeso PM2.5 confronto medie anno 2015 e medie del periodo nella provincia di Torino



## Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)

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%<sup>2</sup>. 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.)<sup>3</sup>.

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

In particolare il benzo(a)pirene (o 3,4-benzopirene), che è costituito da cinque anelli condensati, viene utilizzato quale indicatore di esposizione in aria per l'intera classe degli IPA. Il D.Lgs. 152/2007 individua anche altri sei idrocarburi policiclici aromatici di rilevanza tossicologica (art. 5.4) che vanno misurati al fine di verificare la costanza dei rapporti tra la loro concentrazione e quella del benzo(a)pirene stesso.

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

L'International Agency for Research on Cancer (IARC)<sup>4</sup> classifica il benzo(a)pirene nel gruppo 1 come "cancerogeno per l'uomo", il dibenzo(a,h)antracene nel gruppo 2A come "probabile cancerogeno per l'uomo" mentre tutti gli altri IPA sono inseriti nel gruppo 2B come "possibili cancerogeni per l'uomo".

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

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

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

<sup>2</sup> European Commission Ambient air pollution by PAH –Position Paper , pag 8

<sup>3</sup> EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook – 2007 pag. B216-29 tab 8.1a e B216-.32 tab 8.2 b

<sup>4</sup> International Agency for Research on Cancer (IARC) –Agents reviewed by the IARC monographs Volumes 1-100A last updated 2 april 2009

Analogamente agli altri inquinanti in cui esiste un limite di legge annuale (NO<sub>2</sub>, Benzene, PM10, PM2.5) e visto che la durata del monitoraggio del sito di Borgaro (Mappano) è pari a due mesi distribuiti nel corso dell'anno in stagioni diverse, la media dei due mesi non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo; non è quindi possibile in termini formali un confronto diretto con il limite stesso.

Si può però considerare anche in questo caso un valore stimato di media annuale ricavato come descritto nella nota. Applicando tale procedimento, si ottengono i valori di media annuale che sono stati messi a confronto con i valori delle altre stazioni della rete di monitoraggio della provincia di Torino in cui si determinano gli idrocarburi policiclici aromatici.

*Nota*

Si sono calcolate le medie delle concentrazioni nel PM10 dei quattro IPA (Benzo(a)antracene, Benzo(b+j+k)fluorantene, Benzo(a)pirene, Indeno(1, 2, 3-cd)pirene per il periodo delle campagne, della stazione di riferimento di Borgaro T.- Caduti; per le concentrazioni nel PM<sub>2.5</sub> il confronto è stato eseguito con la stazione di Torino-Lingotto, l'unica della Provincia nella quale vengono analizzate le concentrazioni degli IPA nel PM2.5. Dal rapporto con la media dell'anno 2015 si è calcolato il fattore che, moltiplicato per il valore medio delle campagne a Borgaro (Mappano), permette di ricavare la stima annuale:

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

dove

**m<sub>c</sub>** : media periodo campagne per ogni parametro IPA di Borgaro(Mappano)

**M<sub>c</sub>** : media stimata anno 2015 per ogni parametro IPA Borgaro(Mappano)

**m<sub>p</sub>** : media periodo campagne per ogni parametro IPA Borgaro T.- Caduti

**M<sub>p</sub>** : media anno 2015 per ogni parametro IPA Borgaro T.- Caduti

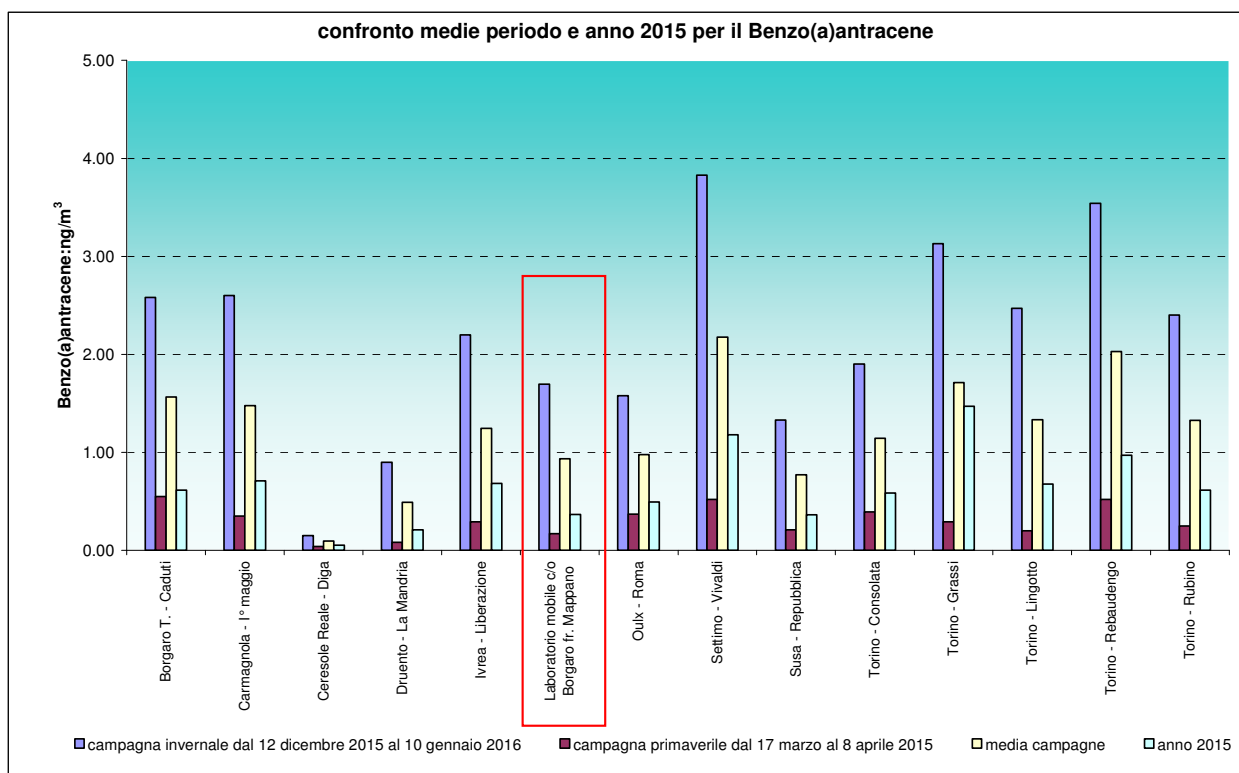
Dall'analisi dei dati notiamo che, in base alla stima effettuata (0,6 ng/m<sup>3</sup>), il valore obiettivo dettato dal D.Lgs 155/2010 per il benzo(a)pirene (1 ng/m<sup>3</sup> media annuale) nel sito di monitoraggio di Borgaro (Mappano) è rispettato; gli altri IPA monitorati hanno evidenziato concentrazioni analoghe ad altri siti della rete di monitoraggio provinciale, aventi le stesse condizioni d'inquinamento (vedi Figura 27, Figura 28, Figura 29, Figura 30, Figura 31); il valore medio sia di benzo(a)pirene che degli altri IPA risulta molto vicino alla stazione di Torino-Consolata ed inferiore alla vicina stazione di Borgaro T.- Caduti.

Gli IPA determinati sul particolato PM2,5 seguono lo stesso andamento di quelle analizzati sul PM10 e le concentrazioni riscontrate sono del tutto confrontabili, avvalorando l'ipotesi che i vari IPA vengono adsorbiti totalmente sul particolato più fine come documentato in letteratura.

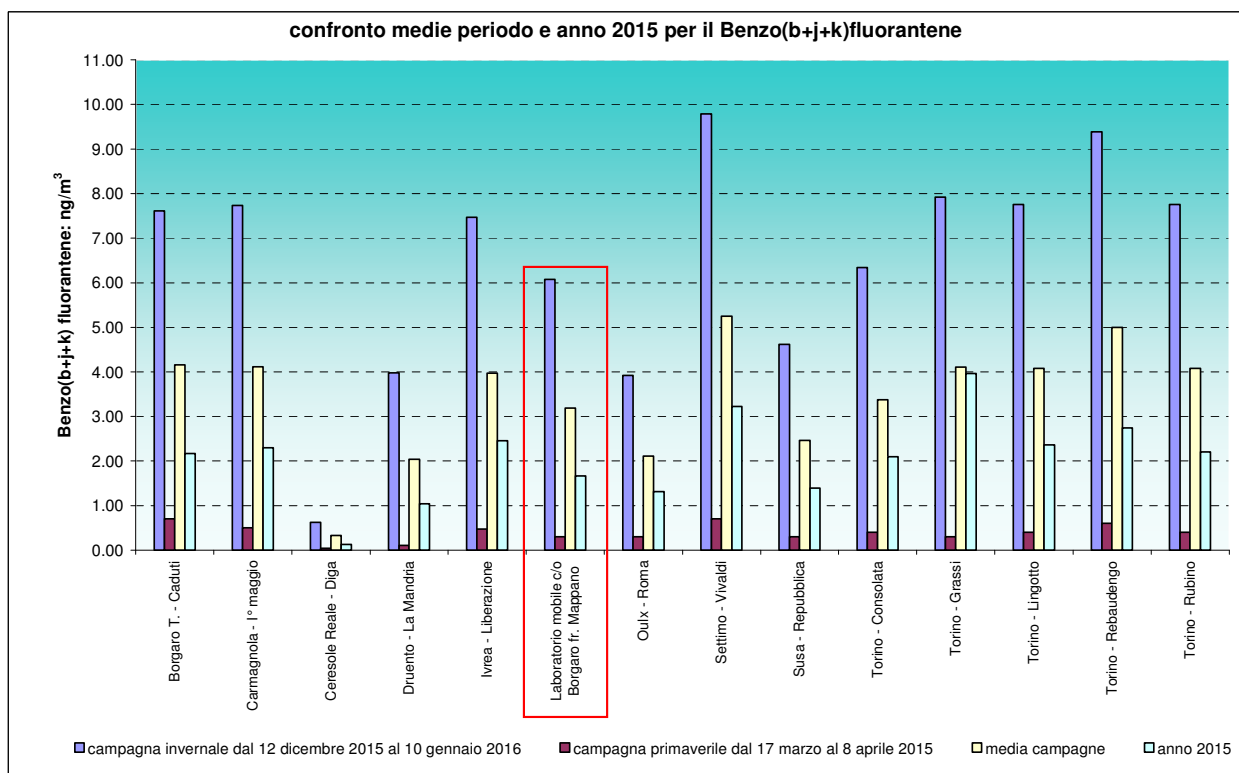
**Tabella 18:** Laboratorio mobile ARPA presso Borgaro (Mappano) - concentrazione IPA rilevati nel monitoraggio

Laboratorio mobile ARPA presso Borgaro (Mappano) - concentrazione IPA rilevati nel monitoraggio						
	Primavera		Inverno		Media campagne	
	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5
Benzo(a)antracene (ng/m <sup>3</sup> )	0.2	0.2	1.7	1.6	0.9	0.9
Benzo(b+j+k)fluorantene (ng/m <sup>3</sup> )	0.3	n.d.	6.1	5.3	3.2	-
Benzo(a)pirene (ng/m <sup>3</sup> )	1.3	0.3	2.4	2.2	1.9	1.3
Indeno(1,2,3-cd)pirene (ng/m <sup>3</sup> )	0.6	0.6	2.2	1.9	1.4	1.3

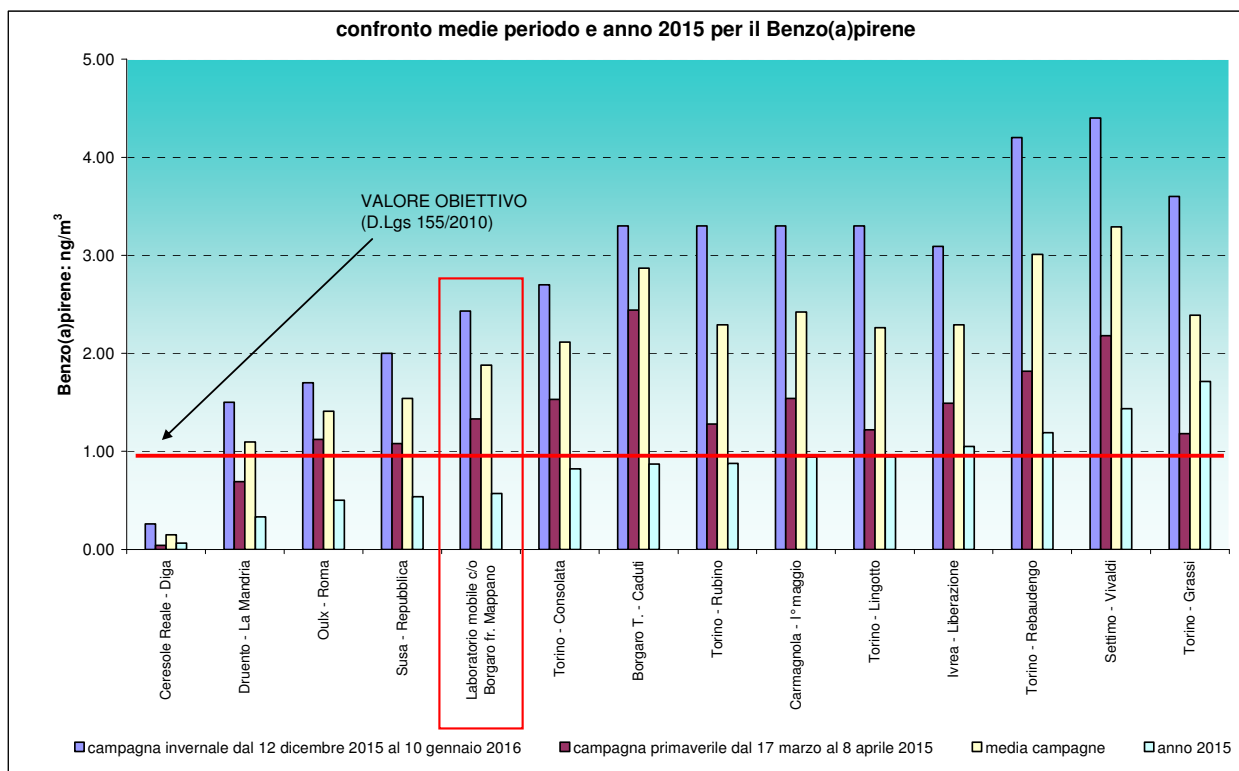
**Figura 27 - Benzo(a)antracene confronto della media campagna invernale e primaverile con media anno 2015 nella provincia di Torino**



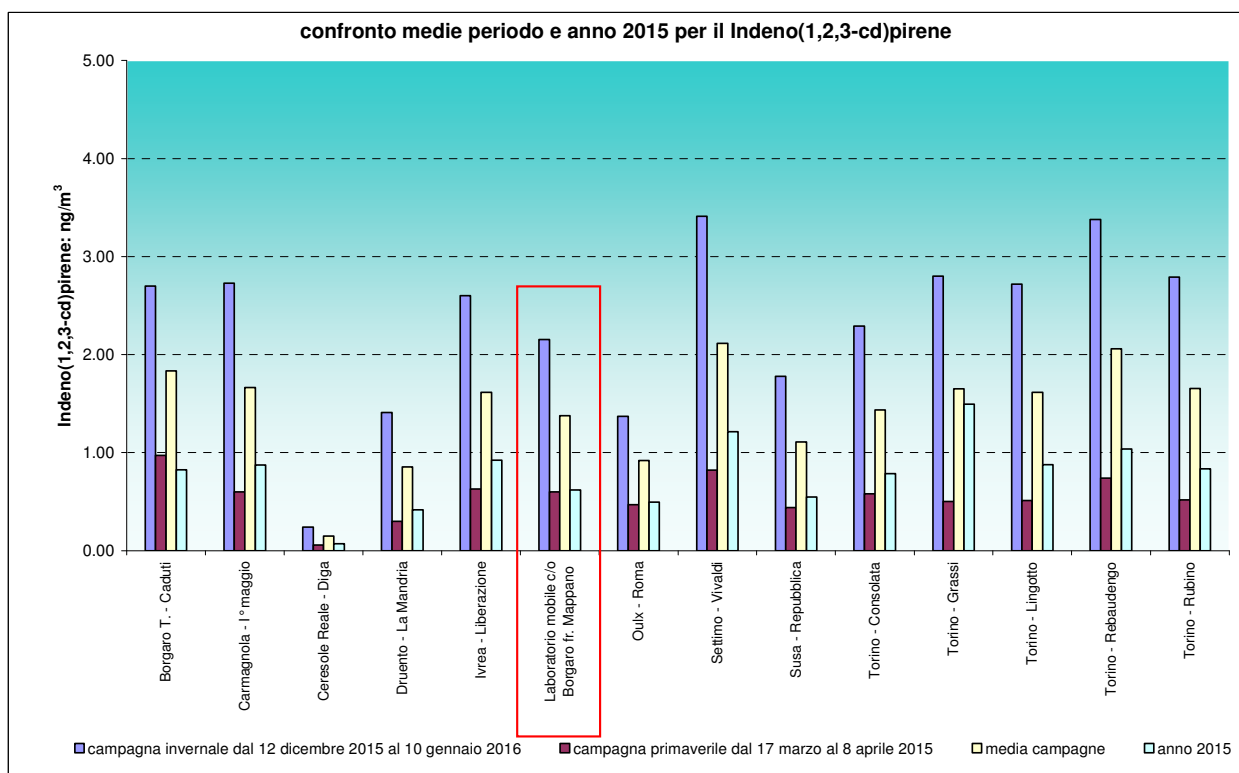
**Figura 28 - Benzo(b+j+k)fluorantene confronto della media campagna invernale e primaverile con media anno 2015 nella provincia di Torino**



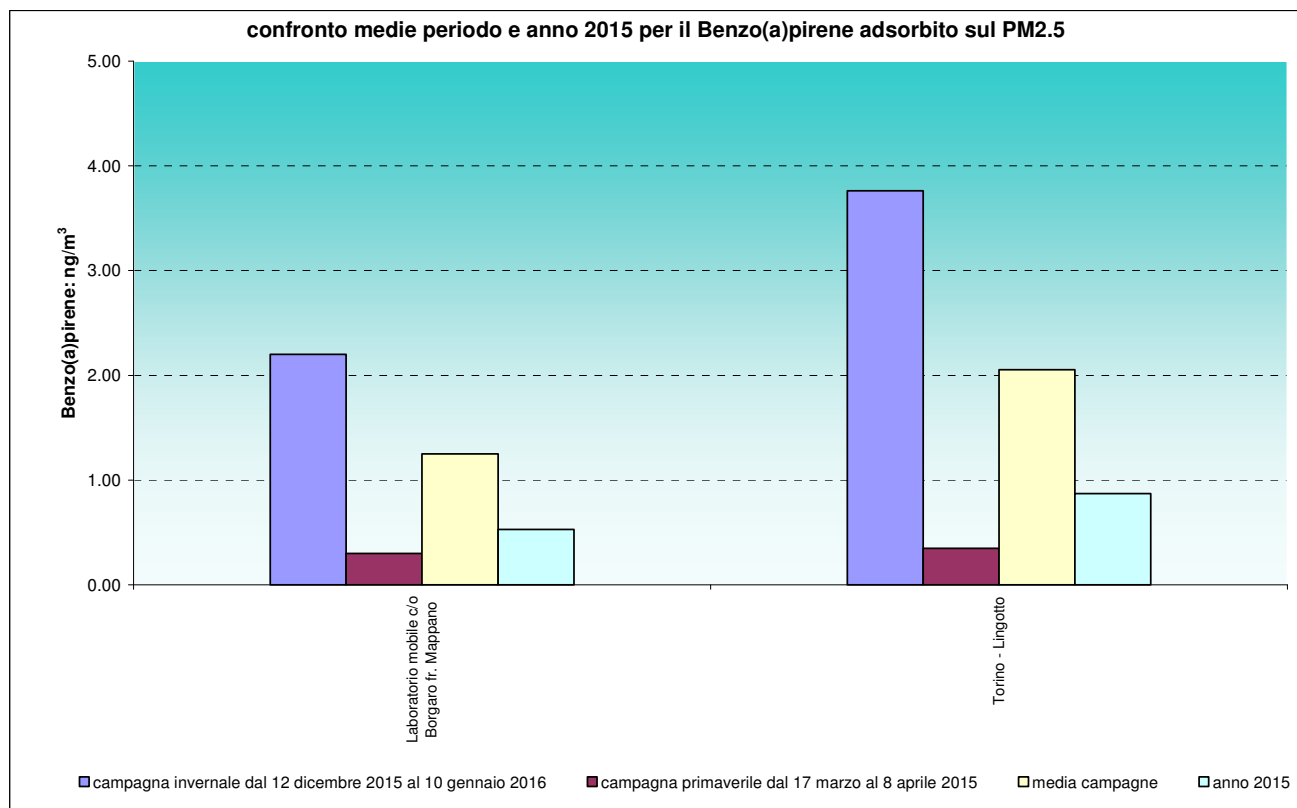
**Figura 29 - Benzo(a)pirene confronto della media campagna invernale e primaverile con media anno 2015 nella provincia di Torino**



**Figura 30 - Indeno(1, 2, 3-cd)pirene confronto della media campagna invernale e primaverile con media anno 2015 nella provincia di Torino**



**Figura 31 - Benzo(a)pirene sul PM2.5 - confronto della media campagna invernale e primaverile con media anno 2015 nella provincia di Torino**



## Metalli

I metalli pesanti costituiscono una classe di sostanze inquinanti estremamente diffusa nelle varie matrici ambientali. La loro presenza in aria, acqua e suolo può derivare da fenomeni naturali (erosione, eruzioni vulcaniche), ai quali si sommano gli effetti derivanti 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  $\alpha_1$  antitripsina) è la principale manifestazione dell'intossicazione cronica da cadmio, cui generalmente si accompagnano danni ai tubuli renali e osteomalacia. Sia il piombo, che l'arsenico, inoltre, sono responsabili di numerose alterazioni organiche. L'avvelenamento cronico da piombo (saturnismo), ad esempio, è responsabile di anemia emolitica e danni neurologici.

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



Nella Tabella 19 sono riportati i valori obiettivo per As, Cd e Ni e il valore limite per la protezione della salute umana per il Pb previsti dal D.Lgs. 13/8/2010 n. 155.

**Tabella 19** - 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.

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

Anche per i quattro metalli monitorati nell'indagine, visto che la durata del monitoraggio di Borgaro (Mappano) oggetto della relazione è pari a due mesi distribuiti nel corso dell'anno in stagioni diverse, la media dei valori del periodo di campionamento non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo; non è quindi possibile in termini formali un confronto diretto con il limite stesso.

Si può però considerare un valore stimato di media annuale ricavato come descritto nella nota. Applicando tale procedimento, si ottengono i valori di media annuale che sono stati messi a confronto con i valori delle altre centraline della rete di monitoraggio della provincia di Torino in cui si determinano i metalli.

*Nota*

Si sono calcolate le medie delle concentrazioni nel PM<sub>10</sub> di nichel (Ni), cadmio (Cd), arsenico (As) e piombo (Pb) per il periodo delle campagne, della stazione di riferimento di Borgaro T.- Caduti; per le concentrazioni nel PM<sub>2.5</sub> il confronto è stato eseguito con la stazione di Torino-Lingotto, l'unica della Provincia nella quale vengono analizzate le concentrazioni dei metalli nel PM<sub>2.5</sub>. Dal rapporto con la media dell'anno 2015 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne a Borgaro(Mappano) permette di ricavare la stima annuale:

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

dove

*m<sub>c</sub>* : media periodo campagne per ogni metallo Borgaro(Mappano)

*M<sub>c</sub>* : media stimata anno 2015 per ogni metallo Borgaro(Mappano)

*m<sub>p</sub>* : media periodo campagne per ogni metallo Borgaro T.- Caduti

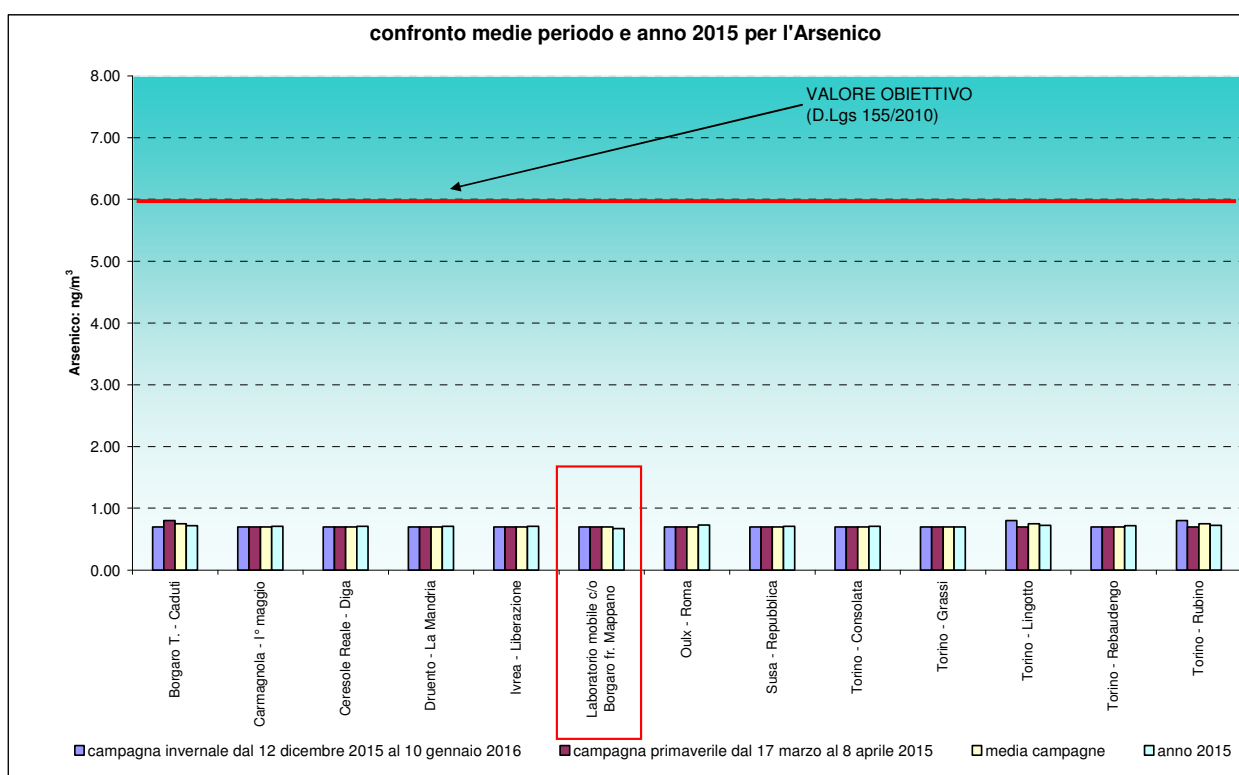
*M<sub>p</sub>* : media anno 2015 per ogni metallo Borgaro T.- Caduti

Il valore stimato di media annuale per tutti i metalli considerati è abbondantemente inferiore al valore obiettivo in vigore. Le concentrazioni di piombo, arsenico, nichel e cadmio sono omogenee in tutto il territorio provinciale, nelle stazioni analoghe al sito di monitoraggio (Borgaro T. Caduti, Carmagnola, Ivrea) ed inferiori alle stazioni site nella Città di Torino. Le concentrazioni dei metalli determinati su PM2.5 seguono lo stesso andamento di quelli analizzati su PM10, con concentrazioni confrontabili in tutti i casi tranne che per il nichel, che nel PM2.5 è presente in quantità minore.

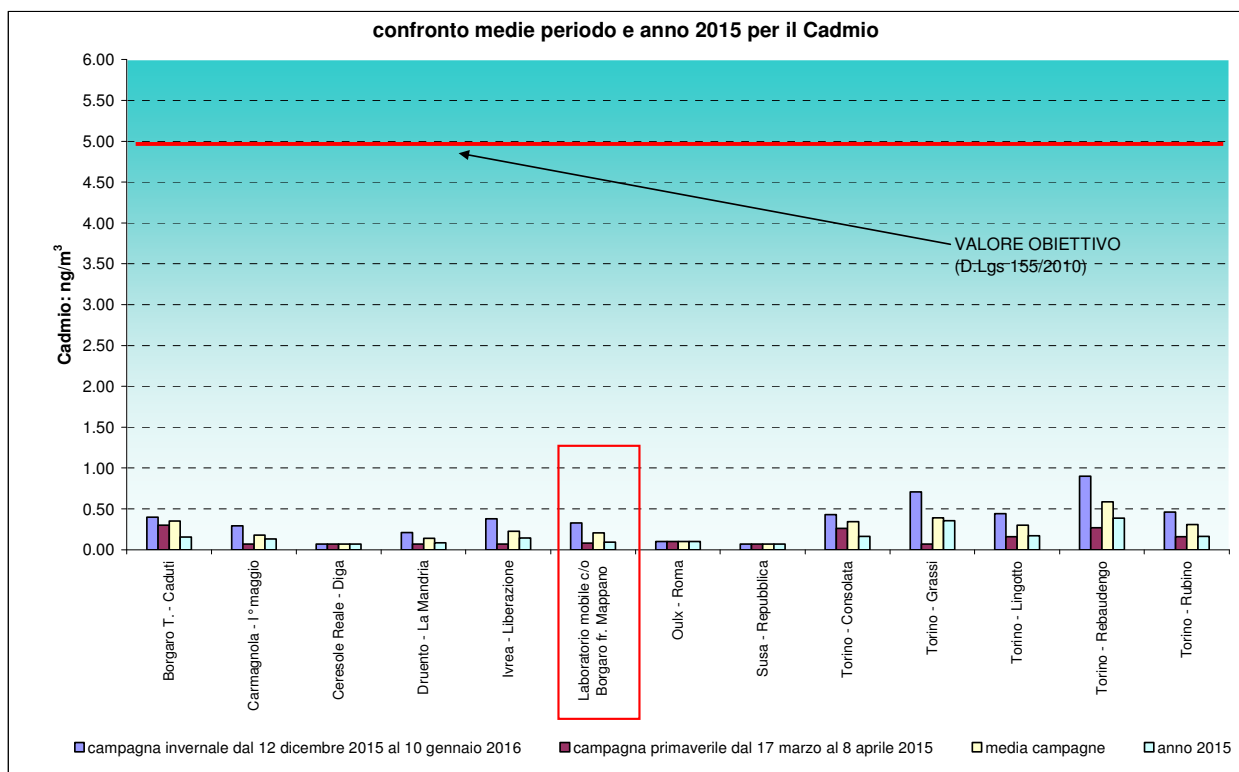
**Tabella 20** - Laboratorio mobile ARPA presso Borgaro (Mappano) - concentrazione dei quattro metalli rilevati nel monitoraggio

Laboratorio mobile ARPA presso Borgaro (Mappano): concentrazione dei quattro metalli rilevati nel monitoraggio						
	Primavera		Inverno		Media campagna	
	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5
Arsenico (ng/m <sup>3</sup> )	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Cadmio (ng/m <sup>3</sup> )	0.1	0.1	0.3	0.3	0.2	0.2
Nichel (ng/m <sup>3</sup> )	3.7	2.1	3.1	1.4	3.4	1.8
Piombo (µg/m <sup>3</sup> )	0.006	0.005	0.016	0.014	0.011	0.010

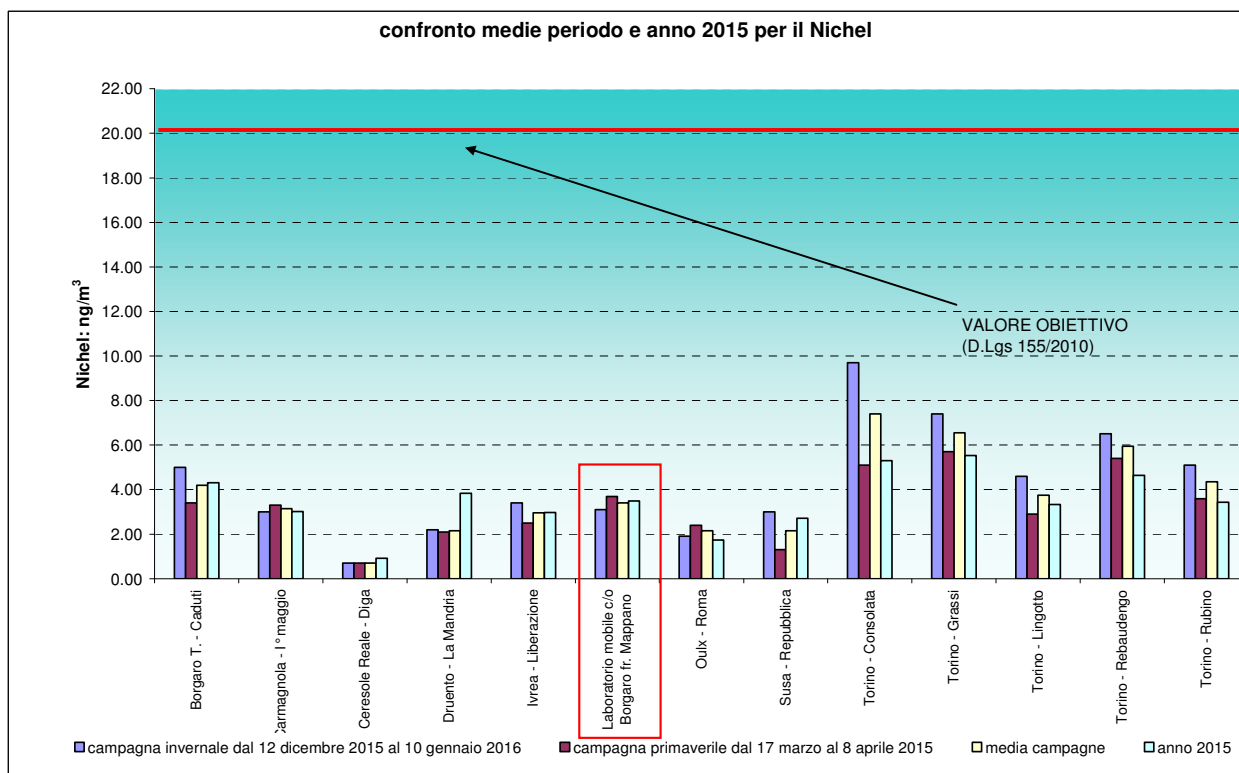
**Figura 32** - Arsenico confronto della media campagna invernale e primaverile con media anno 2015 nella provincia di Torino



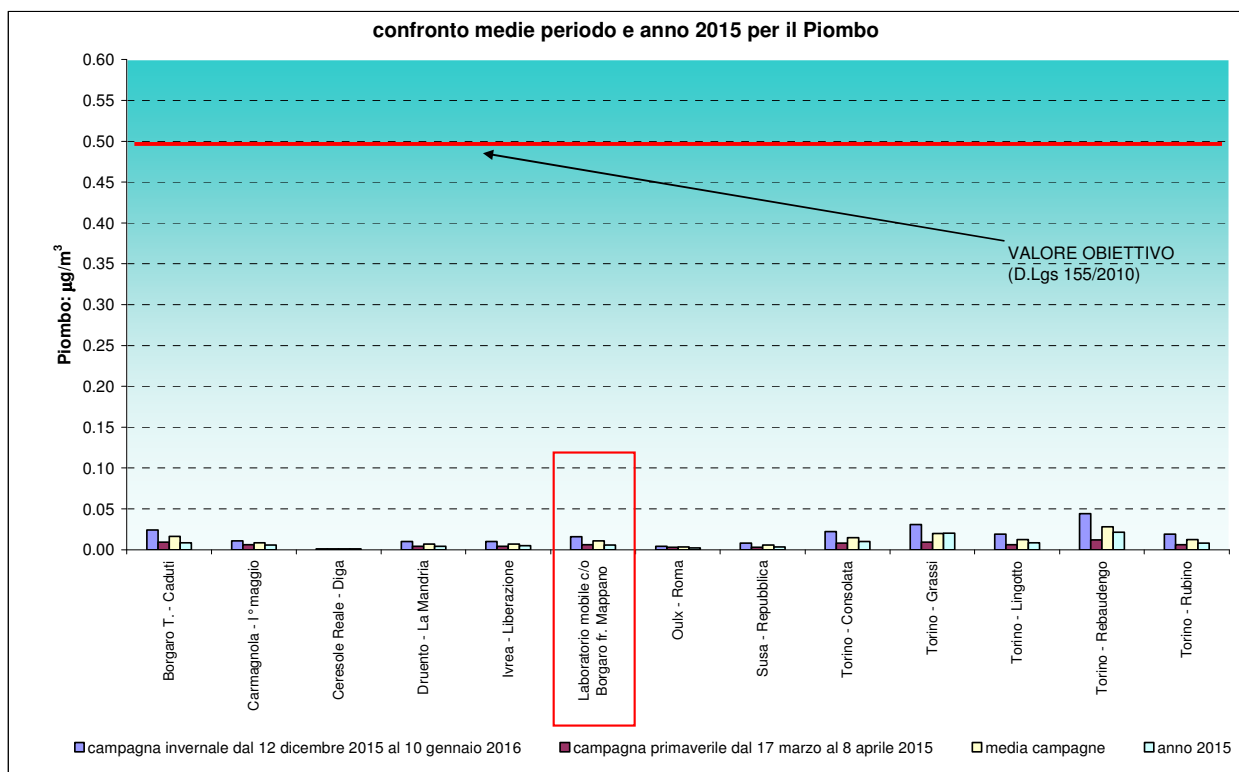
**Figura 33** Cadmio confronto della media campagna invernale e primaverile con media anno 2015 nella provincia di Torino



**Figura 34** Nichel confronto della media campagna invernale e primaverile con media anno 2015 nella provincia di Torino



**Figura 35** Piombo confronto della media campagna invernale e primaverile con media anno 2015 nella provincia di Torino

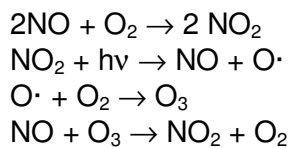


## Ozono

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

I valori più alti di tale inquinante 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).

Durante la campagna primaverile non si sono registrati superamenti dei valori di riferimento della normativa, con un valore medio di 56.7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , e un valore massimo di 123.6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , vedi Tabella 21. In inverno i valori sono molto più bassi dei periodi più caldi, la media dei valori orari è stata di 6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , con una massima media oraria di 152  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; non si sono registrati superamenti.

Dal grafico in Figura 36, si può vedere che comunque i valori di picco sono superiori alle altre stazioni usate come confronto, soprattutto nei valori massimi.

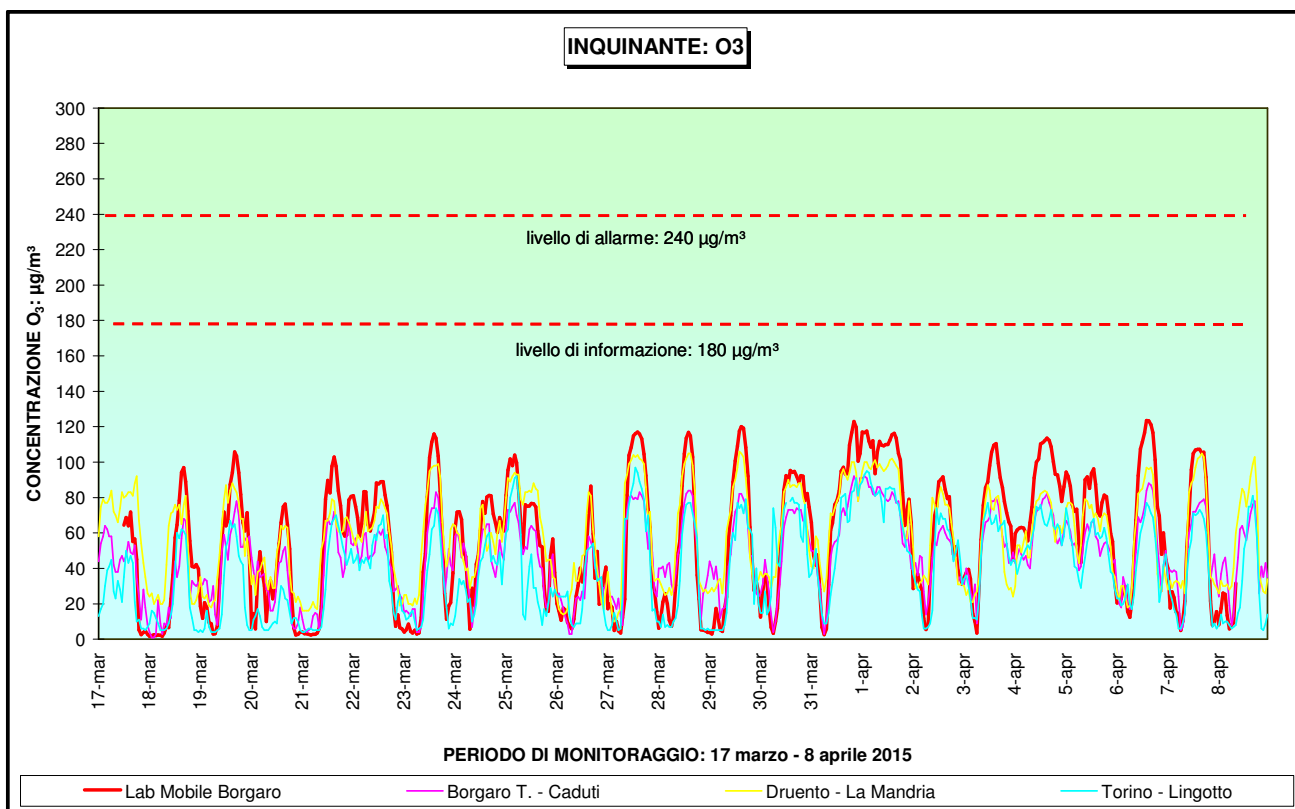
Nel grafico di Figura 38 invece è possibile notare la correlazione dei dati di ozono con i valori di radiazione solare, a confronto nelle due campagne di monitoraggio. Come si può notare le più elevate temperature primaverili ed il maggiore irraggiamento solare hanno favorito una superiore formazione di ozono nella campagna primaverile rispetto a quella invernale.

I valori più alti di ozono sono però tipici del periodo estivo, l'ozono infatti viene prodotto in atmosfera a partire da altri inquinanti a seguito di reazioni di tipo fotochimico, per cui è un inquinante critico nei mesi più caldi dell'anno.

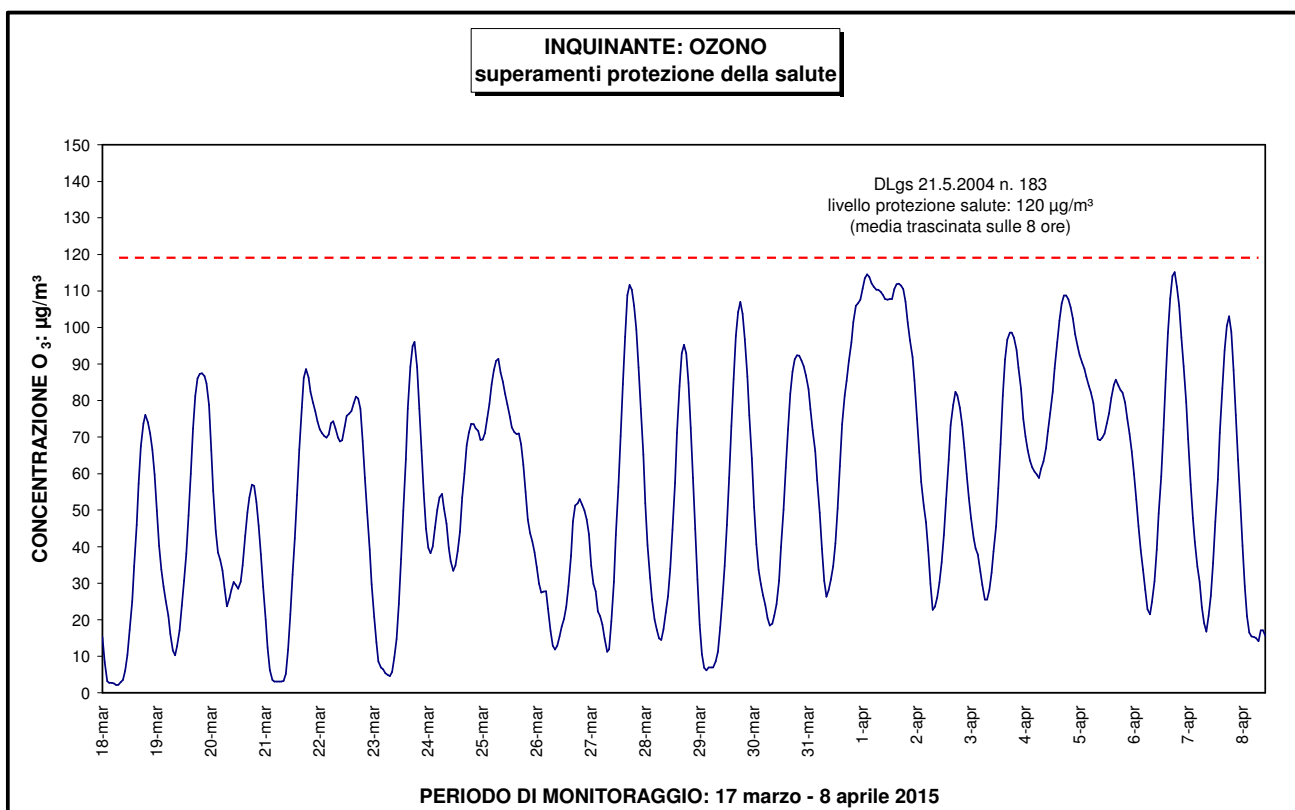
**Tabella 21**– Dati relativi all’ozono (O<sub>3</sub>) (µg/m<sup>3</sup>)

	Primavera	Inverno
Minima media giornaliera	31.3	2
Massima media giornaliera	102.6	13
Media delle medie giornaliere (b):	57.2	6
Giorni validi	20	23
Percentuale giorni validi	91%	100%
Media dei valori orari	56.7	6
Massima media oraria	123.6	52
Ore valide	492	548
Percentuale ore valide	93%	99%
Minimo medie 8 ore	2.2	2
Media delle medie 8 ore	57.0	6
Massimo medie 8 ore	115.2	31
Percentuale medie 8 ore valide	92%	99%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (120)</u>	<b>0</b>	<b>0</b>
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h &gt; 120)</u>	<b>0</b>	<b>0</b>
<u>Numero di superamenti livello informazione (180)</u>	<b>0</b>	<b>0</b>
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello informazione (180)</u>	<b>0</b>	<b>0</b>
<u>Numero di valori orari superiori al livello allarme (240)</u>	<b>0</b>	<b>0</b>
<u>Numero di superamenti livello allarme (240 per almeno 3 ore consecutive)</u>	<b>0</b>	<b>0</b>
<u>Numero di giorni con almeno un valore superiore al livello allarme (240)</u>	<b>0</b>	<b>0</b>

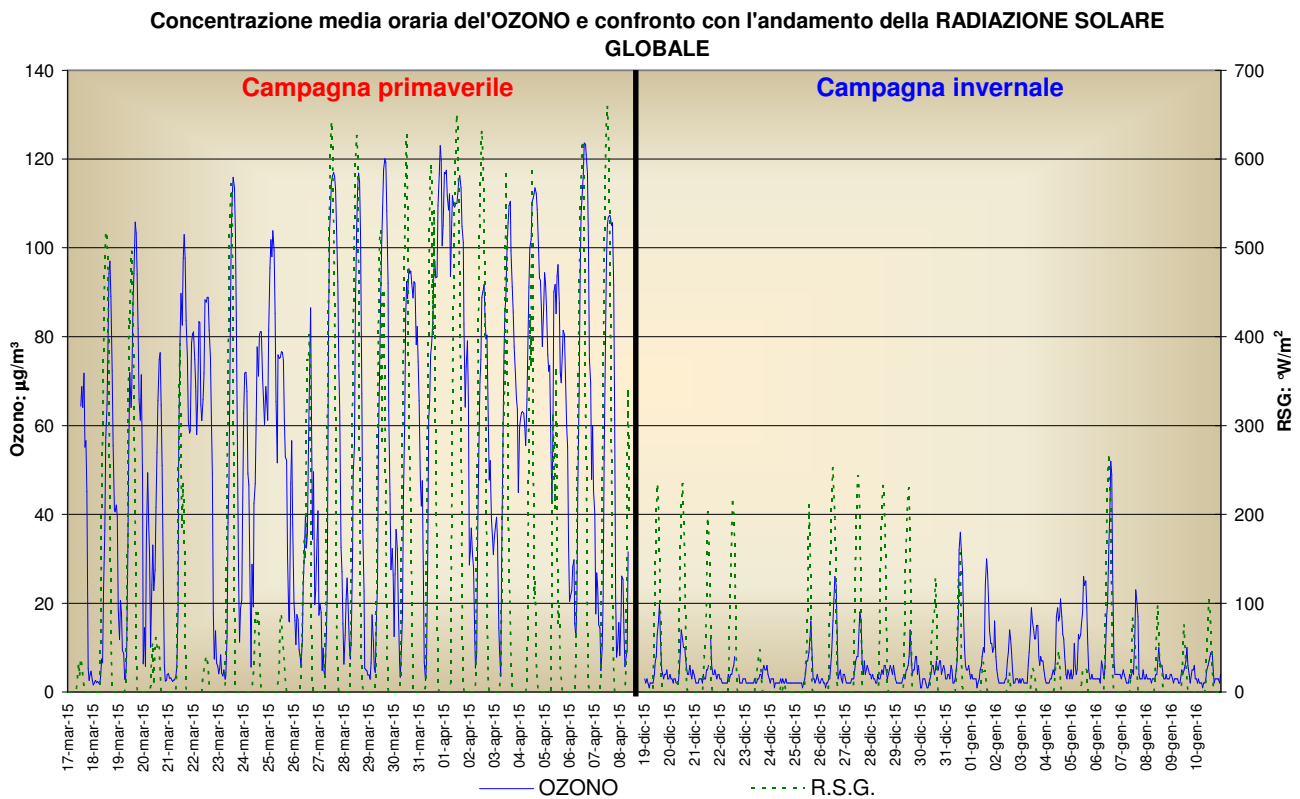
**Figura 36** – O<sub>3</sub>: andamento della concentrazione oraria e confronto con i limiti di legge nel periodo primaverile



**Figura 37**– O<sub>3</sub>: confronto con i limiti di legge (media trascinata sulle 8 ore)



**Figura 38** - O<sub>3</sub> - andamento della concentrazione oraria e confronto con radiazione solare globale

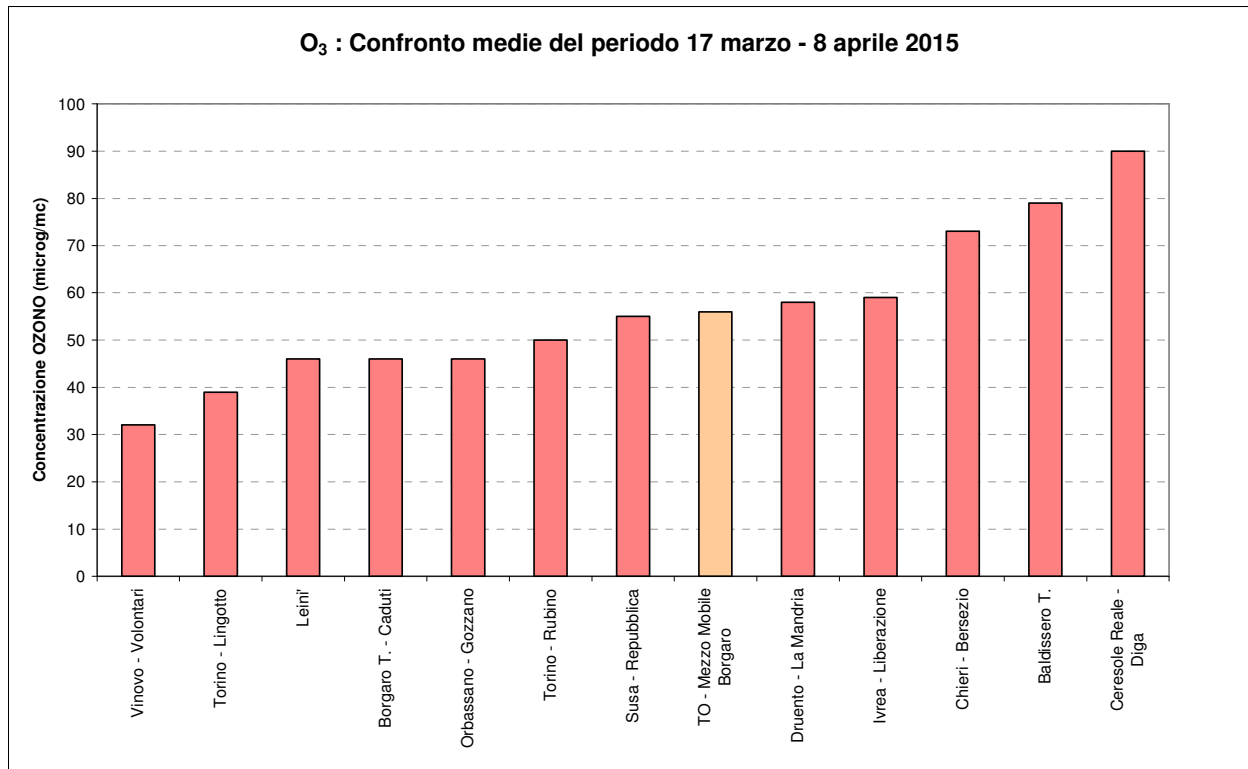


Nella Figura 39 si riporta il confronto tra i valori ed i superamenti registrati a Borgaro Torinese con il laboratorio mobile e gli analoghi valori misurati nelle altre stazioni della rete fissa.

Rispetto alla media del periodo monitorato, il sito di Borgaro (Mappano) presenta un valore medio superiore a quello della stazione fissa dello stesso Comune e dei valori più prossimi a stazioni come Druento e Ivrea. Poiché la stazione fissa di Borgaro non rispetta il valore obiettivo per la protezione della salute umana, è del tutto presumibile che, come d'altra parte avviene per questo inquinante su tutto il territorio, se il monitoraggio fosse stato effettuato nei mesi estivi anche il sito di Mappano avrebbe presentato la stessa criticità.



**Figura 39**– O<sub>3</sub> confronto delle medie del periodo 17 marzo – 8 aprile 2015



## **CONCLUSIONI**

Lo stato della qualità dell'aria che emerge dalla campagna di monitoraggio nella frazione Mappano del comune di Borgaro Torinese risulta intermedio tra quello misurato in siti maggiormente influenzati dal traffico urbano, come Settimo Torinese, e in siti nei quali la stazione è collocata in area residenziale non direttamente soggetta a fonti primarie di emissione, quale la stazione fissa di Borgaro Torinese in via Italia.

Le soglie di allarme non sono mai state superate per gli inquinanti (ozono, biossido di zolfo e biossido di azoto), per i quali la normativa prevede tale tipo di limite; sono inoltre stati rispettati i valori limite per la protezione della salute umana su base oraria e giornaliera per biossido di zolfo, monossido di carbonio e biossido di azoto ovvero tutti gli inquinanti per i quali sono previsti dalla normativa specifici valori di riferimento sul breve periodo, ad eccezione del particolato atmosferico PM10. Infatti, per quest'ultimo sono stati registrati sedici superamenti del valore limite giornaliero per la protezione della salute ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ); il numero massimo di giorni di superamento consentito dalla normativa è di 35 in un anno civile.

Per quanto riguarda il rispetto di tale valore limite, il confronto con i valori rilevati dalle altre stazioni provinciali nello stesso periodo mostra come i valori siano tipici di quella di una stazione di fondo urbano. Poiché le stazioni fisse che hanno mostrato nel periodo di monitoraggio un numero di giorni di superamento molto simile al sito in esame (Fig. 26) presentano tutte su base annuale il superamento del numero massimo di giorni consentiti, è del tutto presumibile che il valore limite non sia rispettato anche nel sito della frazione Mappano. Si tratta peraltro di una situazione che non è caratteristica del sito in esame ma comune a tutta l'area di pianura del territorio provinciale.

Per quanto riguarda il valore limite su base annuale del PM10, è stata calcolata una stima della media annuale sulla base dei valori registrati a Leinì, ottenendo una media di  $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , inferiore quindi al valore limite annuale per il PM10

Per quanto riguarda il PM2.5 la stima del valore medio annuale, pari a  $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , è leggermente inferiore al valore limite di  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  previsto dal D.Lgs 155/2010

I dati di PM2.5 acquisiti mostrano come la frazione che compone il PM10 sia costituita per una percentuale significativa da particolato secondario, come è peraltro caratteristico dell'area urbana torinese.

Le stime dei valori annuali di benzene e benzo(a)pirene, non hanno evidenziato superamenti dei limiti previsti per questi parametri.

Il valore stimato di media annuale per tutti i metalli di cui la normativa prevede la determinazione sul particolato (piombo, arsenico, cadmio e nichel) è abbondantemente inferiore al valore obiettivo in vigore.

Nel loro insieme i dati registrati mostrano, per il periodo monitorato, una situazione priva di specifiche criticità.

## **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 SO<sub>2</sub> nell'aria ambiente.

  - ✓ Campo di misura: 0 ÷ 2000 ppb;
  - ✓ Limite inferiore di rivelabilità < 1 ppb.
  
- **Ossidi di azoto** **MONITOR EUROPE ML 9841B**

Analizzatore reazione di chemiluminescenza classificato da EPA quale metodo di riferimento per la misura della concentrazione di NO/NO<sub>x</sub>.

  - ✓ Campo di misura: 0 ÷ 20000 ppb;
  - ✓ Limite inferiore di rivelabilità : 0.5 ppb.
  
- **Ozono** **MONITOR EUROPE ML 9810B**

Analizzatore ad assorbimento ultravioletto classificato da EPA per la misura delle concentrazioni di O<sub>3</sub> 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 e PM2.5** **TECORA CHARLIE AIR GUARD PM**

Campionatore di particolato sospeso PM10 – PM2.5; campionamento delle particelle sospese con diametro aerodinamico inferiore a 10 e 2.5 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**

Gasromatografo con doppia colonna, rivelatore PID (fotoionizzazione)

  - ✓ Campo di misura benzene: 0 ÷ 324 µg/m<sup>3</sup>
  - ✓ Campo di misura toluene: 0 ÷ 766 µg/m<sup>3</sup>
  - ✓ Campo di misura xileni : 0 ÷ 442 µg/m<sup>3</sup>