

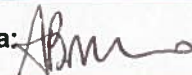

**DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI TORINO**  
**Struttura Semplice "Attività di Produzione"**

**OGGETTO:**

**CAMPAGNA DI RILEVAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA CON UTILIZZO DEL LABORATORIO MOBILE  
 NEL COMUNE DI PIOSSASCO, via susa 42**

**RELAZIONE FINALE (12 dicembre 2012 - 14 gennaio 2013 e 22 agosto - 18 settembre 2013)**



<b>Redazione</b>	<b>Funzione: Collaboratore Tecn. Professionale</b> <b>Nome: Dott.ssa Annalisa Bruno</b>	<b>Data:</b> 18/06/14	<b>Firma:</b> 
<b>Verifica e approvazione</b>	<b>Funzione: Dirigente con incarico professionale presso la S.S. di Produzione</b> <b>Nome: Dott. Francesco Lollobrigida</b>	<b>Data:</b> 18/06/14	<b>Firma:</b> 



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, sig. Fabio Pittarello, sig. Francesco Romeo, ing. Milena Sacco, sig. Vitale Sciortino, sig. Roberto Sergi, coordinati dal Dirigente con incarico professionale Dott. Francesco Lollobrigida.

Si ringraziano l'assessore e il personale degli Uffici Tecnici del Comune di Piossasco per la collaborazione prestata.

## INDICE

---

<b>CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO .....</b>	<b>5</b>
<i>L'aria e i suoi inquinanti.....</i>	<i>6</i>
<b>IL LABORATORIO MOBILE .....</b>	<b>8</b>
<b>IL QUADRO NORMATIVO .....</b>	<b>8</b>
<b>LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO.....</b>	<b>11</b>
<i>Obiettivi della campagna di monitoraggio .....</i>	<i>12</i>
<i>Elaborazione dei dati meteorologici .....</i>	<i>15</i>
<b>Elaborazione dei dati relativi agli inquinanti atmosferici.....</b>	<b>23</b>
Biossido di zolfo .....	24
Monossido di Carbonio .....	27
Ossidi di Azoto .....	30
Benzene e Toluene.....	36
Particolato Sospeso (PM10).....	40
Particolato Sospeso (PM2.5).....	46
Ozono .....	48
<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>53</b>
<b>APPENDICE - SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI .....</b>	<b>55</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 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.

<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 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<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 verranno definite con Decreto del Ministero dell'Ambiente (art. 12 D. Lgs. 155/2010). Questi due ultimi indicatori esulano quindi dall'ambito della presente relazione.

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

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

**Tabella 2 – Valori limite per alcuni inquinanti atmosferici.**

INQUINANTE	LIMITE	PERIODO DI MEDIAZIONE	VALORE DI RIFERIMENTO	SUPERAMENTI CONCESSI	DATA PER IL RISPETTO DEL LIMITE
BIOSSIDO DI ZOLFO (SO <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
PARTICELLE (PM <sub>2.5</sub> )	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	25 µg/m <sup>3</sup>		1-gen-2015
BENZENE	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	5 µg/m <sup>3</sup>	---	1-gen-2010

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

INQUINANTE	LIMITE	PARAMETRO	VALORE DI RIFERIMENTO	SUPERAMENTI CONCESSI	DATA PER IL RISPETTO DEL LIMITE
OZONO (O <sub>3</sub> ) (D.Lgs. 13/08/2010 n.155)	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. 13/08/2010 n.155)	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 4 – Valori obiettivo per arsenico, cadmio e nichel (D.Lgs. 13/08/2010 n.155).**

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 nel Comune di Piossasco è stata promossa dalla Provincia di Torino in collaborazione con Arpa Piemonte - dipartimento di Torino, in seguito alle richieste dell'Amministrazione Comunale (*Riferimento prot. n. 17754/11 del 20/10/2011*) di effettuare una valutazione della qualità dell'aria nel proprio territorio ed in particolare lungo la strada provinciale 589 al fine di verificare l'inquinamento atmosferico da traffico veicolare.

È la seconda volta che viene svolta una valutazione specifica della qualità dell'aria del Comune di Piossasco; Arpa ha infatti già effettuato in passato due campagne di monitoraggio sul territorio, ad aprile 2007 e febbraio 2008. La relazione conclusiva delle campagne svolte rilevava che le criticità del territorio erano comparabili con quelle di siti simili della provincia di Torino.

Gli inquinanti che presentavano dei superamenti erano ozono nel periodo estivo e PM<sub>10</sub> in entrambe le campagne di misura.

Per il periodo 2012-2013 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 invernale (dicembre 2012 - gennaio 2013), mentre la seconda si è svolta d'estate.

Il 6 novembre 2012 è stato effettuato un sopralluogo nel territorio comunale per la scelta del sito di monitoraggio. Si è deciso, come già richiesto dall'amministrazione comunale, di considerare idoneo al posizionamento della stazione mobile il sito già utilizzato per le campagne di monitoraggio precedenti, le cui caratteristiche geografiche vengono di seguito riassunte:

MEZZO DI MISURA	PERIODO I e II campagna	INDIRIZZO	Coordinate UTM (S.R. WGS84)	
Mobilab Arpa presso Piossasco	I: 12/12/12 – 14/01/13 II: 22/08/2013 – 18/09/2013	Via Susa 42 - Piossasco	EST: 379228	NORD: 4983450

Il luogo prescelto si trova a lato della strada provinciale 589, interessata da un intenso flusso di traffico veicolare in entrambe le direzioni e principale fonte di preoccupazione per la qualità dell'aria per l'Amministrazione comunale e gli abitanti.

La **Figura 1** e la **Figura 2** evidenziano sulla cartografia del comune di Piossasco, il luogo scelto per il posizionamento del Mezzo Mobile di rilevazione della qualità dell'aria. La **Figura 3** mostrano il dettaglio fotografico del sito di campionamento e del Laboratorio Mobile.

Il monitoraggio della prima campagna è stato condotto dal 12 dicembre 2012 al 14 gennaio 2013, quando il mezzo è stato spento e spostato in altro sito. La seconda campagna di misura si è svolta nella stagione estiva, dal 22 agosto al 18 settembre 2013. Durante la campagna estiva tuttavia è stato necessario interrompere le misurazioni dal 6 al 9 settembre 2013 per potere svolgere una manutenzione programmata del laboratorio mobile. Il 10 settembre il mezzo mobile è stato riposizionato a Piossasco dove è rimasto fino alla fine prevista della campagna.

Si noti che per ragioni tecniche le elaborazioni effettuate hanno preso in considerazione solo i giorni di campionamento completi; nello specifico i dati utili per l'effettuazione delle elaborazioni sono

compresi tra il 13 dicembre 2012 e il 13 gennaio 2013 per la prima campagna e tra il 23 agosto e il 17 settembre 2013 per la seconda (fatta salva l'interruzione di cui sopra).

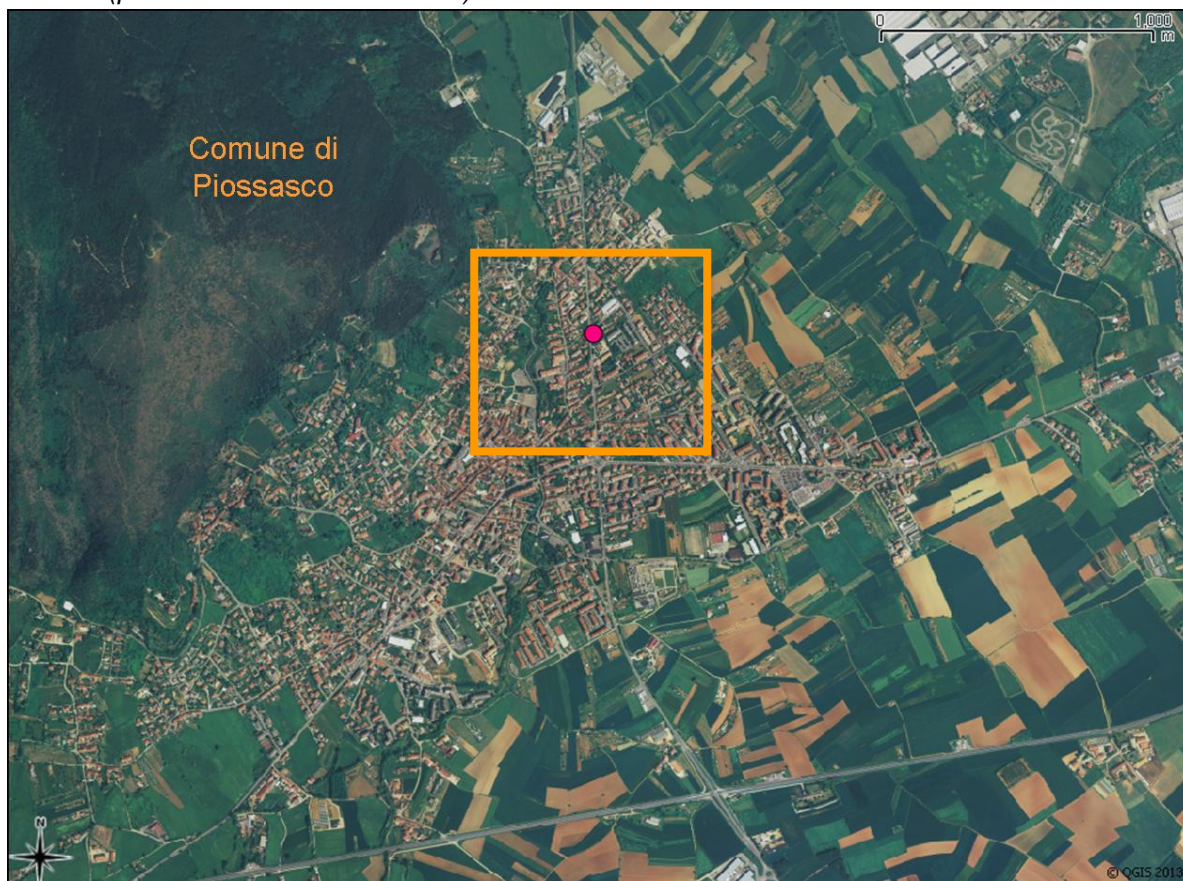
Per una corretta interpretazione dei dati va sottolineato che le concentrazioni di inquinanti atmosferici rilevate dal laboratorio mobile in uno specifico sito sono riferire ai contributi dell'insieme delle fonti presenti, nonché all'eventuale trasporto da altre aree, in particolare per quanto riguarda inquinanti a carattere parzialmente o totalmente secondario, come biossido di azoto, PM<sub>10</sub> 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 quindi possibile fare solo delle stime sulle concentrazioni annue dei due principali inquinanti normati: NO<sub>2</sub> e PM<sub>10</sub>. 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 1** - Ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Piossasco (punto evidenziato in fucsia).



**Figura 2 - Ubicazione del Laboratorio Mobile a Piossasco – dettaglio del sito (punto fucsia).**



**Figura 3- Ubicazione del Laboratorio Mobile nel comune di Piossasco.**



## 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 <sup>2</sup>

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

MEZZO MOBILE c/o PIOSSASCO (1)	RADIAZIONE SOLARE GLOBALE		TEMPERATURA		UMIDITA' RELATIVA		PRESSIONE ATMOSFERICA		VELOCITA' VENTO	
	W/m <sup>2</sup>		°C		%		mbar		m/s	
	Inverno	Estate	Inverno	estate	Inverno	estate	Inverno	estate	Inverno	estate
Minima media giornaliera	3.0	16	-1.1	15.3	46	48	975	969	0.2	0.6
Massima media giornaliera	88	204	8.6	23.4	99	90	999	988	1.6	1.2
Media delle medie giornaliere	48	159	2.6	19.8	82	68	985	981	0.6	0.8
Giorni validi	32	19	32	19	32	19	32	21	27	21
Percentuale giorni validi	100%	73%	100%	73%	100%	73%	100%	81%	84%	81%
Media dei valori orari	48	160	2.6	19.8	82	68	985	980	0.6	0.8
Massima media oraria	461	910	16.6	29.8	99	99	1000	990	5.6	3.7
Ore valide	768	481	768	480	768	480	768	529	679	517
Percentuale ore valide	100%	77%	100%	77%	100%	77%	100%	85%	88%	83%

(1) Campagna invernale: 13 dicembre 2012 - 13 gennaio 2013; campagna estiva: 23 agosto - 17 settembre 2013.

Durante la seconda campagna è stato necessario interrompere il campionamento per 4 giorni, dal 6 al 9 settembre 2013 per poter svolgere un intervento di manutenzione del Mezzo Mobile programmato da tempo. Il 10 settembre il Laboratorio Mobile è stato riposizionato lungo la statale 589 dove è rimasto fino alla fine della campagna, il 18 settembre 2013.

La **Figura 4** 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 d'inverno, quando i valori massimi nelle ore centrali della giornata raggiungono i  $400 \text{ W/m}^2$  e più alta durante la campagna estiva con valori che si attestano in genere tra i  $700$  e gli  $800 \text{ W/m}^2$  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. Nella campagna estiva inoltre si notano giornate - 25, 26 e 30 agosto - caratterizzate da temporali che si esauriscono completamente nelle ore notturne e non influenzano l'intensità luminosa diurna.

La temperatura media durante la campagna invernale (**Figura 5**) è stata di  $2.6 \text{ }^\circ\text{C}$ . Il valore minimo orario, di  $-4.1 \text{ }^\circ\text{C}$ , si è raggiunto il 13 dicembre 2012, mentre il valore massimo è stato misurato il 4 gennaio 2013 con  $16.6 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Durante la campagna estiva la temperatura media è stato di  $19.8 \text{ }^\circ\text{C}$ . Il valore minimo orario si è raggiunto il 16 settembre 2013 ( $10.3 \text{ }^\circ\text{C}$ ), mentre il valore massimo è stato rilevato il 3 settembre con  $29.8 \text{ }^\circ\text{C}$ .

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 5**). Tale tendenza è evidente sia nella campagna invernale sia in quella estiva, ad eccezione dei giorni caratterizzati da intense precipitazioni.

Il campo pressorio durante la campagna invernale si è attestato tra i  $970$  ed i  $1000$  mbar circa (**Figura 6**). Nel periodo estivo l'escursione della pressione atmosferica è stata leggermente più ristretta, collocandosi tra i  $970$  e  $990$  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 estiva è stata invece caratterizzata da precipitazioni intense concentrate nella prima settimana di monitoraggio. In particolare dal 24 al 30 agosto sono caduti complessivamente più di  $70$  millimetri di pioggia.

La direzione di provenienza dei venti principali durante le due campagne svolte nel 2012-2013 conferma quanto già emerso dalla campagna di monitoraggio effettuata da Arpa Piemonte nel periodo 2007-2008 nello stesso punto di misura (**Figura 8**).

Per quanto riguarda le condizioni meteorologiche, infatti, il territorio indagato è caratterizzato da un regime anemologico con ciclo giornaliero diurno/notturno. Il luogo risente delle brezze di valle e di monte delle vicine vallate alpine. Di giorno viene richiamata l'aria dal fondovalle verso i monti (brezza di valle); di notte l'aria a contatto con la terra si raffredda e scivola verso la valle lungo il fianco delle montagne ( 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.

Le elaborazioni relative alla direzione dei venti del comune di Piossasco (**Figura 9** e **Figura 11**) evidenziano questo quadro anemologico molto bene. Nella campagna invernale (**Figura 9** e **Figura 10**) di giorno il vento proviene da una sola direzione: sud; nelle ore notturne si evidenzia invece la



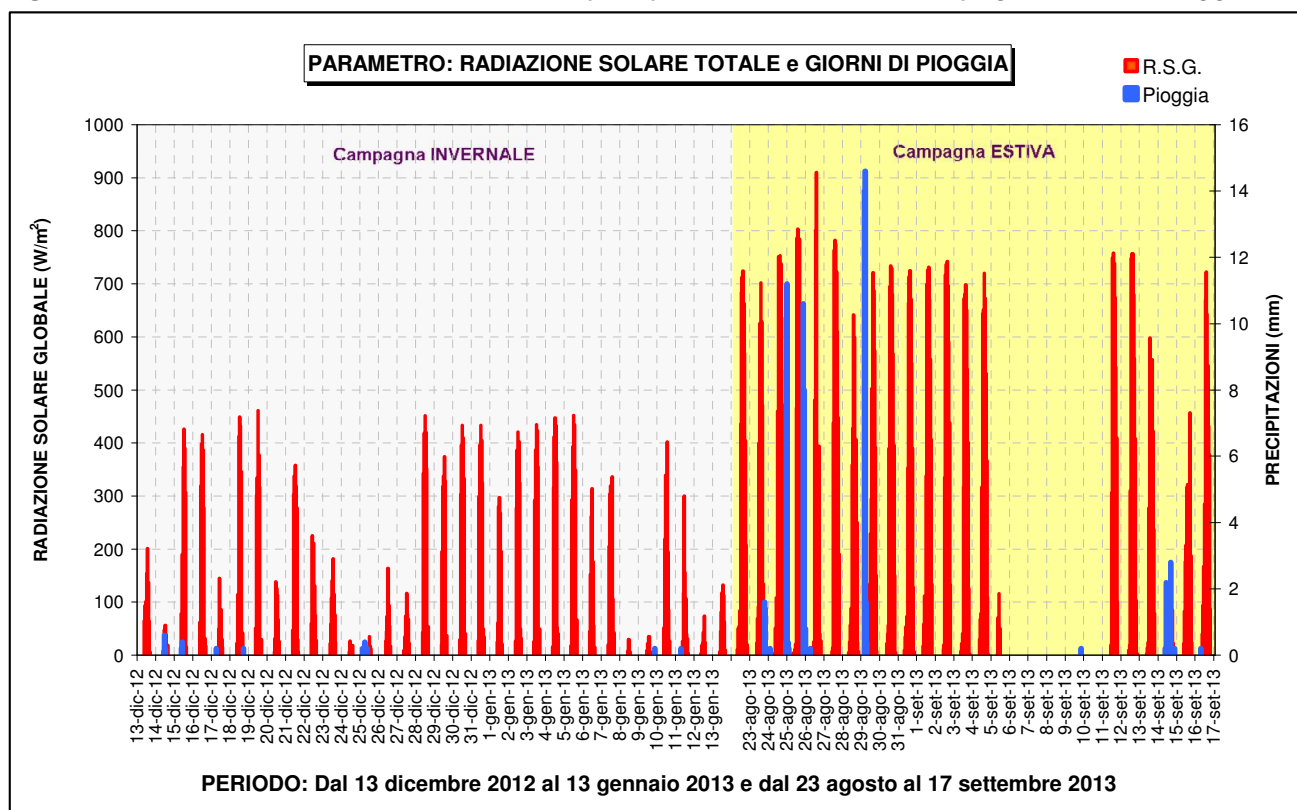
direzione di provenienza opposta: il vento proviene prevalentemente da nord, con una piccola percentuale di provenienza da sud - si tratta con ogni probabilità dello stesso vento diurno che spira anche nelle prime ore della sera o al mattino molto presto. Le percentuali di accadimento del vento sono simili nei due momenti diversi della giornata (**Figura 9**). Come si evince dai grafici con i termini giorno e notte si individuano intervalli orari convenzionali della giornata, che variano durante l'anno in funzione della durata del giorno: in questo caso le ore dalle 10:00 alle 16:00 individuano il giorno e quelle dalle 17:00 alle 9:00 l'intervallo notturno.

Nella campagna estiva (**Figura 11 e Figura 12**) le direzioni prevalenti dei venti rimangono pressoché invariate: sud per il giorno, nord per la notte. C'è inoltre una piccola percentuale di vento proveniente da nord durante il giorno, dovuto probabilmente al cambio dell'estensione dell'intervallo orario diurno. D'estate il giorno convenzionale inizia prima e finisce dopo rispetto al periodo invernale, arrivando così a comprendere anche qualche ora pomeridiana in cui già spira la brezza di monte - di provenienza settentrionale nel caso di studio.

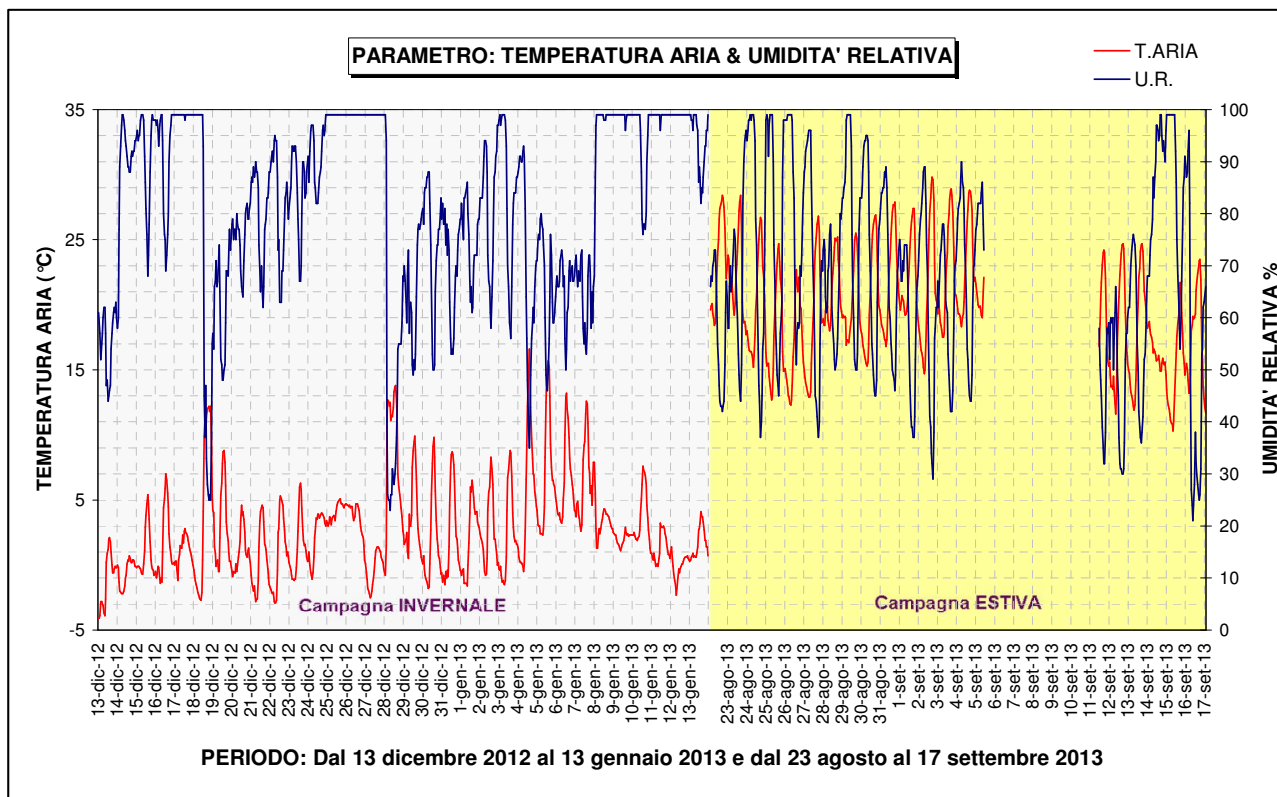
In estate inoltre le percentuali di calme di vento - velocità inferiore a 0.5 metri al secondo - diminuiscono rispetto al periodo invernale, soprattutto di notte dove praticamente si dimezzano - dal 56 al 25.3%. Anche la velocità media giornaliera aumenta leggermente d'estate, ad indicare una maggiore dinamicità meteorologica della stagione più calda.

In definitiva nel comune di Piossasco il vento si muove lungo l'asse nord-sud, approssimativamente la stessa direzione della strada statale indagata nel presente studio. L'intensità del vento non varia tra il giorno e la notte, cambia solo la direzione: dal centro verso la periferia di giorno, nel senso inverso di notte (**Figura 13 e Figura 14**).

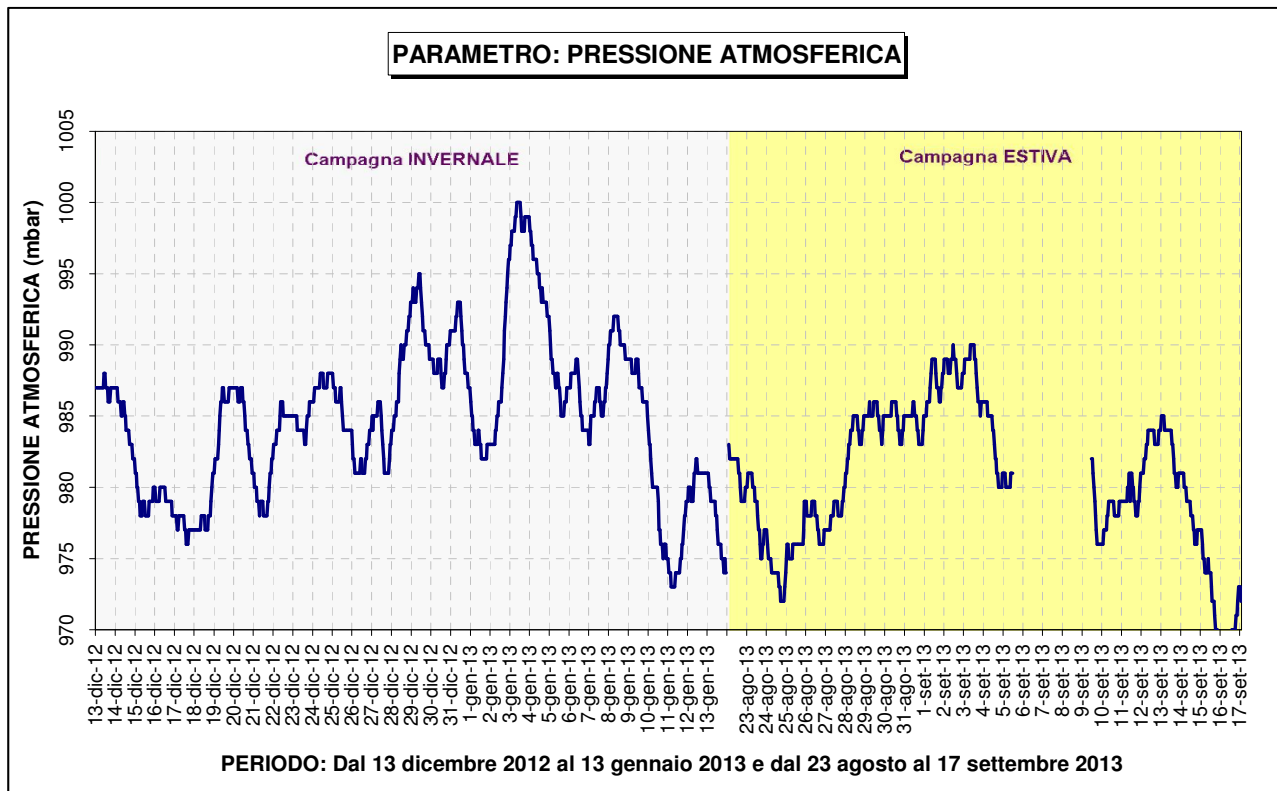
**Figura 4 - Andamento di radiazione solare e precipitazioni durante le campagne di monitoraggio.**



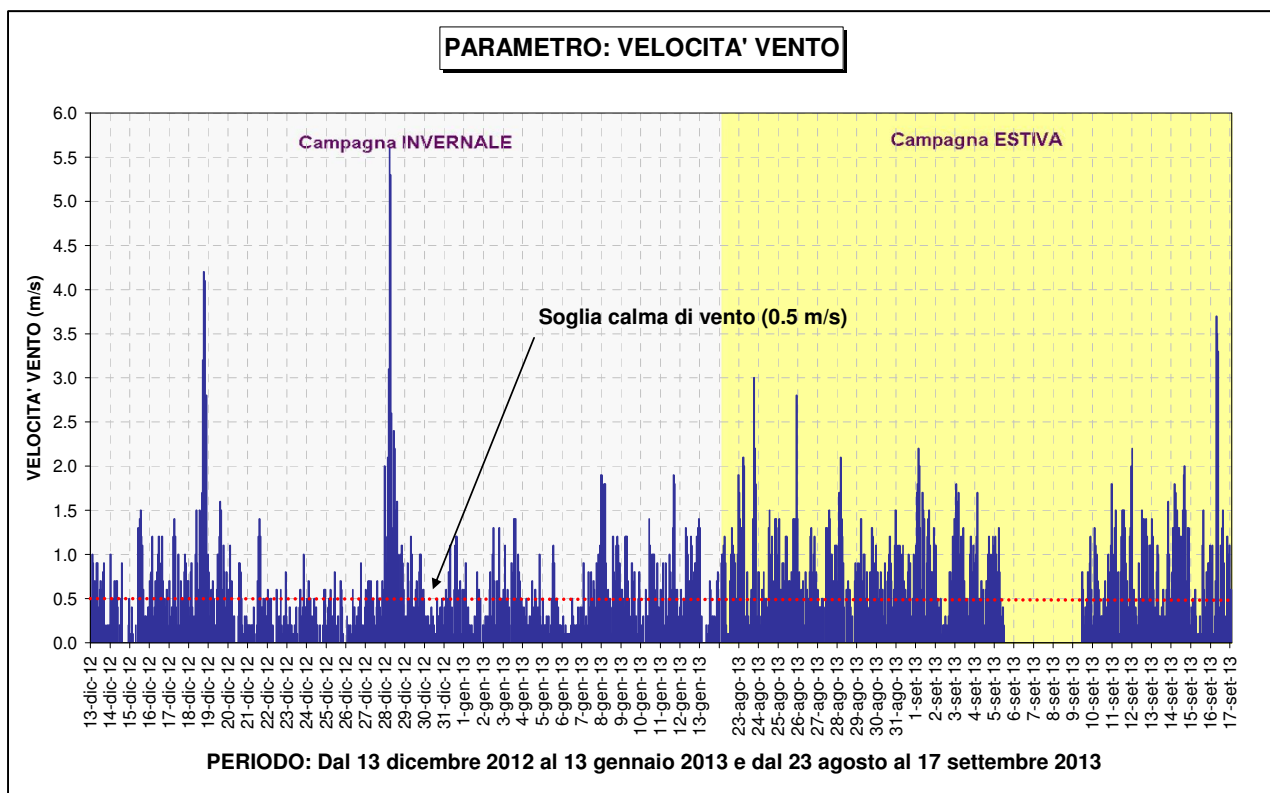
**Figura 5 - Andamento di temperatura e umidità relativa durante la campagna di monitoraggio.**



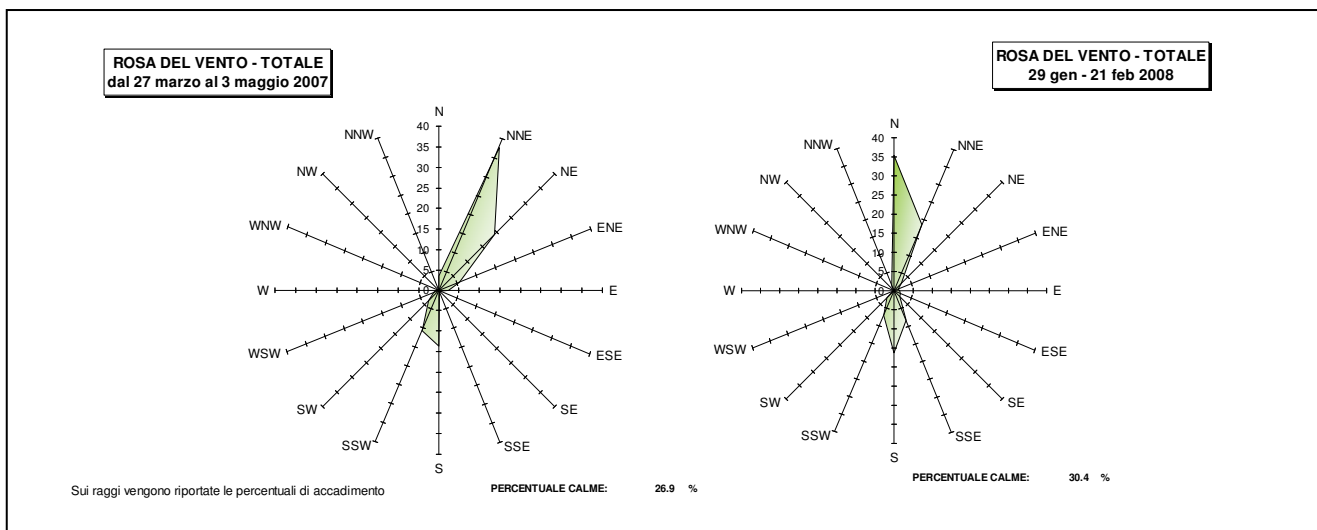
**Figura 6 - Andamento della pressione atmosferica nel corso delle campagne di monitoraggio.**



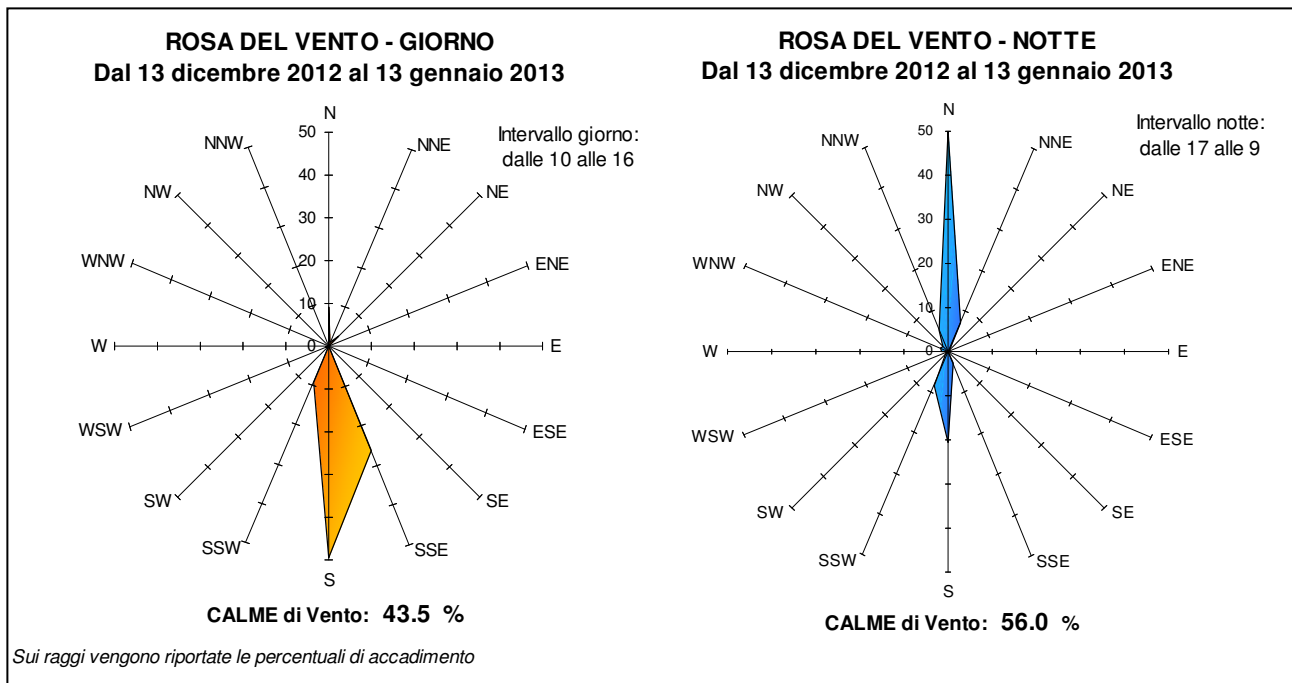
**Figura 7 -** Andamento della velocità dei venti nel corso della campagna di monitoraggio.



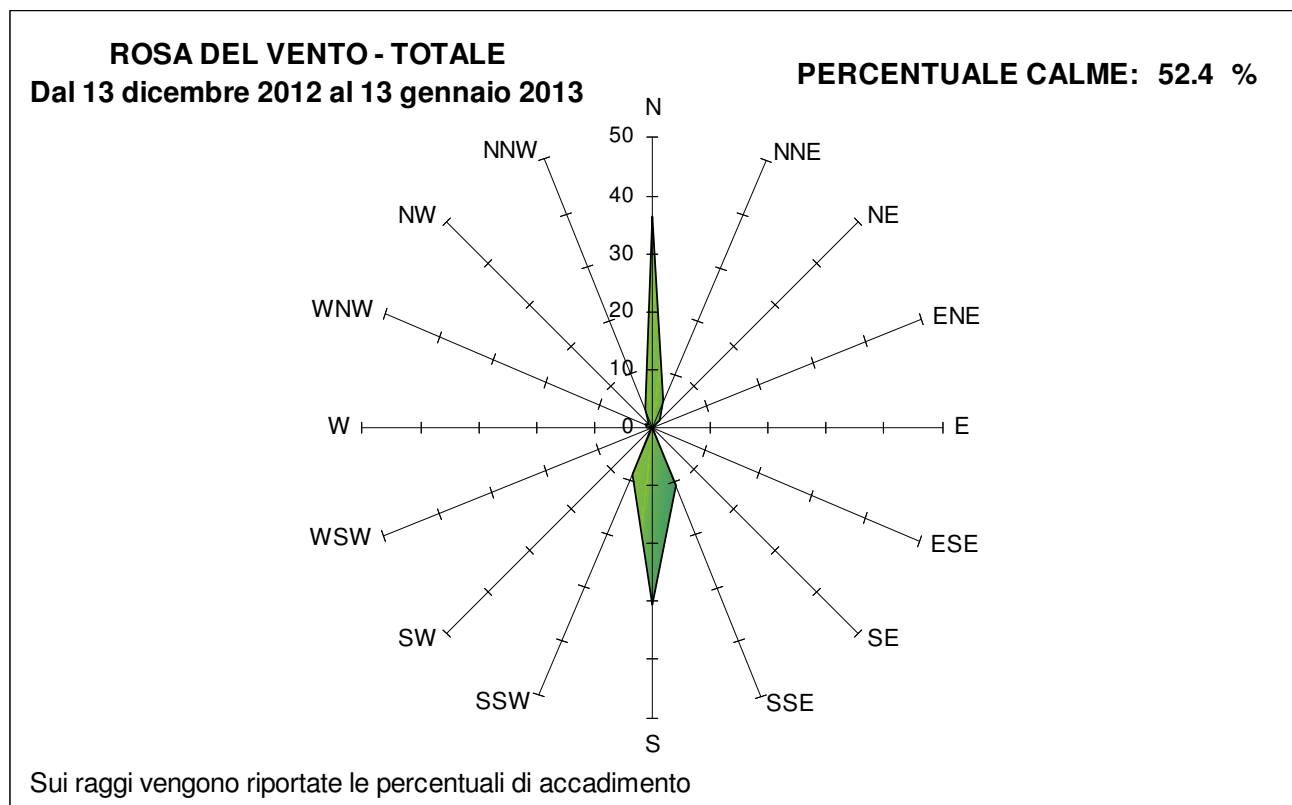
**Figura 8 -** Rosa dei venti totale, diurna e notturna durante le due campagne di misura del monitoraggio nel comune di Piossasco.



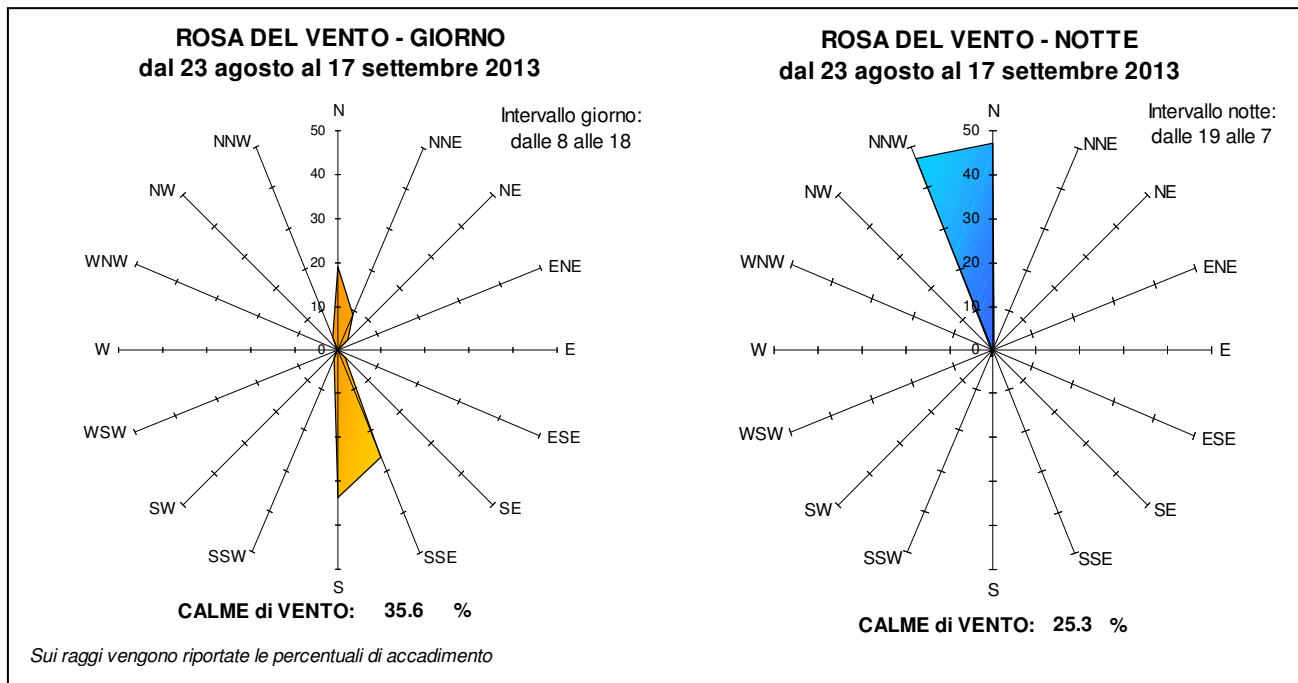
**Figura 9 - Rosa dei venti diurna e notturna durante la prima campagna di misura nel comune di Piossasco.**



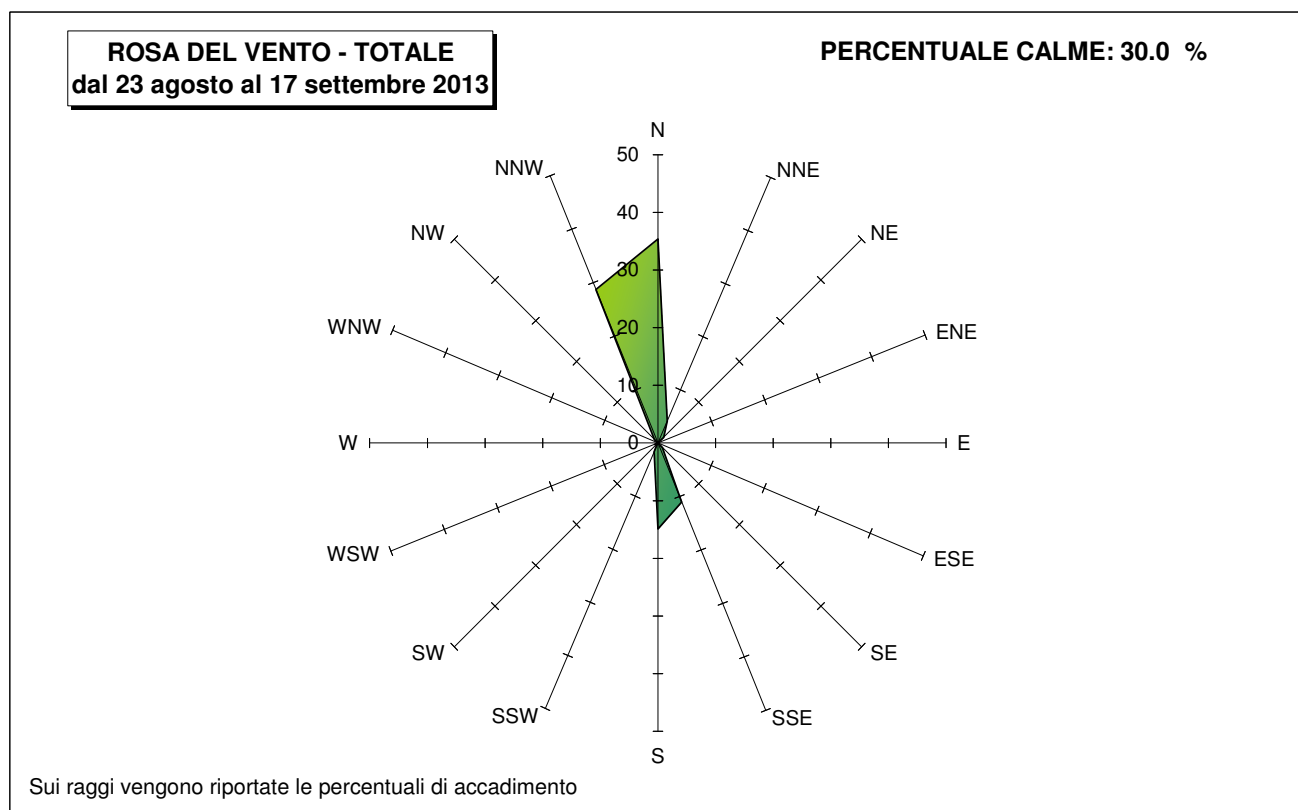
**Figura 10 - Rosa dei venti totale durante la prima campagna di misura nel comune di Piossasco**



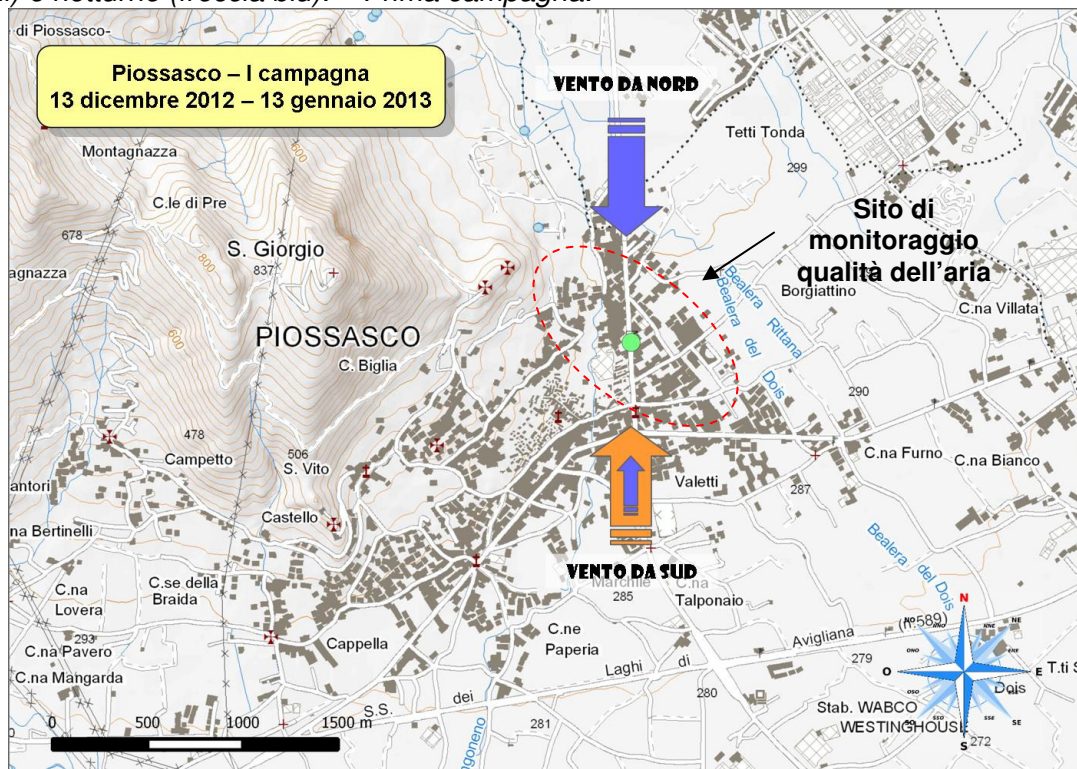
**Figura 11** - Rosa dei venti diurna e notturna durante la seconda campagna di misura nel comune di Piossasco



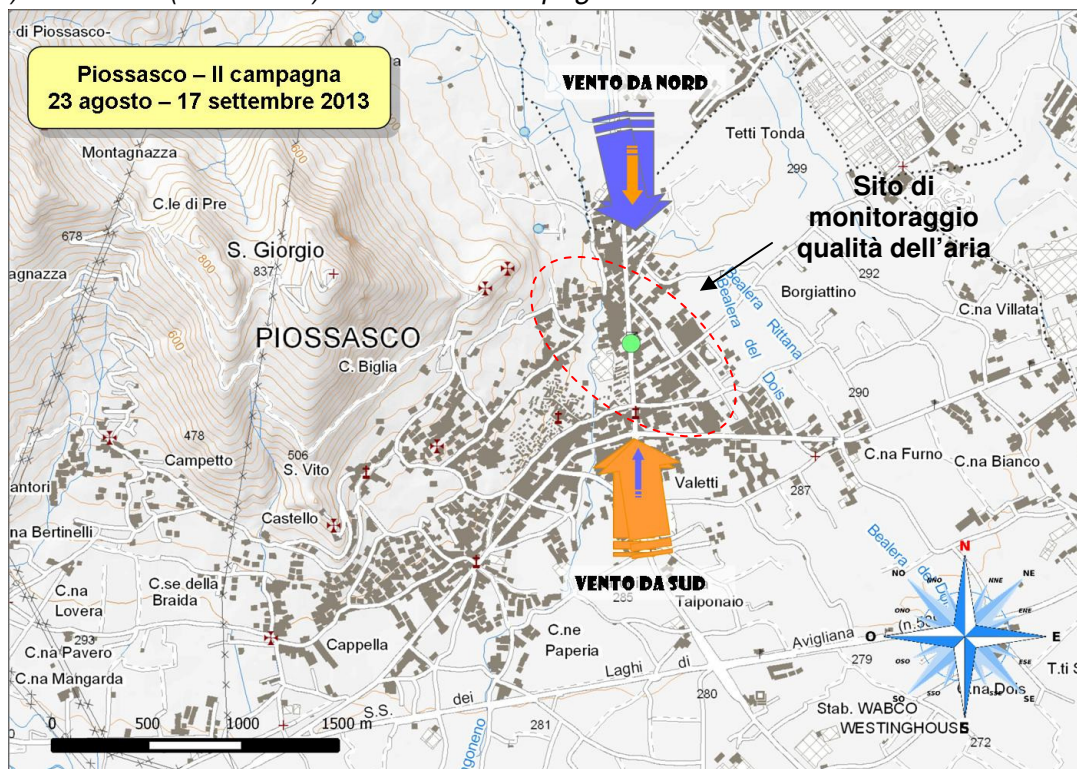
**Figura 12** - Rosa dei venti totale durante la seconda campagna di misura nel comune di Piossasco



**Figura 13** – Piossasco I campagna - Direzione prevalente dei venti nelle ore diurne (freccie arancioni) e notturne (freccia blu). – Prima campagna.



**Figura 14** - Piossasco II campagna - Direzione prevalente dei venti nelle ore diurne (freccie arancioni) e notturne (freccia blu). – Seconda campagna.



## 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 <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	µg/m <sup>3</sup>
Bossido di azoto	NO <sub>2</sub>	µg/m <sup>3</sup>
Biossido di zolfo	SO <sub>2</sub>	µg/m <sup>3</sup>
Monossido di azoto	NO	µg/m <sup>3</sup>
Monossido di carbonio	CO	mg/m <sup>3</sup>
Ozono	O <sub>3</sub>	µg/m <sup>3</sup>
Particolato sospeso PM <sub>10</sub>	PM <sub>10</sub>	µg/m <sup>3</sup>
Toluene	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub>	µg/m <sup>3</sup>

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.

Si ricorda ancora che dal 6 al 9 settembre la seconda campagna di misura – prevista dal 22 agosto al 18 settembre – si è interrotta per potere svolgere una manutenzione programmata del Laboratorio Mobile di qualità dell'aria. Anche i grafici degli inquinanti atmosferici presenteranno quindi in tali date un'interruzione nell'andamento sequenziale dei valori.

## 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 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.

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

Biossido di zolfo	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	1.7	2.3
Massima media giornaliera	12	8
Media delle medie giornaliere (b):	8.9	4.9
Giorni validi	33	18
Percentuale giorni validi	97%	69%
Media dei valori orari	8.94	4.9
Massima media oraria	16	11
Ore valide	789	459
Percentuale ore valide	97%	74%
<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>

I livelli orari e giornalieri del biossido di zolfo misurato nel Comune di Piossasco con il Laboratorio Mobile, sono ampiamente al di sotto dei limiti normativi sia nella prima sia nella seconda campagna di misura. (**Tabella 6 e Figura 15**)

Nel periodo invernale il massimo valore giornaliero (calcolato come media giornaliera sulle 24 ore), è pari a 12 µg/m<sup>3</sup>, di molto inferiore al limite per la protezione della salute di 125 µg/m<sup>3</sup>; la massima media oraria è pari a 16 µg/m<sup>3</sup>, valore pari a poco più del 4% del limite del livello orario per la protezione della salute fissato a 350 µg/m<sup>3</sup> dal D.Lgs. 155/2010. Nella campagna estiva, sia i valori medi sia i valori massimi sono più bassi di quelli misurati d'inverno - 4.9 µg/m<sup>3</sup> la media dei valori orari, 11 µg/m<sup>3</sup> la massima oraria.

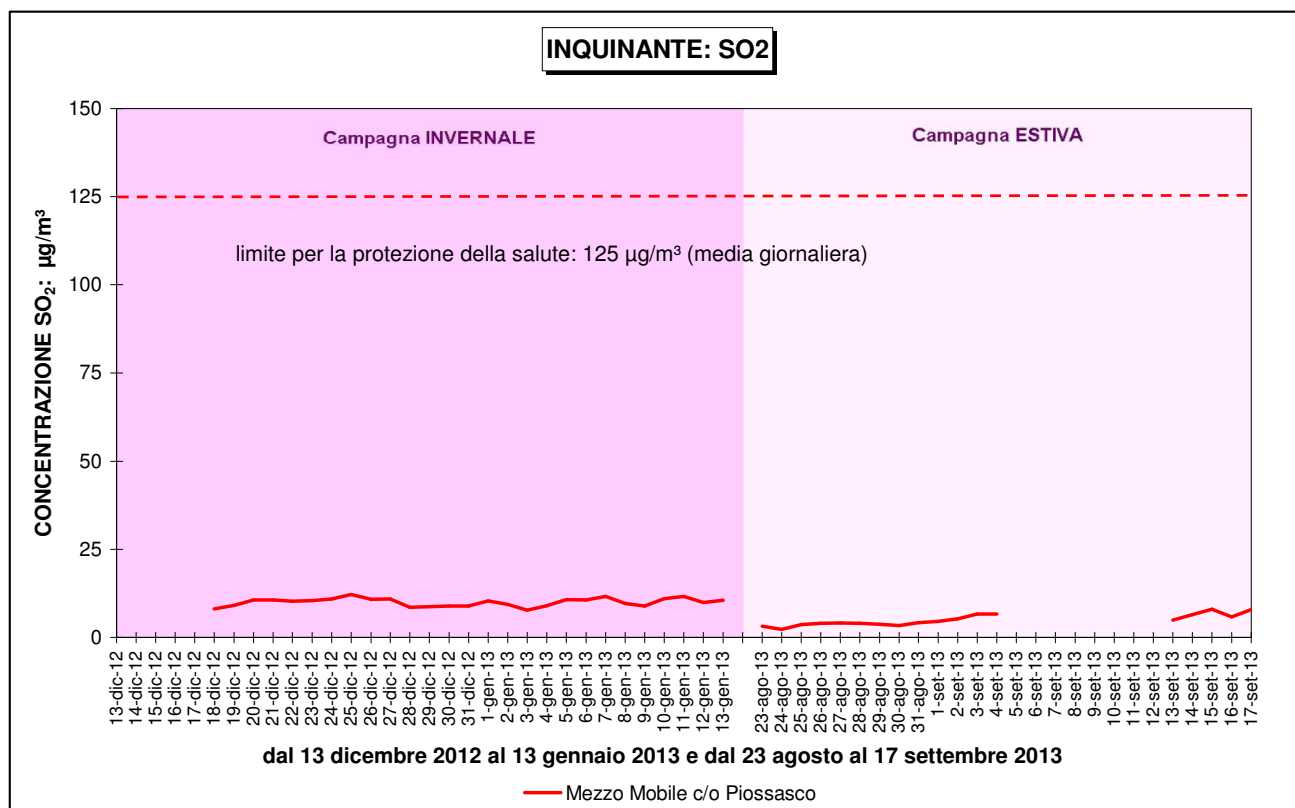


Nella **Figura 16** sono stati messi a confronto gli andamenti di SO<sub>2</sub> della stazione mobile posizionata a Piossasco con i dati di una stazione di traffico urbano della rete fissa di monitoraggio: Torino - Via della Consolata.

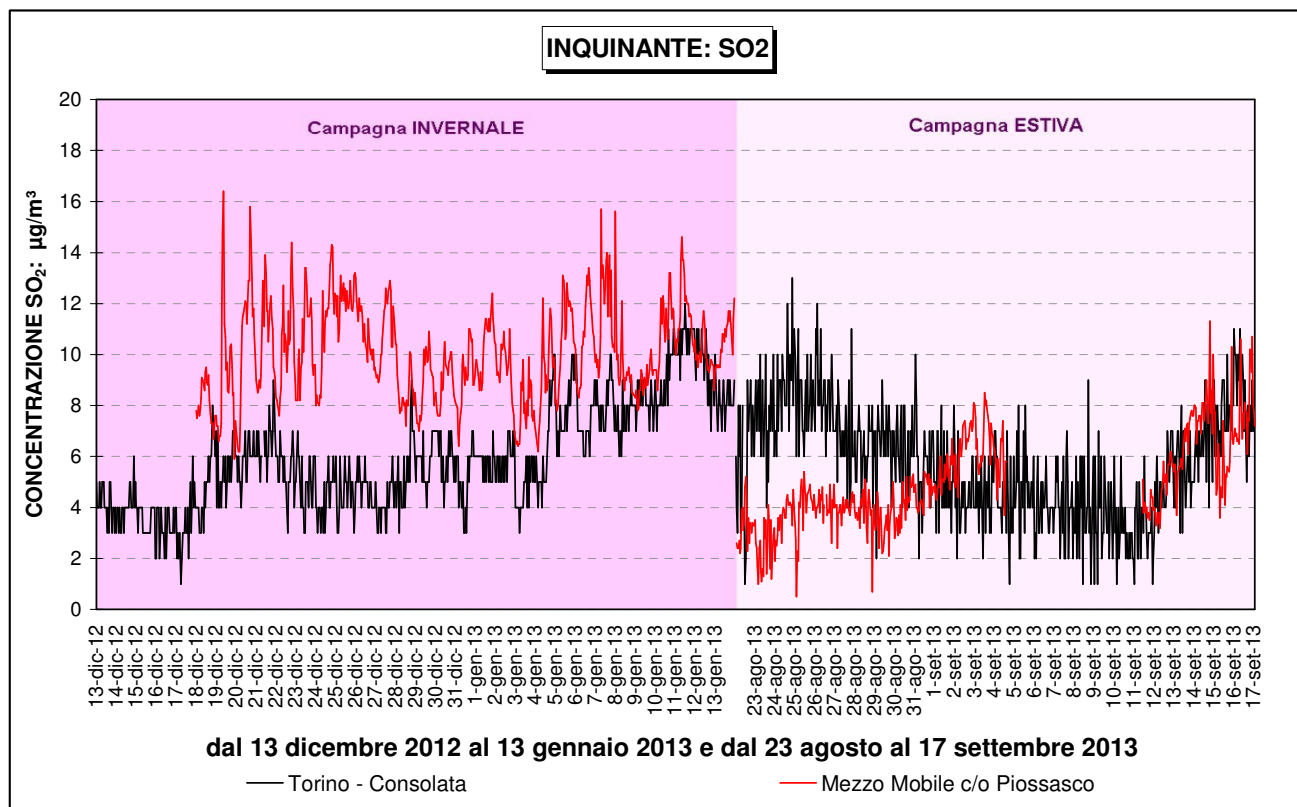
L'andamento di SO<sub>2</sub> del laboratorio mobile risulta per tutta la campagna di monitoraggio invernale leggermente superiore a quello della stazione scelta come riferimento, situata nel centro di Torino. Tuttavia l'aspetto grafico non deve ingannare. Ci troviamo, infatti, in un intervallo di dati molto bassi, per loro natura affetti da un'elevata incertezza strumentale, per cui si può affermare che i valori di SO<sub>2</sub> delle due stazioni messe a confronto sono del tutto comparabili e comunque notevolmente al di sotto del limite massimo giornaliero.

In generale, infatti, 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 SO<sub>2</sub> oramai da diversi anni sono ampiamente al di sotto dei limiti normativi.

**Figura 15 - SO<sub>2</sub>: confronto con il limite di legge (media giornaliera).**



**Figura 16 - SO<sub>2</sub>:** 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 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ).

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.

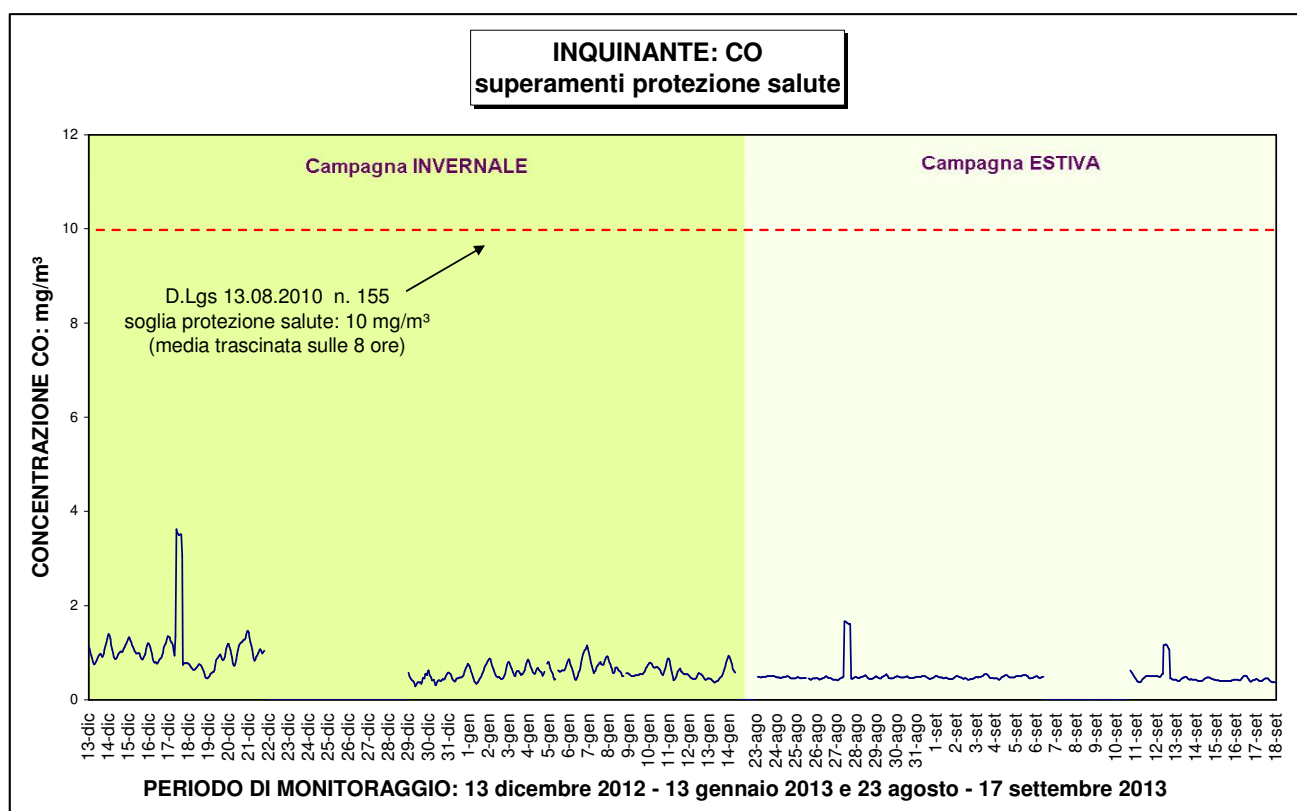
Con l'introduzione delle marmitte catalitiche nei primi anni '90 e l'incremento degli autoveicoli a ciclo Diesel, nell'ultimo ventennio si è osservata una costante e significativa diminuzione della concentrazione del monossido di carbonio nei gas di combustione prodotti dagli autoveicoli ed i valori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

**Tabella 7 – Dati relativi al monossido di carbonio CO ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ).**

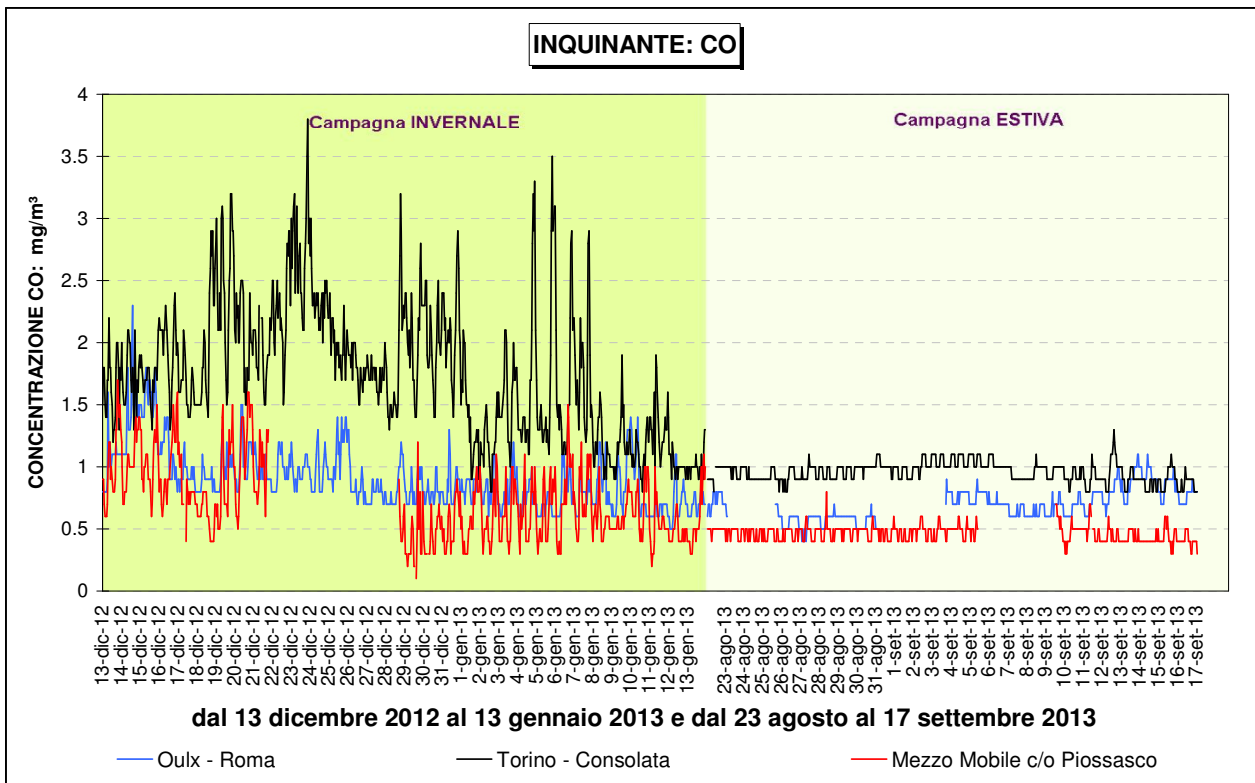
<b>Monossido di carbonio</b>	<b>Inverno</b>	<b>Estate</b>
Minima media giornaliera	0.2	0.4
Massima media giornaliera	1.1	0.5
Media delle medie giornaliere (b):	0.6	0.5
Giorni validi	25	21
Percentuale giorni validi	74%	81%
Media dei valori orari	0.6	0.5
Massima media oraria	1.7	0.8
Ore valide	609	524
Percentuale ore valide	75%	84%
Minimo medie 8 ore	0.1	0.4
Media delle medie 8 ore	0.6	0.5
Massimo medie 8 ore	1.5	0.6
Percentuale medie 8 ore valide	74%	84%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (10)</u>	<b>0</b>	<b>0</b>
<u>N. di superam. dell'obiettivo a lungo termine protezione salute umana (max media 8h &gt; 10)</u>	<b>0</b>	<b>0</b>

I valori di monossido di carbonio registrati durante il monitoraggio nel Comune di Piossasco confermano quanto osservato su scala regionale in merito al rispetto dei limiti normativi. Il D.Lgs. 155/2010 prevede un limite di  $10 \text{ mg/m}^3$ , 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  $1.5 \text{ mg/m}^3$  sia nella campagna estiva dove tale parametro scende a  $0.6 \text{ mg/m}^3$ . (Tabella 7 e Figura 17). Nella Figura 18 e nella Figura 19 è riportato il confronto con le stazioni fisse della rete regionale di monitoraggio di Oulx e Torino-Consolata, due stazioni residenziali di traffico rispettivamente suburbano e urbano. Dai grafici si nota che i valori di CO registrati dal Laboratorio Mobile a Piossasco sono comparabili con l'andamento della stazione di traffico suburbano e nettamente inferiori (come atteso) a quelli della stazione torinese di traffico urbano. Rispetto alla campagna invernale del 2008 la concentrazione di monossido di carbonio è diminuita sia nei valori medi sia nei valori massimi.

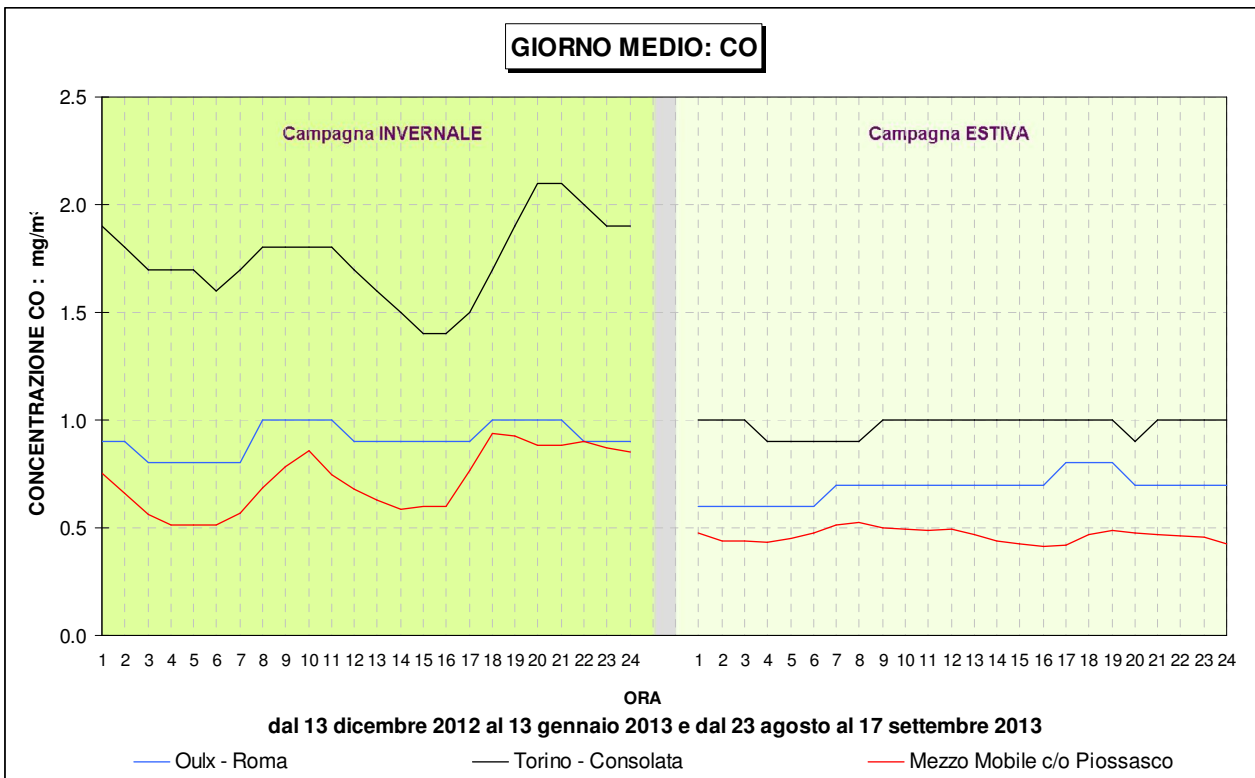
**Figura 17 - CO: confronto con il limite di legge (media trascinata sulle 8 ore).**



**Figura 18** – CO: andamento della concentrazione oraria nel corso della campagna di monitoraggio e confronto con le stazioni fisse di Oulx e Torino Consolata.



**Figura 19** – CO: giorno medio confronto con alcune stazioni della rete fissa.



## 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.

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

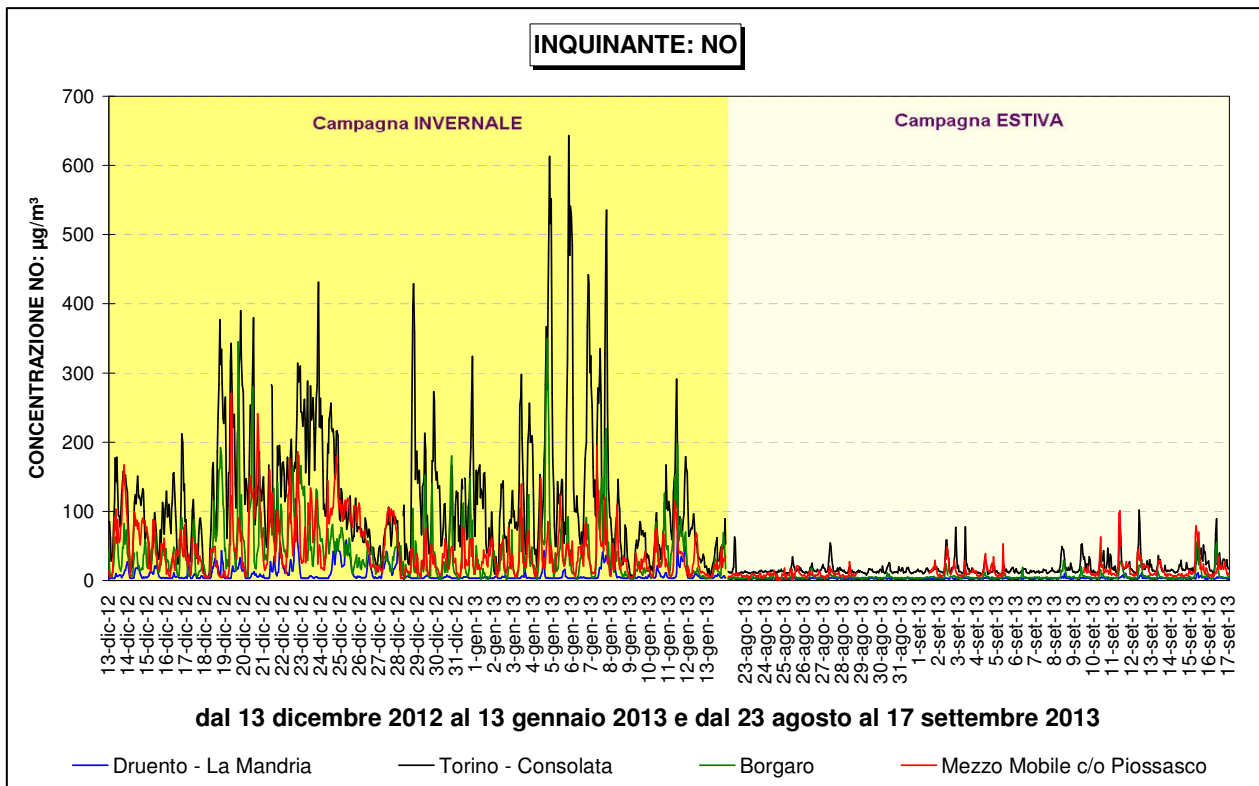
Monossido di azoto	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	18	7
Massima media giornaliera	101	26
Media delle medie giornaliere	45	13
Giorni validi	34	16
Percentuale giorni validi	100%	62%
Media dei valori orari	45	13
Massima media oraria	270	101
Ore valide	809	437
Percentuale ore valide	99%	70%

Nel corso della prima campagna di monitoraggio nel Comune di Piossasco il livello di ossido di azoto (**Figura 20** e **Figura 21**) risulta in linea con i valori registrati nello stesso periodo nella stazione di Orbassano, geograficamente più prossima al sito in esame; mentre risulta inferiore ai dati della stazione di traffico urbano di Torino Consolata. La massima media oraria è pari a  $270 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , il valore medio dell'intera campagna è di  $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (**Tabella 8**).

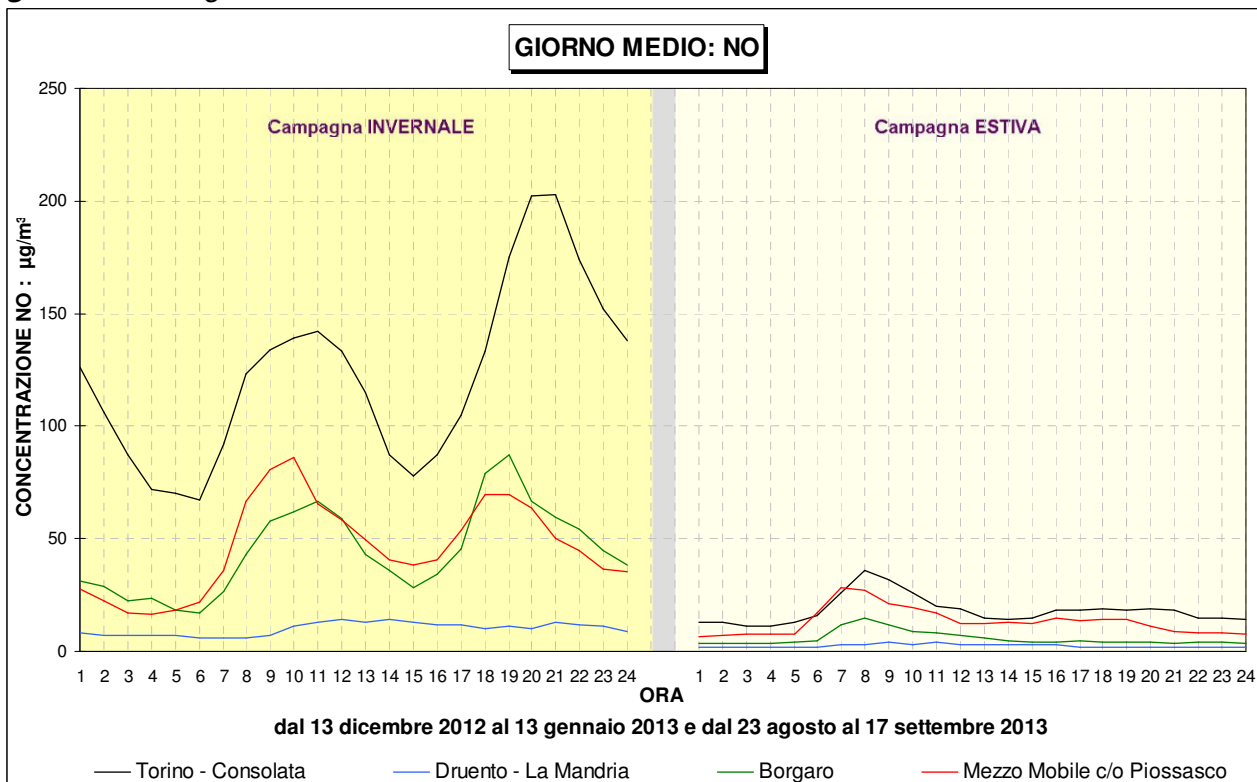
Come la maggior parte degli inquinanti atmosferici anche gli ossidi di azoto sono più concentrati nei mesi invernali. Durante la campagna estiva nel sito di Piossasco si registrano valori di NO decisamente inferiori rispetto alla campagna invernale, la media dei valori orari si attesta, infatti, intorno ai  $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Il grafico del giorno medio mostra chiaramente la differenza di concentrazione tra la campagna invernale e quella estiva per tutte le stazioni di misura. 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. Infatti, in assenza di altri processi combustivi in atto, la fonte principale di NO è proprio il traffico veicolare.

**Figura 20** – NO: andamento della concentrazione oraria e confronto con altre stazioni di misura.



**Figura 21** – NO: giorno medio confronto con alcune stazioni della rete fissa.



Il **biossido di azoto** (NO<sub>2</sub>) 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<sub>2</sub> 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).

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

Biossido di azoto	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	36	8.9
Massima media giornaliera	93	44.7
Media delle medie giornaliere (b):	54	29
Giorni validi	34	16
Percentuale giorni validi	100%	62%
Media dei valori orari	54	29
Massima media oraria	133	91
Ore valide	809	436
Percentuale ore valide	99%	70%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (200)</u>	<b>0</b>	<b>0</b>
<u>Numero di giorni con almeno un superam. 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>

Nonostante la stagione fredda sia la più critica per il biossido di azoto a Piossasco durante la campagna invernale di monitoraggio non si è avuto alcun superamento del limite orario di 200 µg/m<sup>3</sup> (la normativa prevede che non sia superato più di 18 volte in un anno), mentre il livello medio orario è stato di 54 µg/m<sup>3</sup>. L'andamento del biossido di azoto è simile a quello della stazione di Borgaro, una stazione di fondo suburbano situata nella prima cintura torinese.

Come per la maggior parte delle stazioni suburbane della provincia di Torino, i valori di NO<sub>2</sub> registrati a Piossasco sono rispettivamente inferiori e superiori ai dati delle stazioni di Torino via della Consolata e Druento – La mandria, stazione di fondo rurale all'interno del Parco Regionale della Mandria (**Tabella 9** e **Figura 22**).

Durante la campagna estiva i valori di biossido di azoto si dimezzano nel sito in esame. Il livello medio orario è di 29 µg/m<sup>3</sup> mentre la massima media oraria raggiunge i 91 µg/m<sup>3</sup>. L'andamento dell'NO<sub>2</sub> risulta leggermente superiore a quello della stazione di Borgaro, di fondo suburbano, ma comunque inferiore ai valori della stazione di traffico urbano di Torino - Consolata. (

**Figura 23**).

Osservando il grafico di **Figura 24**, che riporta il giorno medio (calcolato con le modalità indicate a pagina 23), si nota che l'andamento dell'NO<sub>2</sub> 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 di inquinamento, dove invece tali picchi sono appena accennati.



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/m<sup>3</sup>. La durata complessiva del monitoraggio nel comune di Piossasco 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.

Secondo il procedimento descritto nella nota<sup>1</sup>, per il comune di Piossasco è stato stimato un valore annuale di NO<sub>2</sub> pari a 38 µg/m<sup>3</sup> (**Tabella 10** e **Figura 25**), valore leggermente più alto di quello calcolato per le stazioni suburbane di fondo della provincia di Torino (Borgaro Torinese, Vinovo e Orbassano), ma comunque inferiore - anche se di poco - al limite normativo di 40 µg/m<sup>3</sup>. D'altronde la posizione del laboratorio mobile durante la campagna di misura nel comune di Piossasco può essere assimilata a quella di una stazione di misura di traffico suburbano e così spiegare livelli di NO<sub>2</sub> più alti nel sito in esame rispetto alle stazioni di fondo provinciali.

**Tabella 10** – NO<sub>2</sub>: confronto medie anno 2013 e medie del periodo di campionamento.

Stazioni di misura	Media I campagna 13 dicembre 2012 – 13 gennaio 2013 [µg/m <sup>3</sup> ]	Media II campagna 23 agosto – 17 settembre 2013 [µg/m <sup>3</sup> ]	Media due campagne [µg/m <sup>3</sup> ]	Media anno 2013 [µg/m <sup>3</sup> ]
Ceresole Reale	5	6	6	6
Druento	29	5	17	12
Susa	35	10	23	19
Pinerolo	46	20	33	29
Borgaro T. se	55	16	36	32
Vinovo	50	22	36	32
Orbassano	58	17	38	32
Beinasco	52	28	40	35
<b>PIOSSASCO</b>	<b>55</b>	<b>29</b>	<b>42</b>	<b>38</b>
Grugliasco	62	28	45	38
Collegno	68	28	48	44
Rubino	73	30	52	42
Lingotto	77	26	52	43
Consolata	78	50	64	60
Carmagnola	97	54	76	83

<sup>1</sup> Sono state calcolate le medie di NO<sub>2</sub> - annuale e relativa al periodo delle due campagne di misura - per la stazione di Borgaro che meglio rappresenta le condizioni della stazione di Piossasco; dal rapporto con la media dell'anno 2013 di Borgaro si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne di Piossasco permette di ricavare la stima annuale per il sito in esame;

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

dove

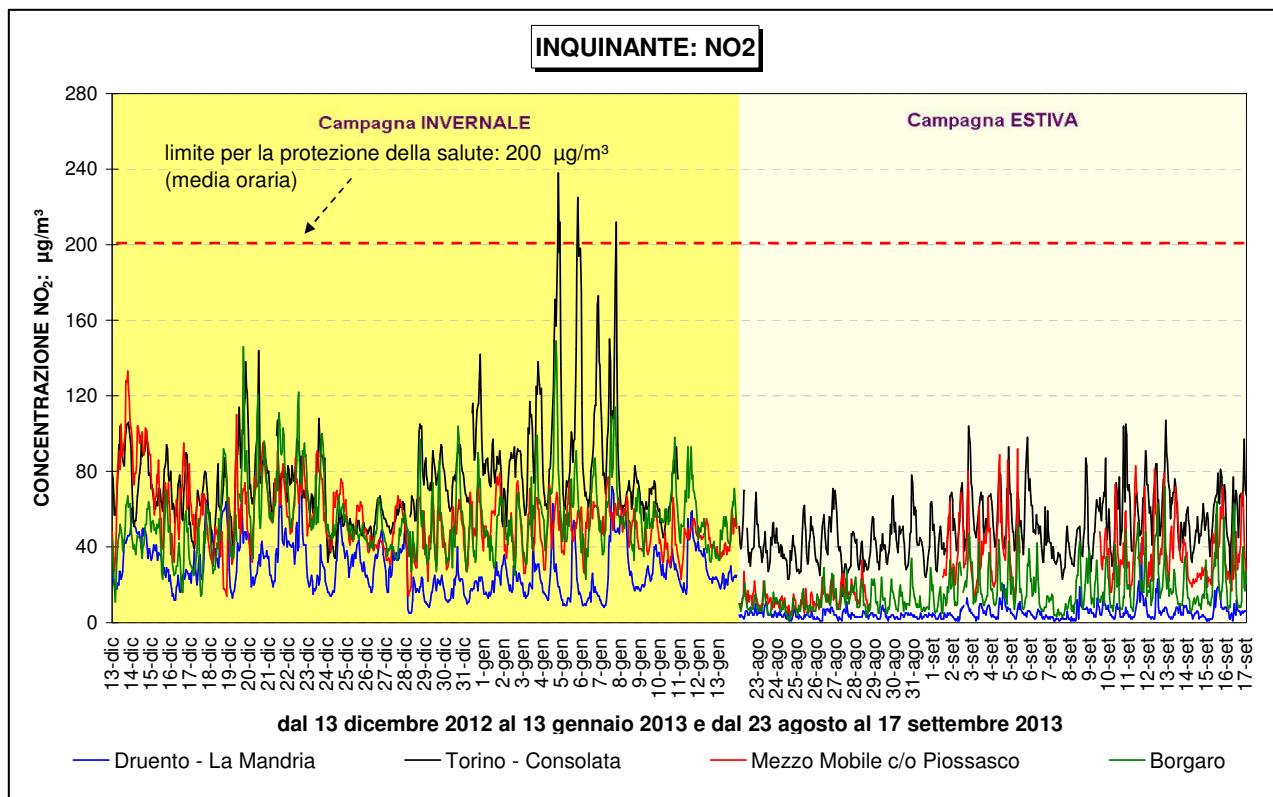
mc : media periodo campagne NO<sub>2</sub> di Piossasco

Mc : media anno 2013 NO<sub>2</sub> di Piossasco

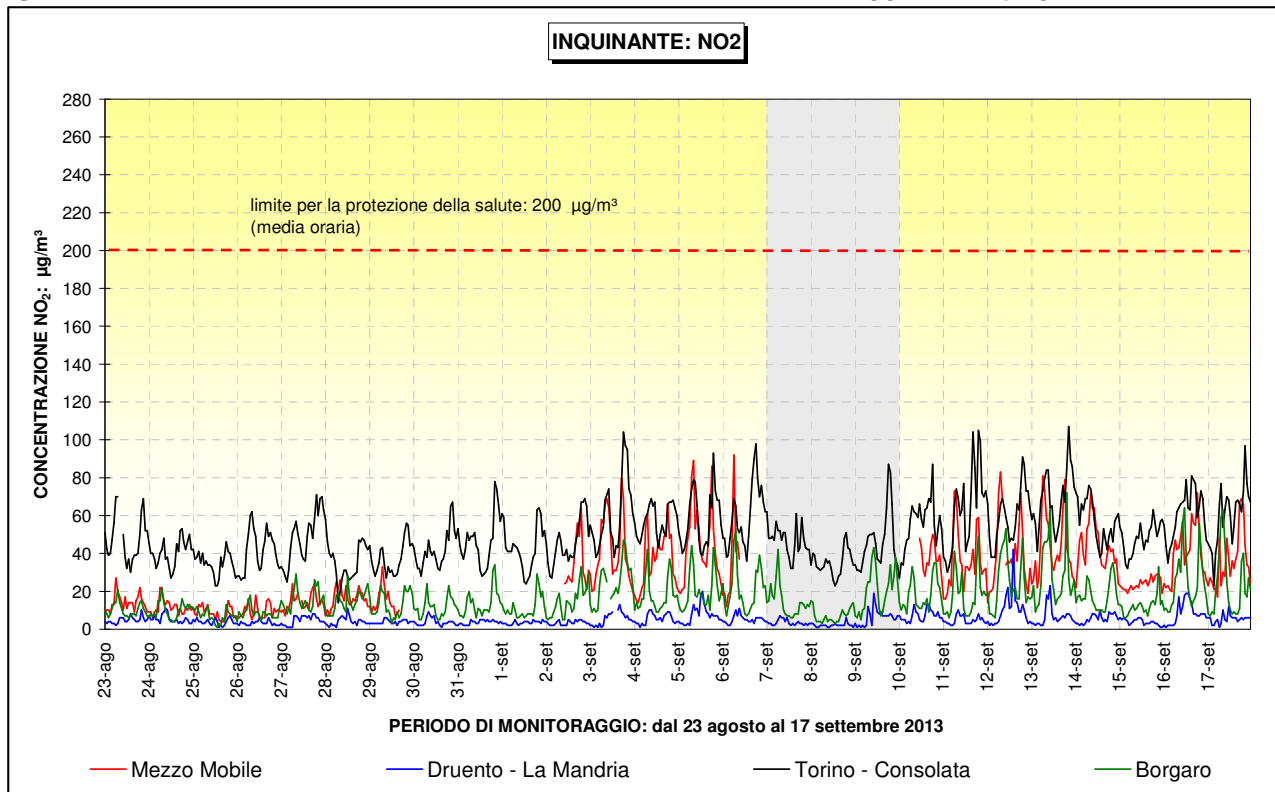
mp : media periodo campagne NO<sub>2</sub> di Borgaro

Mp : media anno 2013 NO<sub>2</sub> di Borgaro

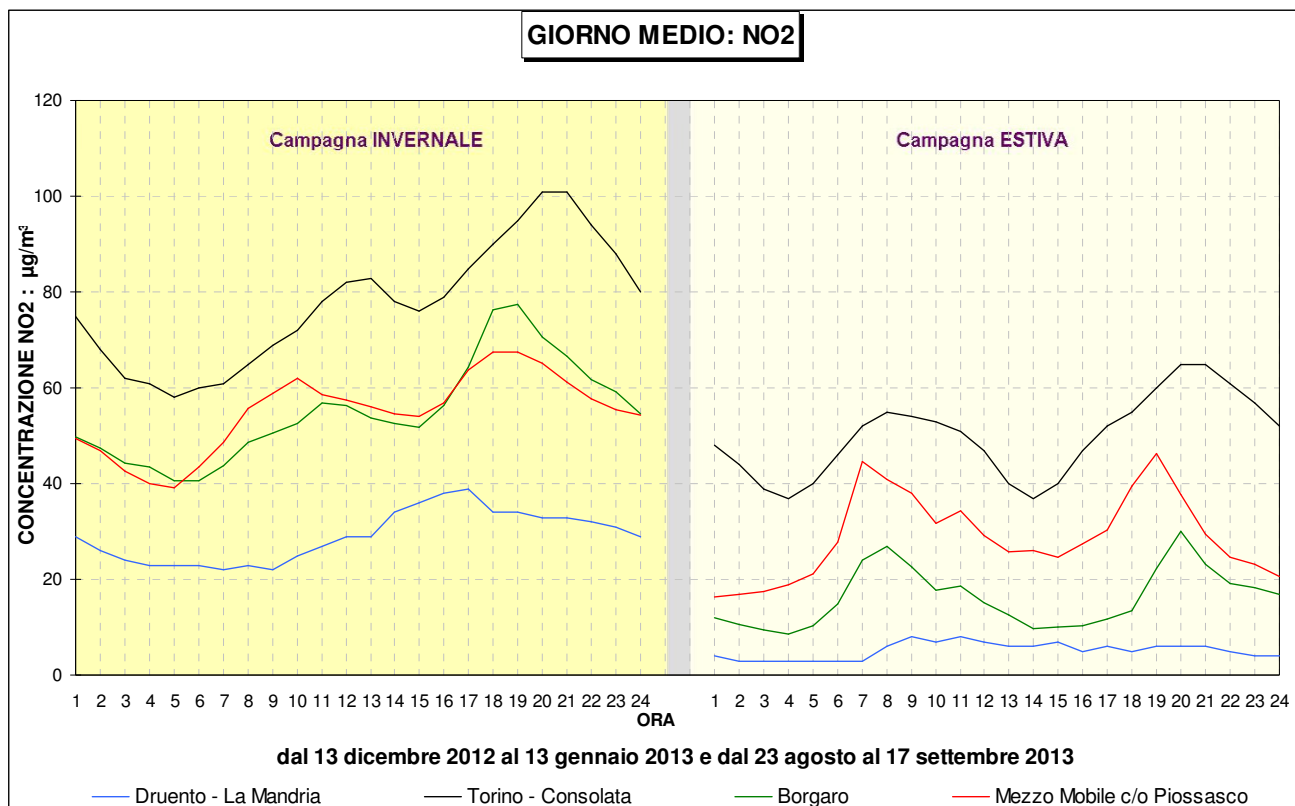
**Figura 22** – NO<sub>2</sub>: concentrazioni orarie e confronto con il limite di legge – I e II campagna



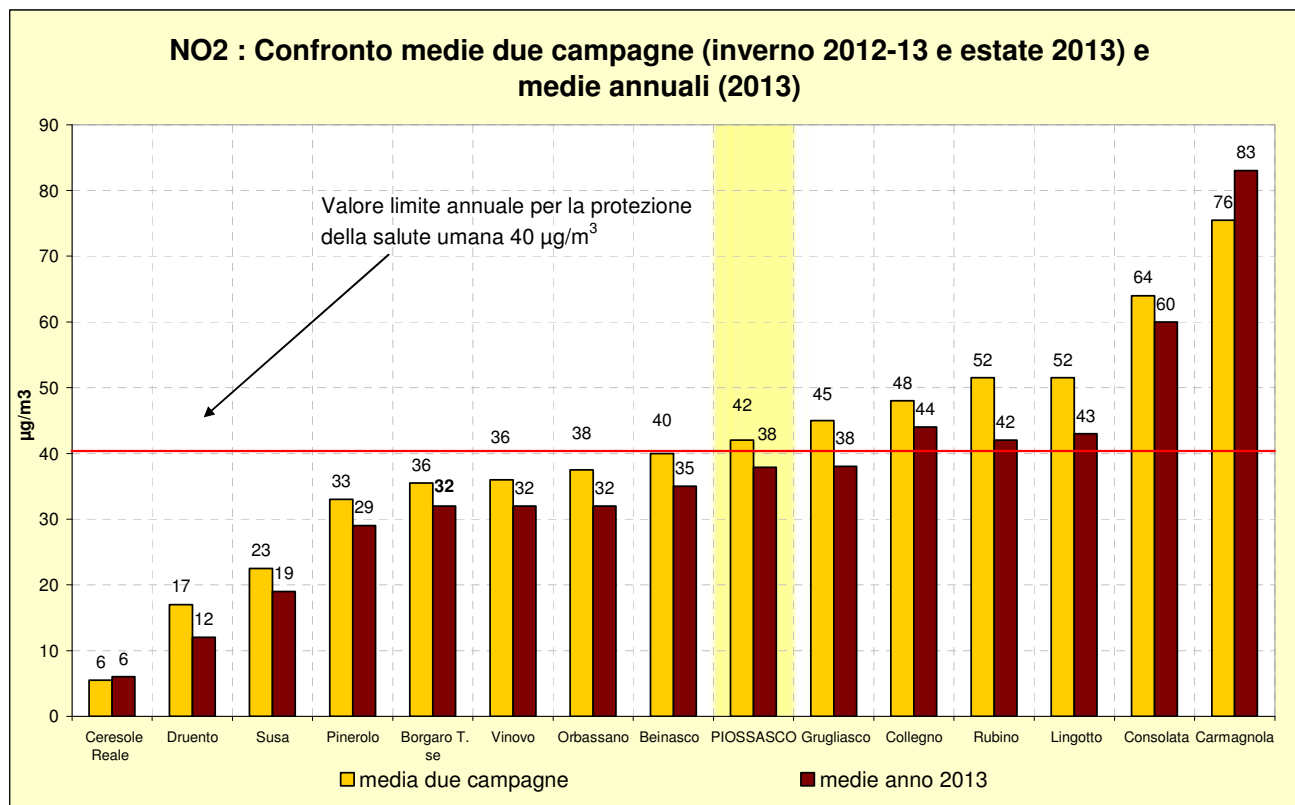
**Figura 23** – NO<sub>2</sub>: concentrazioni orarie e confronto con il limite di legge – campagna estiva



**Figura 24** – NO<sub>2</sub>: andamento giorno medio - confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio.



**Figura 25** – NO<sub>2</sub>: 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  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  di benzene per l'intera vita, quattro persone ogni milione sono sottoposte al rischio di contrarre la leucemia.

La normativa vigente (D.Lgs. 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.

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

	Benzene		Toluene	
	Inverno	Estate	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	1.2	0.5	1.3	0.4
Massima media giornaliera	4.7	1.3	6.5	2.6
Media delle medie giornaliere	2.5	0.9	3.1	1.3
Giorni validi	32	19	32	19
Percentuale giorni validi	94%	73%	94%	73%
Media dei valori orari	2.5	0.9	3.0	1.3
Massima media oraria	8.5	3.0	15	6.7
Ore valide	786	477	786	477
Percentuale ore valide	96%	76%	96%	76%

Durante il monitoraggio invernale, il più critico per tale inquinante, nel comune di Piossasco è stata misurata una concentrazione media di benzene di  $2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (**Tabella 11**), ed in generale i valori delle medie orarie sono compresi tra  $0.2$  e  $8.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , con 25 valori orari (su 766 complessivi) superiori al limite annuo di  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (**Figura 26**).

Nella campagna estiva valori massimi e minimi si abbassano così come la media del periodo che scende a  $0.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Dal momento che nella campagna invernale – 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.

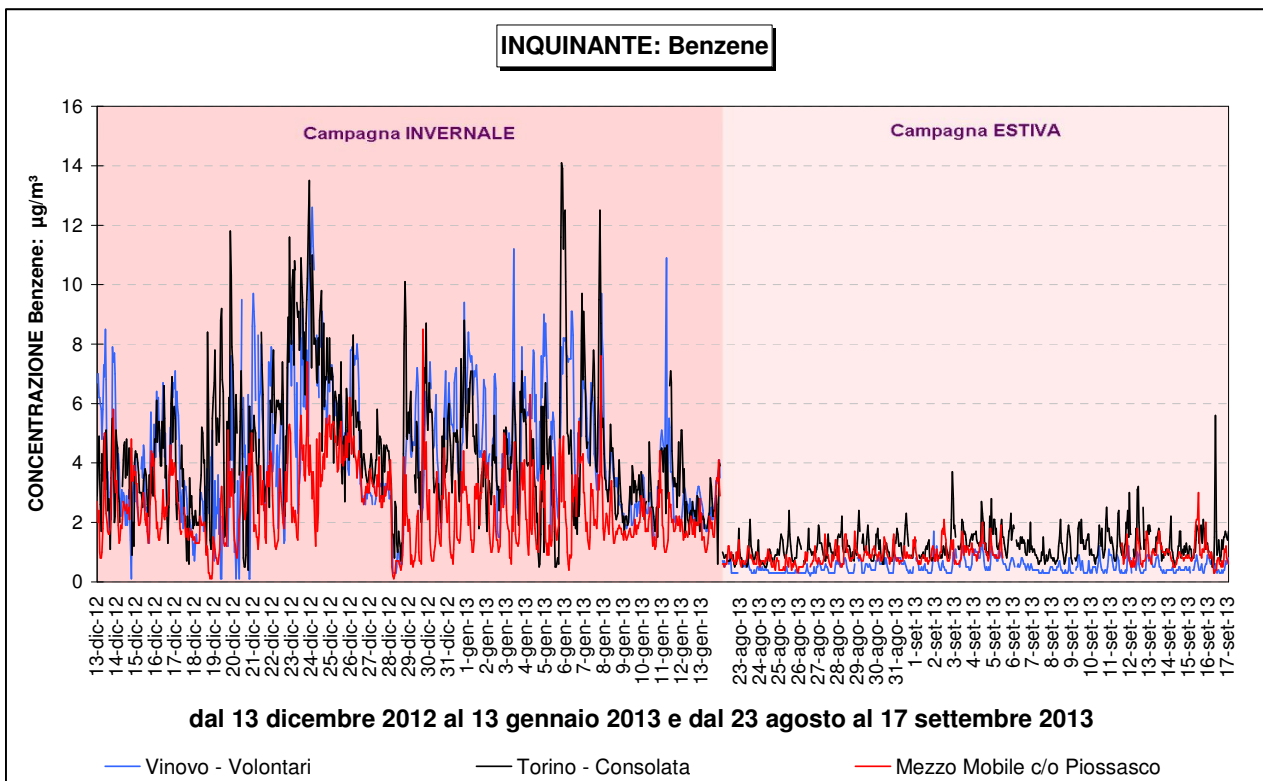
Per quanto riguarda il **toluene** la normativa italiana non prevede alcun limite, ma le linee guida date nel 2000 dall’Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) indicano un valore di  $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$  come media settimanale.

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.

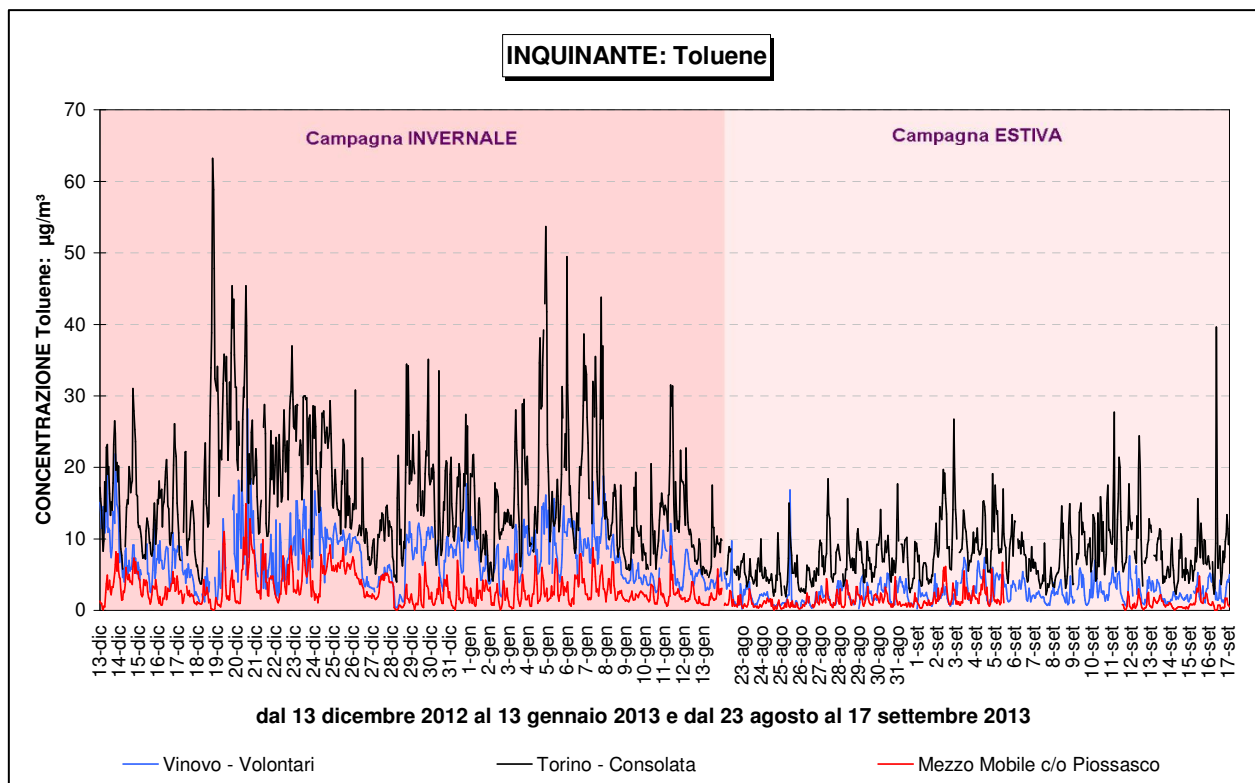
Nell periodo invernale la massima media giornaliera di toluene è pari a  $6.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mentre la massima media oraria è di  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Le medie settimanali delle concentrazioni di toluene nelle quattro settimane complete di misurazioni sono pari a 3.74, 3.43, 2.56 e  $2.36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , quindi di circa due ordini di grandezza inferiori al valore guida consigliato dall’OMS (**Tabella 11**). Anche per il toluene i valori minimi, medi e massimi nel periodo estivo risultano più che dimezzati rispetto al periodo freddo. Infine il confronto con la campagna invernale svolta nel 2008 mostra che le concentrazioni di toluene sono diminuite sia nei valori massimi sia in quelli medi.

Sia per il benzene sia per il toluene il giorno medio mostra che nel periodo più critico i valori misurati a Piossasco sono inferiori non solo a quelli registrati nella stazione urbana di Torino via della Consolata, nel centro della città, ma anche a quelli di Vinovo, stazione di monitoraggio suburbana di fondo situata a circa 15 chilometri dal sito di misura indagato (**Figura 28 e Figura 29**).

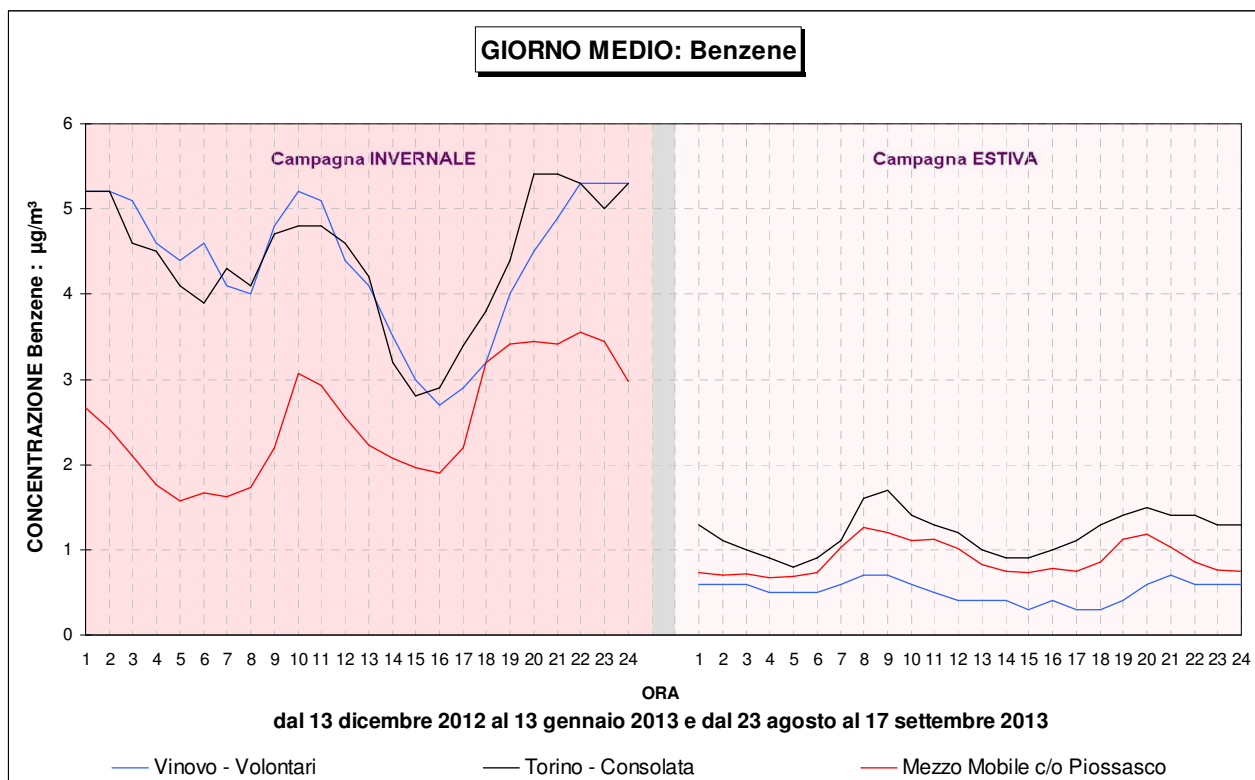
**Figura 26 – Benzene: andamento della concentrazione oraria nelle due campagne di misura**



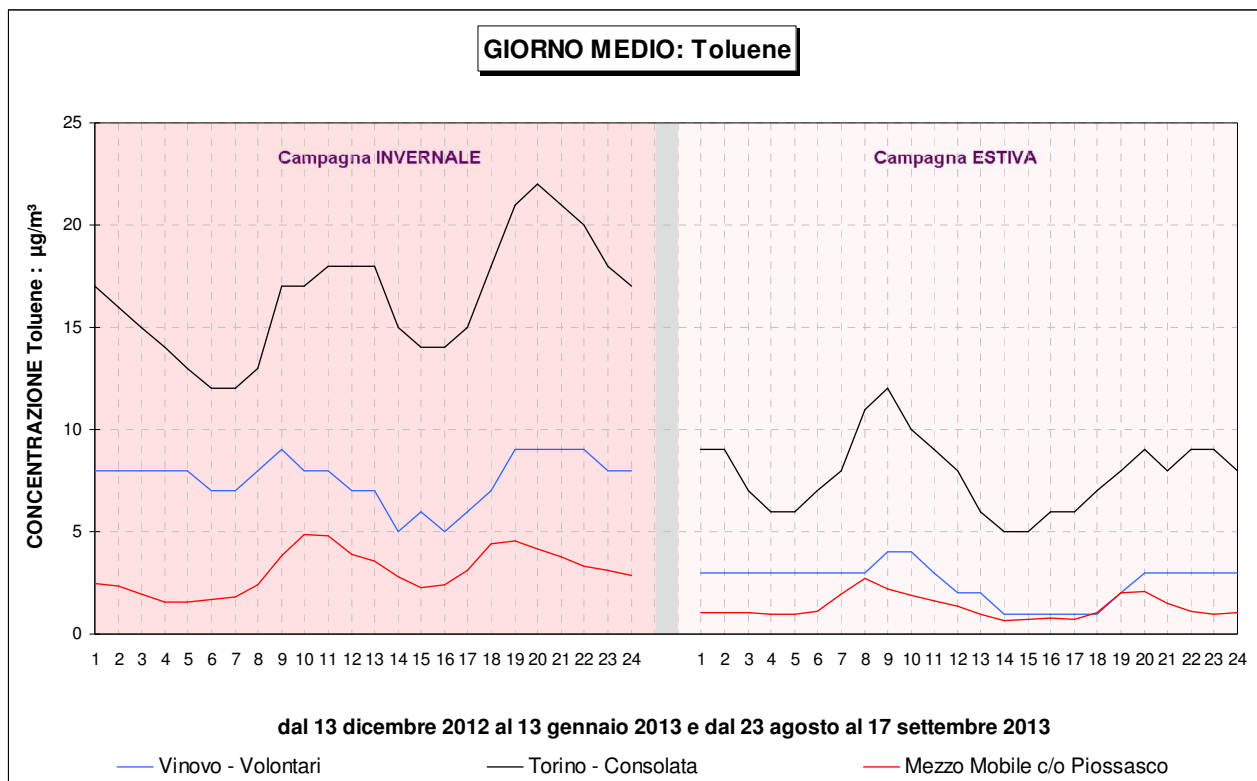
**Figura 27 – Toluene:** andamento della concentrazione oraria nelle due campagne di misura.



**Figura 28 – Benzene:** andamento giorno medio - confronto con le altre stazioni di monitoraggio.



**Figura 29** – 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 PM<sub>10</sub>, 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<sub>2.5</sub> (diametro aerodinamico inferiore ai 2.5 µm) calcolato come media annuale di 25 µg/m<sup>3</sup> da raggiungere entro il 1° gennaio 2015.

**Tabella 12** – Dati relativi al particolato sospeso PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) presso il sito di monitoraggio.

PM <sub>10</sub>	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	19	6.0
Massima media giornaliera	107	33
Media delle medie giornaliere	62	18
Giorni validi	31	22
Percentuale giorni validi	97%	85%
<b>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)</b>	<b>25</b>	<b>0</b>

Durante la prima campagna di misura nel comune di Piossasco – dal 13 dicembre 2012 al 13 gennaio 2013 - sono state eseguite misure di particolato fine PM<sub>10</sub>, per il quale sono disponibili 31 giorni di monitoraggio effettivo, con un dato mancante il 27 dicembre 2012. Durante il campionamento ci sono stati ben 25 superamenti del limite giornaliero del PM<sub>10</sub> di 50 µg/m<sup>3</sup> (da non superare più di 35 volte per anno civile) pari all'81% dei valori validi, mentre la media della concentrazione di PM<sub>10</sub> è di 62 µg/m<sup>3</sup> (**Figura 30**).

Nella campagna invernale svolta nel 2008 - dal 29 gennaio 2007 al 21 febbraio 2008 - erano stati registrati 22 superamenti del limite giornaliero su 24 giorni di campionamento validi, pari al 92% del totale; mentre la media giornaliera invernale era di ben 102 µg/m<sup>3</sup>. Il numero di superamenti è ancora molto elevato nel periodo più critico dell'anno, ma il dato confortante è che la media del periodo invernale nel comune di Piossasco è diminuita quasi del 40% negli ultimi 5 anni.



Nella campagna estiva, dal 23 agosto al 17 settembre 2013, si hanno 22 giorni di misure effettive durante i quali non c'è stato alcun superamento del limite giornaliero di 50 µg/m<sup>3</sup>. La concentrazione media di polveri sottili è stata di 18 µg/m<sup>3</sup>.

Nella **Figura 32** sono stati messi a confronto i valori di PM<sub>10</sub> registrati a Piossasco con quelli misurati nelle stazioni della rete di rilevamento della qualità dell'aria di Torino Consolata, Borgaro e Druento - La Mandria. Dal grafico si può notare che nella prima campagna di monitoraggio i valori misurati dal laboratorio mobile sono inferiori ai dati registrati nella stazione urbana di Torino via della Consolata, e più alti, come atteso, di quelli di Druento, stazione di fondo rurale. L'andamento del PM<sub>10</sub> è invece comparabile con quello della stazione di fondo suburbano di Borgaro.

La concentrazione media di PM<sub>10</sub> registrata a Piossasco durante la campagna invernale è comunque piuttosto alta, superiore sia alla concentrazione media di PM<sub>10</sub> ottenuta escludendo i dati delle stazioni site nel comune di Torino - 46 µg/m<sup>3</sup> - sia alla media complessiva della Provincia di Torino - pari a 56 µg/m<sup>3</sup>. Anche il numero di superamenti del limite giornaliero di 50 µg/m<sup>3</sup> registrati nel comune di Piossasco appare più alto del numero medio di superamenti della provincia di Torino nello stesso periodo (**Figura 33**). Il dato di Piossasco risulta elevato anche rispetto a campagne di monitoraggio svolte in siti limitrofi in periodi simili come ad esempio la campagna svolta nel comune di Sangano dal 12 novembre al 12 dicembre 2012, che ha fatto registrare una concentrazione media di PM<sub>10</sub> pari a 36 µg/m<sup>3</sup>.

È possibile notare che, in presenza di vento più sostenuto e/o di precipitazioni - ad esempio il 18 e il 28 dicembre 2012 - le concentrazioni delle polveri diminuiscono più o meno drasticamente per tutte le stazioni, scendendo anche al di sotto del limite di legge giornaliero. Ciò conferma la notevole influenza delle condizioni meteo-climatiche sulla qualità dell'aria di un territorio.

Nella **Tabella 13** sono stati riassunte le concentrazioni medie di PM<sub>10</sub> 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 40 µg/m<sup>3</sup>, previsto dalla normativa.

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

Rispetto al calcolo della media annuale da confrontare poi con il limite di legge di 40 µg/m<sup>3</sup> è possibile effettuare una stima del valore di concentrazione annuale del PM<sub>10</sub> 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 nota<sup>2</sup>.

Seguendo il procedimento descritto in nota, per il comune di Piossasco è stata stimata una concentrazione media annua di PM<sub>10</sub> di 33 µg/m<sup>3</sup> (**Figura 34**), valore in linea con quelli di altre stazioni suburbane della provincia di Torino, come Borgaro T.se (media di 35 µg/m<sup>3</sup>). Il dato è

<sup>2</sup> Per lo stesso periodo in cui si è svolta la campagna di misura a Piossasco, è stata calcolata la media di PM<sub>10</sub>, nella stazione di Borgaro, che meglio rappresenta le condizioni della stazione di Piossasco; dal rapporto con la media dell'anno 2013 di Borgaro si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne di Piossasco permette di ricavarne la stima annuale;

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

dove

mc : media periodo campagne PM<sub>10</sub> di Piossasco

Mc : media anno 2013 PM<sub>10</sub> di Piossasco

mp : media periodo campagne PM<sub>10</sub> di Borgaro

Mp : media anno 2013 PM<sub>10</sub> di Borgaro

inferiore al limite normativo di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ma comunque abbastanza elevato come d'altronde per gran parte della provincia Torinese, dove le polveri sottili rappresentano l'inquinante più critico per la qualità dell'aria del territorio.

Rispetto al numero massimo di superamenti del limite giornaliero previsto dalla normativa (35 in un anno) è possibile effettuare un semplice confronto con le stazioni della rete fissa di monitoraggio. Nel periodo di monitoraggio invernale considerato (13 dicembre 2012 – 13 gennaio 2013) le stazioni fisse più prossime al sito di Piossasco come numero di superamenti sono Collegno e Torino Rubino, con rispettivamente 24 e 25 superamenti. Poiché su base annua in entrambe le stazioni il limite dei 35 giorni di superamento non è stato rispettato né nel 2012 né nel 2013, è del tutto presumibile ipotizzare che anche nel sito di Piossasco, come in tutta la pianura della provincia di Torino, tale limite non sarebbe rispettato nel caso di un monitoraggio annuale.

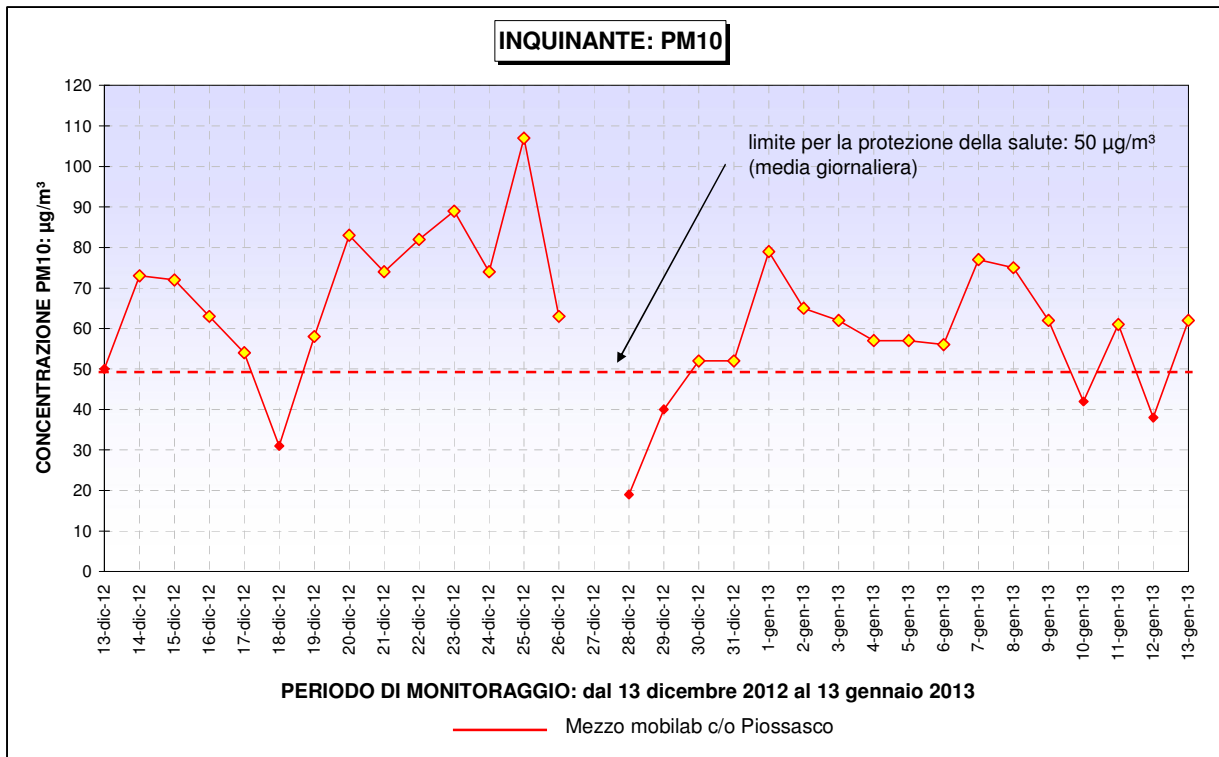
In ogni caso va ricordato che sulla base delle sole misure effettuate con il laboratorio mobile non è possibile identificare quale fonte inquinante sia prevalentemente responsabile di tale situazione. Gli strumenti di misura della qualità dell'aria, infatti, rilevano per loro natura la concentrazione complessiva di un determinato inquinante, vale a dire la somma dei singoli contributi delle sorgenti inquinanti - traffico auto veicolare, impianti di riscaldamento civile, impianti industriali ecc..

**Tabella 13** – Particolato sospeso  $\text{PM}_{10}$ : confronto medie anno 2013 e medie del periodo di campionamento nella provincia di Torino.

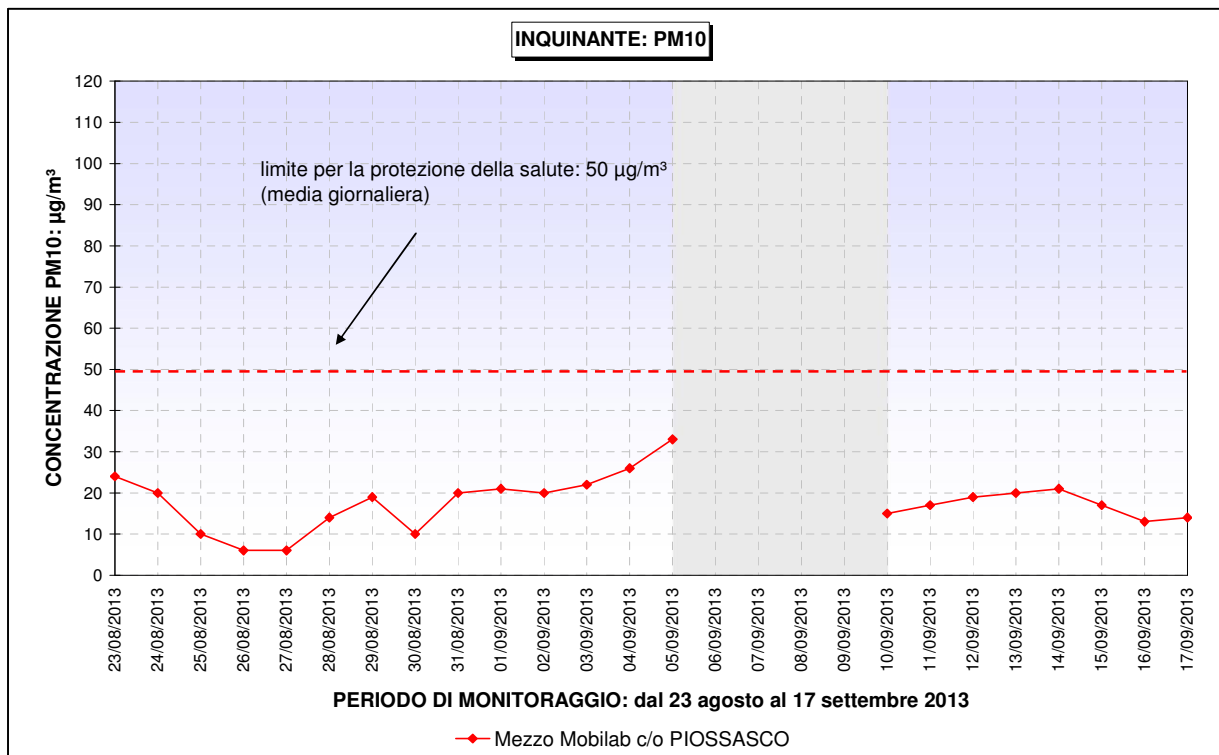
Stazioni di misura	Media periodo 13 dicembre 2012 – 13 gennaio 2013 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Media periodo 23 agosto – 17 settembre 2013 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Media due campagne [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Media anno 2013 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
Ceresole Reale	3	6	4	6
Susa	28	13	20	18
Oulx	26	15	20	18
Druento	35	15	25	24
Pinerolo	41	16	29	26
Ivrea	57	15	36	28
<b>PIOSSASCO</b>	<b>62</b>	<b>18</b>	<b>40</b>	<b>33*</b>
Collegno	65	20	42	36
Borgaro T. se	64	21	43	35
Rubino	73	18	45	35
Consolata	78	21	49	40
Carmagnola	73	26	49	42
Lingotto	80	20	50	38
Grassi	84	29	56	48

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

**Figura 30** – Particolato sospeso  $PM_{10}$ : prima campagna - confronto con il limite giornaliero per la protezione della salute.

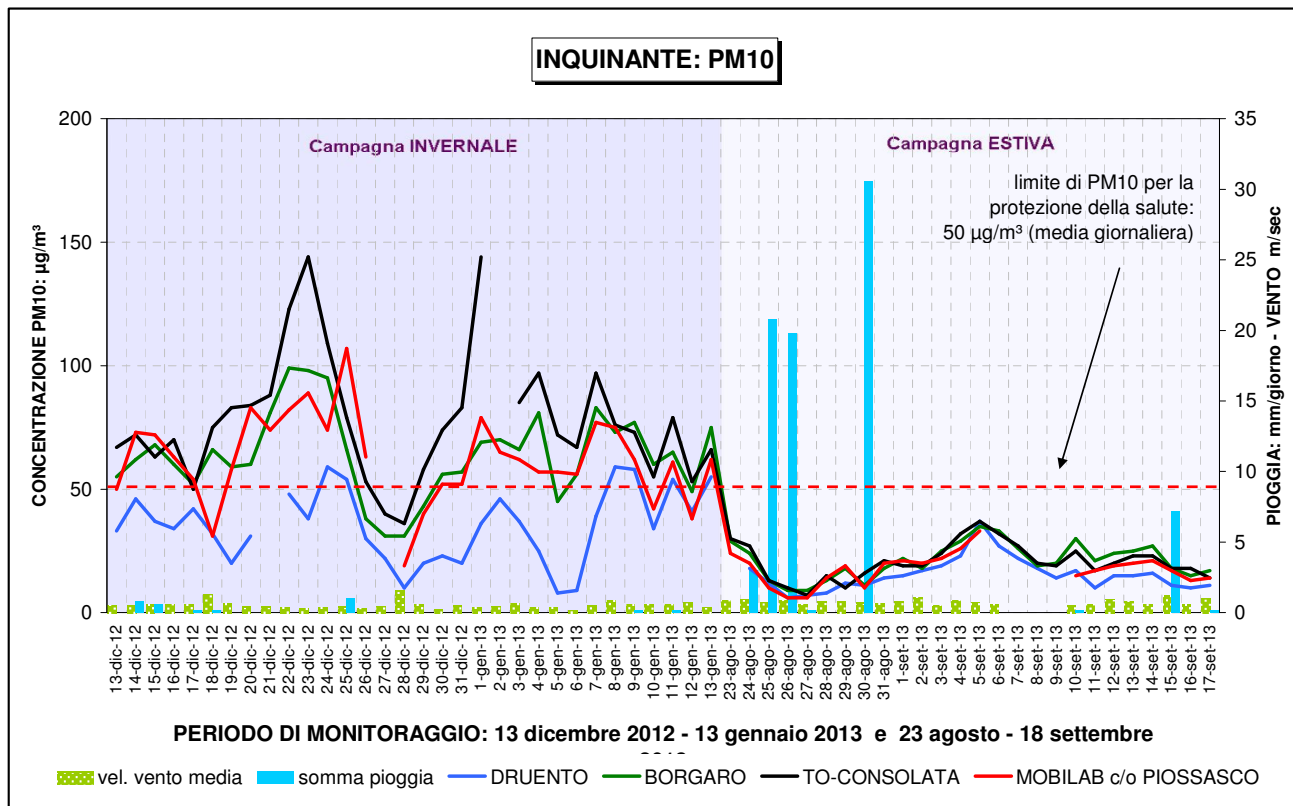


**Figura 31** – Particolato sospeso  $PM_{10}$ : seconda campagna - confronto con il limite giornaliero per la protezione della salute.

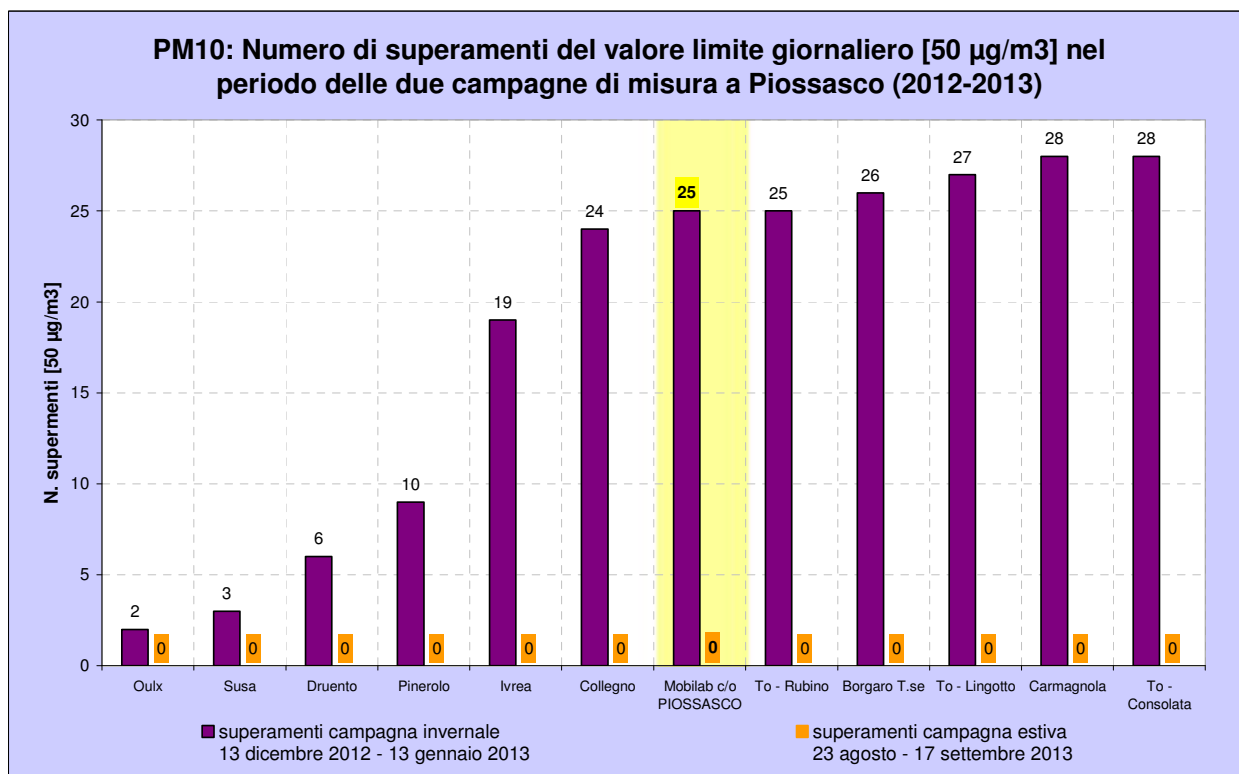


\* Il laboratorio mobile è stato rimosso dal sito di analisi dal 6 al 9 settembre 2013.

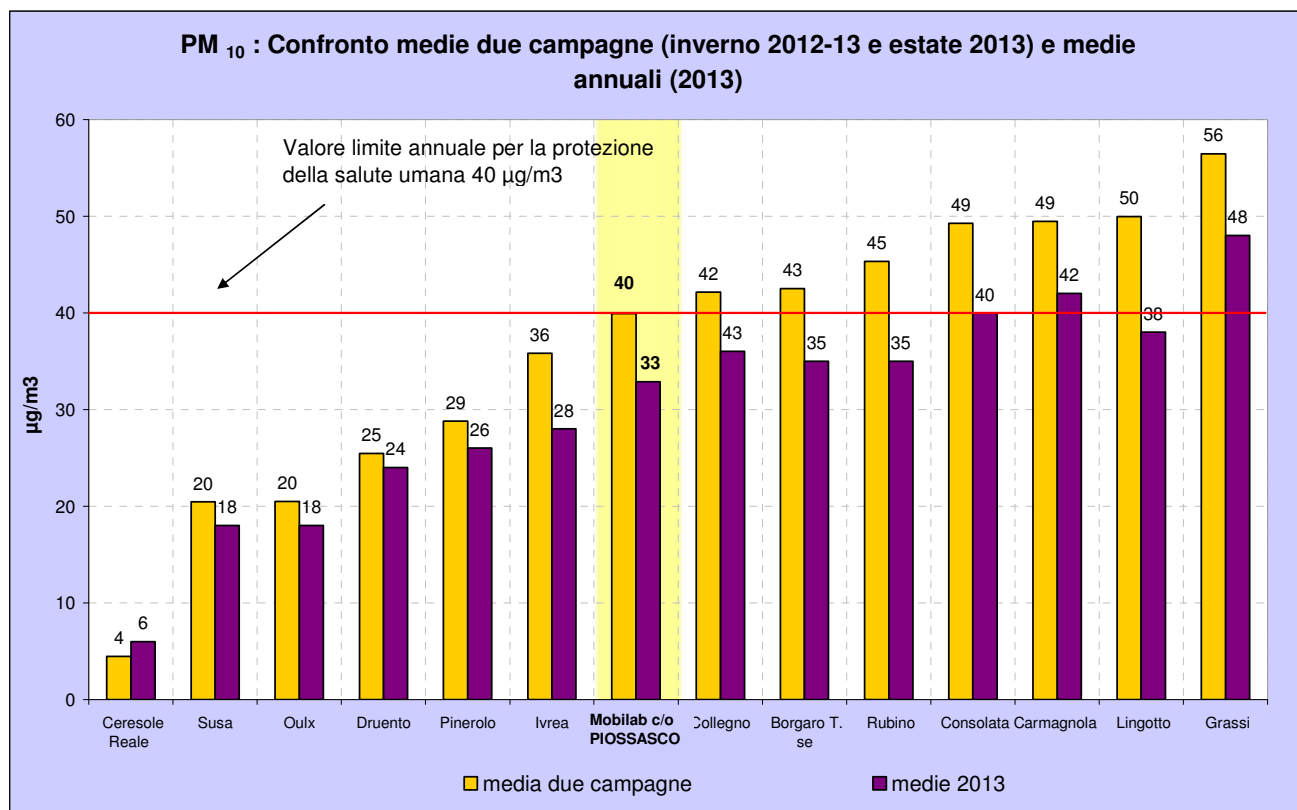
**Figura 32** – Particolato sospeso  $PM_{10}$ : confronto con altre stazioni di monitoraggio e meteorologia.



**Figura 33** – Particolato sospeso  $PM_{10}$ : numero di superamenti giornalieri del valore limite in provincia di Torino nel corso delle due campagne di misura.



**Figura 34** – Particolato sospeso  $PM_{10}$ : confronto medie anno 2013 e medie delle due campagne di misura nella provincia di Torino.



\* il valore medio annuo di  $PM_{10}$  del sito di Piossasco è stato stimato secondo le modalità descritte nel testo.

## Particolato Sospeso (PM<sub>2.5</sub>)

Le polveri fini, denominate PM<sub>2.5</sub> (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<sub>2.5</sub> 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<sub>2.5</sub> la concentrazione di 25 µg/m<sup>3</sup> 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.

Fino al 2012 la misurazione del PM<sub>2.5</sub> era fatta solo su specifica richiesta dell'amministrazione comunale che commissionava la campagna di misura. Tuttavia nei primi mesi del 2013 il laboratorio mobile è stato attrezzato con un misuratore permanente di PM<sub>2.5</sub> e si è stabilito di svolgere la misurazione del particolato fine di default in ogni campagna di misura. Così, benché il comune di Piossasco non ne avesse fatto espressa richiesta all'origine, nella campagna estiva – svolta dal 23 agosto al 17 settembre 2013 - è stato misurato anche il PM<sub>2.5</sub>. Il dato sarà puramente indicativo, dal momento che, come detto per il PM<sub>10</sub>, la stagione estiva è quella meno critica per questo inquinante e presumibilmente i valori saranno tutti molto inferiori allo stesso limite annuale di riferimento, in vigore a partire dal 1° gennaio 2015.

Da quanto emerge dai dati, nella campagna estiva il PM<sub>2.5</sub> segue, come andamento temporale e valori medi di concentrazione giornaliera, il PM<sub>10</sub> (**Figura 35**).

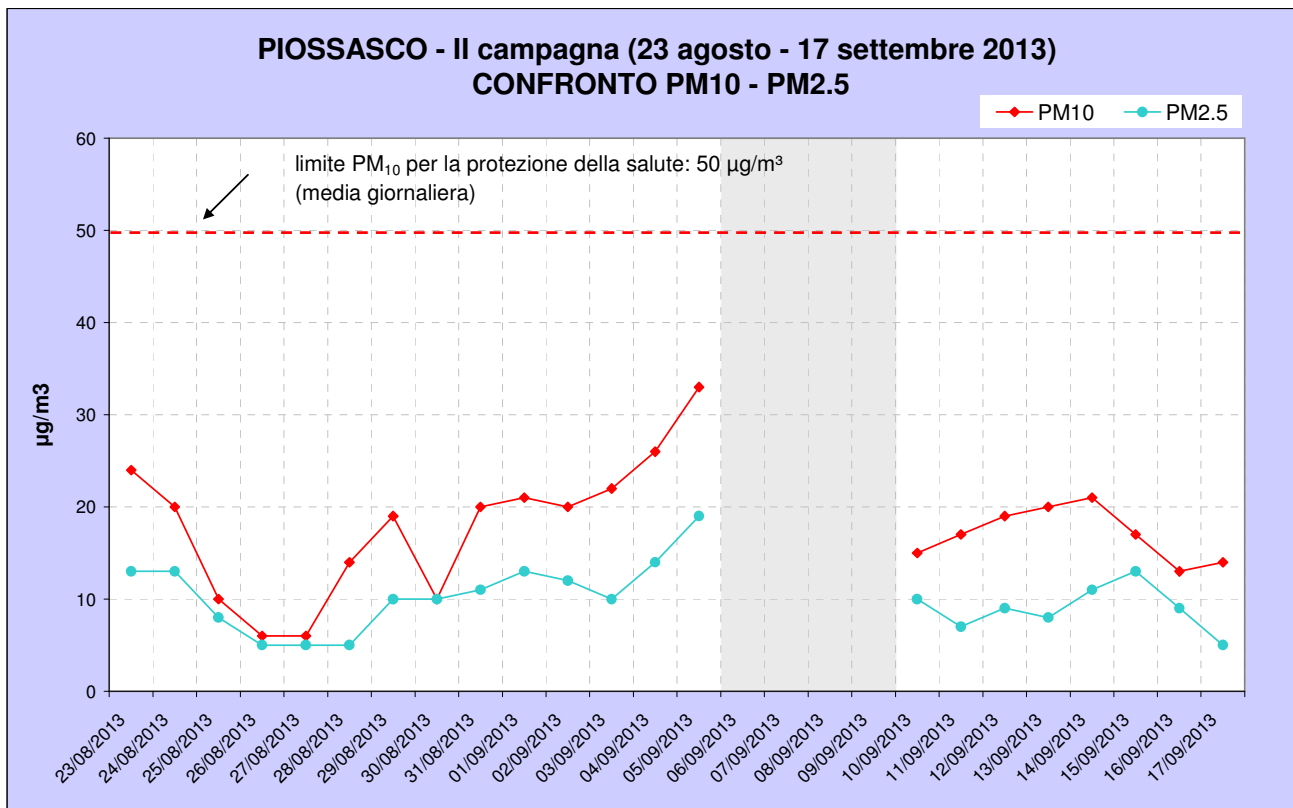
La concentrazione media di PM<sub>2.5</sub> del periodo estivo è 10 µg/m<sup>3</sup>, valore inferiore alla soglia di concentrazione di 25 µg/m<sup>3</sup>, stabilita dal D.Lgs. 155/2010 che tuttavia è calcolata su base temporale annuale e quindi non può essere usato come riferimento in questo caso. La **Figura 36** mostra poi il confronto con i dati di alcune stazioni della rete fissa di monitoraggio in cui si misura il PM<sub>2.5</sub>. Si può osservare che l'andamento delle PM<sub>2.5</sub> a Piossasco è comparabile con quello delle altre stazioni della provincia di Torino.

Non è possibile dire se nel caso di un campionamento condotto per un intero anno il limite di riferimento normativo a Piossasco sarebbe superato. Per fare ciò sarebbe necessario avere almeno i dati di un monitoraggio invernale con cui mediare i risultati della campagna estiva. Tra le stazioni del territorio provinciale prese come riferimento, nel 2013 solo Ivrea, la cui media annua è di 24 µg/m<sup>3</sup>, rispetta il limite normativo di 25 µg/m<sup>3</sup>, - Borgaro e Torino Lingotto invece superano tale limite con una media annua rispettivamente di 27 e 29 µg/m<sup>3</sup>.

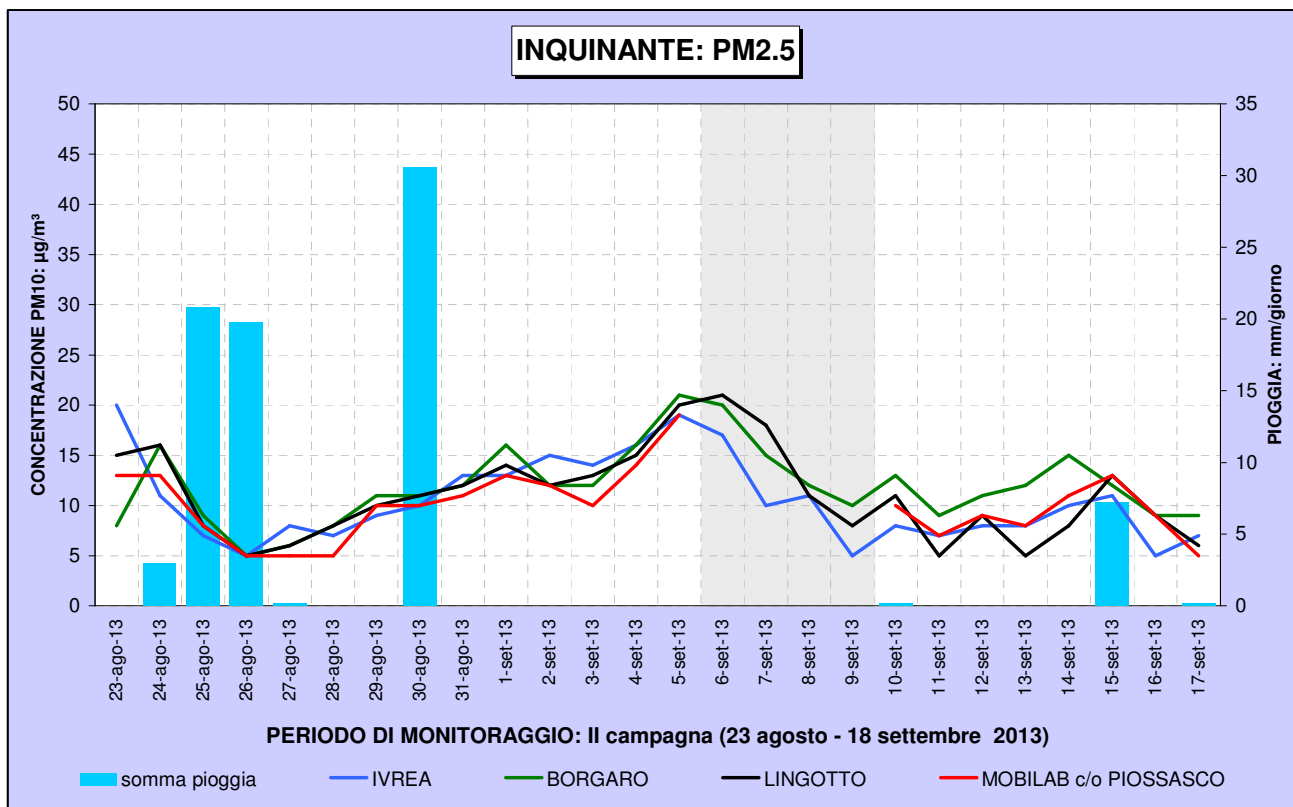
Tabella 14 – Dati relativi al PM<sub>2.5</sub> (µg/m<sup>3</sup>).

PM <sub>2.5</sub>	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	–	5
Massima media giornaliera	–	19
Media delle medie giornaliere (b):	–	10
Giorni validi	–	22
Percentuale giorni validi	–	85%

**Figura 35** – Particolato sospeso  $PM_{10}$  e  $PM_{2.5}$  – Il campagna di misura a Piossasco.



**Figura 36** – Particolato sospeso  $PM_{2.5}$  - Il campagna di misura confronto con stazioni fisse.



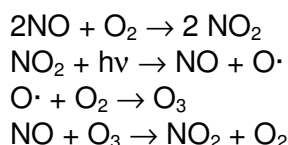
## Ozono

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 ( $\text{NO}_x$ ) 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).

**Tabella 15** – Dati relativi all'ozono  $\text{O}_3$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Ozono	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	5.3	33
Massima media giornaliera	43	114
Media delle medie giornaliere (b):	14	77
Giorni validi	34	21
Percentuale giorni validi	100%	81%
Media dei valori orari	14	77
Massima media oraria	83	165
Ore valide	810	525
Percentuale ore valide	99%	84%
Minimo medie 8 ore	3	11
Media delle medie 8 ore	14	77
Massimo medie 8 ore	69	145
Percentuale medie 8 ore valide	99%	84%
Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (120)	0	30
N. superam. dell'obiettivo a lungo termine protezione della salute umana (max media 8h > 120)	0	5
Numero di superamenti livello informazione (180)	0	0
Numero di giorni con almeno un superamento livello informazione (180)	0	0
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



Nel corso della campagna invernale nel comune di Piossasco la media dei valori orari di ozono è stata di  $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , la massima media oraria di  $83 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . La seconda campagna si è svolta d'estate quando i valori di ozono sono più alti e, infatti, la media dei valori orari è aumentata di 5 volte rispetto al periodo invernale –  $77 \mu\text{g}/\text{m}^3$  – mentre la massima media oraria è raddoppiata –  $165 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

In **Figura 37** è riportata la concentrazione oraria di ozono a Piossasco e nelle stazioni fisse della rete regionale di rilevamento di Orbassano e Druento, che registra le concentrazioni massime più alte. Come per le stazioni della rete fissa di monitoraggio, a Piossasco nella campagna invernale non è stato registrato alcun superamento dei limiti normativi previsti. Durante campagna estiva, dal 23 agosto al 17 settembre 2013, ci sono stati 30 superamenti del livello di protezione della salute su medie di 8 ore ( $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), concentrati in 5 dei 21 giorni validi di campionamento (**Figura 39**); è stato quindi superato 5 volte l'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (massima media 8h  $> 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). D'estate non è stato mai superato, invece, il livello d'informazione, pari a  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  come media oraria (**Figura 37**).

Nella campagna primaverile svolta nel 2007 la situazione dell'ozono era risultata più critica. Nel periodo compreso tra il 27 marzo e il 3 maggio, infatti, c'erano 19 giorni di superamento del valore obiettivo per la salute umana e si erano verificati inoltre 5 superamenti del livello di informazione di  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , livello che nell'estate del 2013 non è mai stato superato. Tuttavia le due campagne non sono direttamente confrontabili perché avvenute in periodi diversi dell'anno: all'inizio della primavera nel 2007 e alla fine dell'estate nel 2013. Inoltre il confronto con le altre stazioni della provincia di Torino, in particolare Orbassano e Druento, dimostra che i rapporti relativi tra i valori misurati a Piossasco e quelli delle altre stazioni sono simili nel 2008 e nel 2013 a testimonianza del fatto che, nonostante il numero minore di superamenti registrati a Piossasco nell'estate del 2013, la situazione generale per l'ozono non è sostanzialmente mutata negli anni.

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 Piossasco 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 solo 5 superamenti del valore obiettivo non significa, infatti, che un campionamento esteso a tutto l'anno non avrebbe comunque portato ad uno sfioramento del limite di legge.

La **Tabella 16** riassume i valori medi dell'ozono per le stazioni di misura della rete fissa nel 2013 e negli stessi periodi in cui si sono svolte le campagne di misura a Piossasco. 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 Piossasco, dove sono stati misurati nel periodo di studio valori molto simili a quelli rilevati nelle stazioni di Orbassano e Druento, tale limite sarebbe superato qualora l'ozono fosse monitorato in continuo per un anno intero.

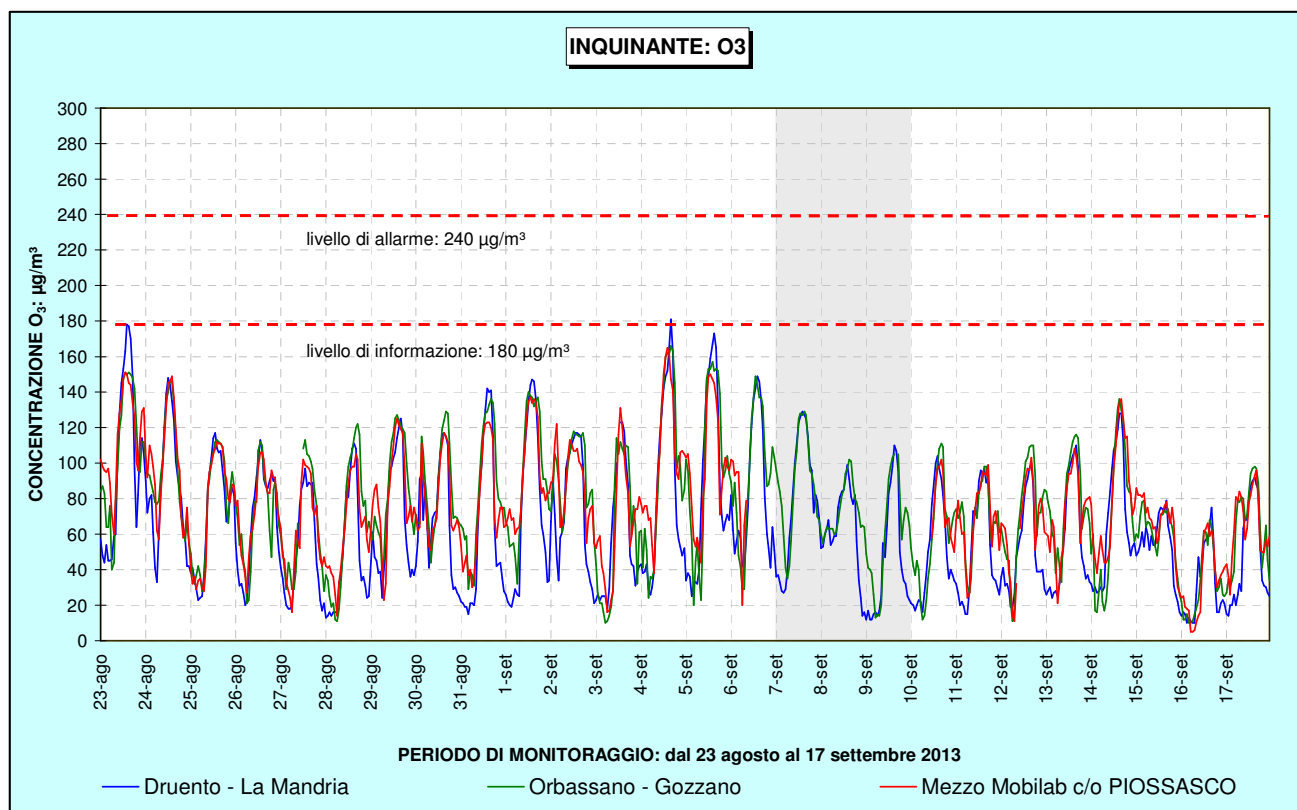
L'ozono d'altronde, data la sua origine secondaria, è un inquinante ubiquitario: nei siti più periferici e remoti sono possibili fenomeni di trasporto e accumulo sia dell'ozono sia dei precursori emessi nelle aree antropizzate.

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.

**Tabella 16** – Dati relativi alle concentrazioni di ozono in provincia di Torino.

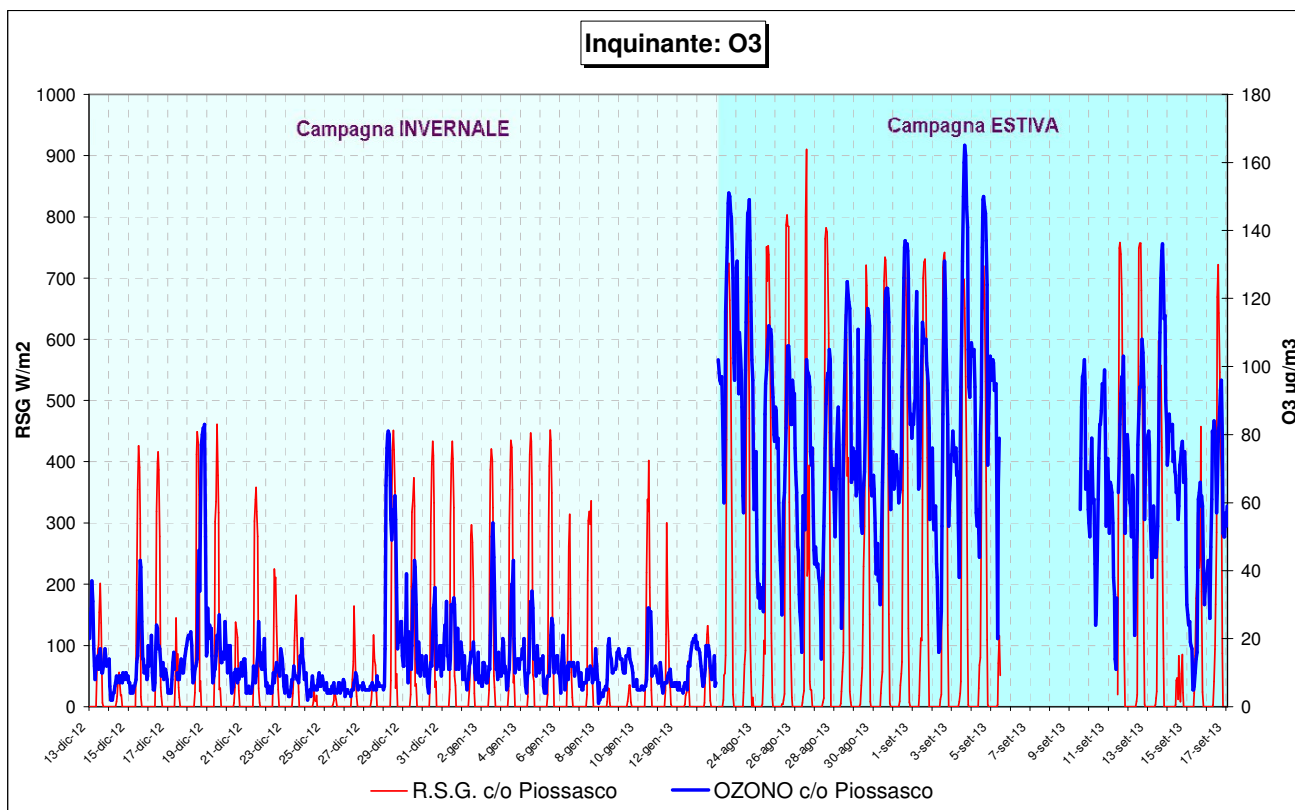
Stazioni di misura	media O3 I campagna (13 dic 2012 - 13 gen 2013)	media O3 II campagna (23 agosto - 17 settembre 2013)	N. superamenti II campagna	N. superamenti anno 2013
Ceresole	90	82	2	58
Druento	24	65	7	72
Ivrea	19	67	0	31
Orbassano	12	77	7	66
Pinerolo	19	66	1	45
Susa	34	76	4	38
<b>Mobilab c/o PIOSSASCO</b>	<b>13</b>	<b>77</b>	<b>5</b>	<b>-</b>
Torino Lingotto	10	62	1	39
Vinovo	12	57	4	47

**Figura 37** – O<sub>3</sub>: andamento della concentrazione oraria e confronto con i limiti di legge.

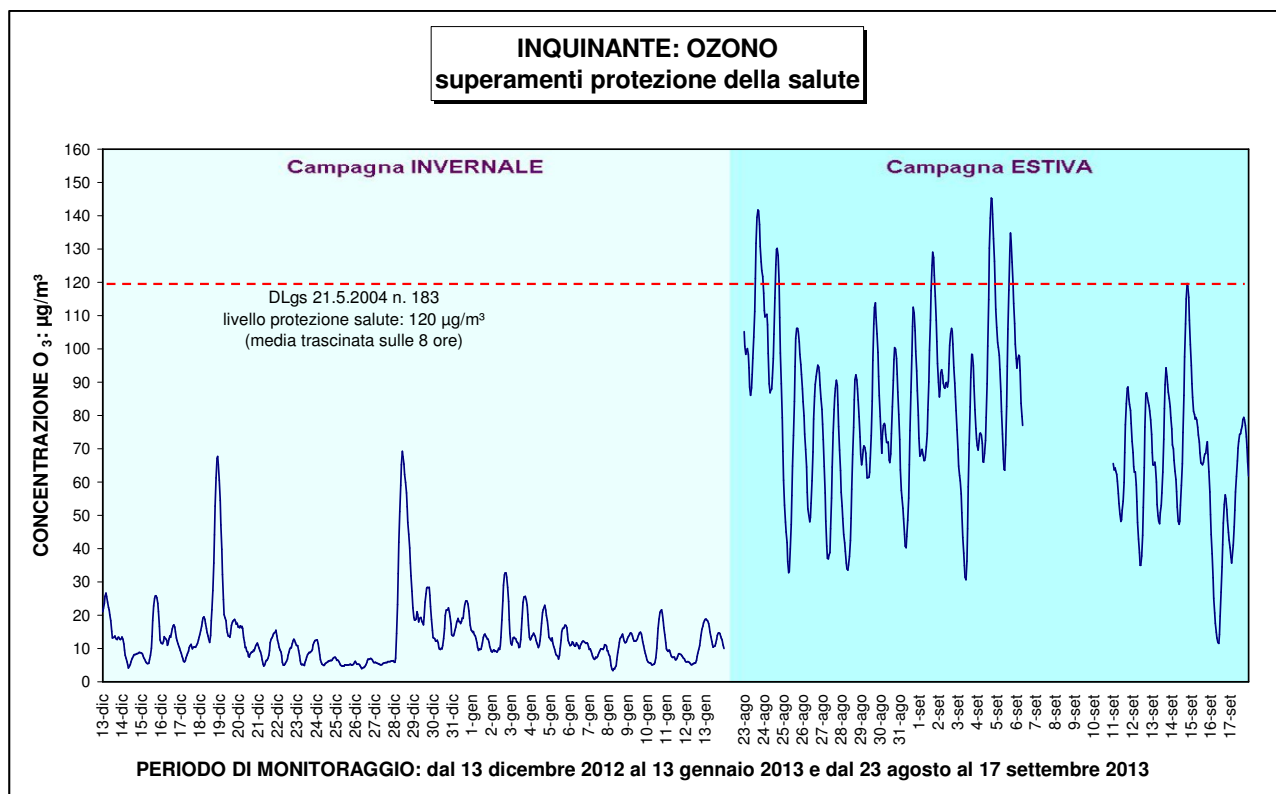


\* Il laboratorio mobile è stato rimosso dal sito di analisi dal 6 al 9 settembre 2013.

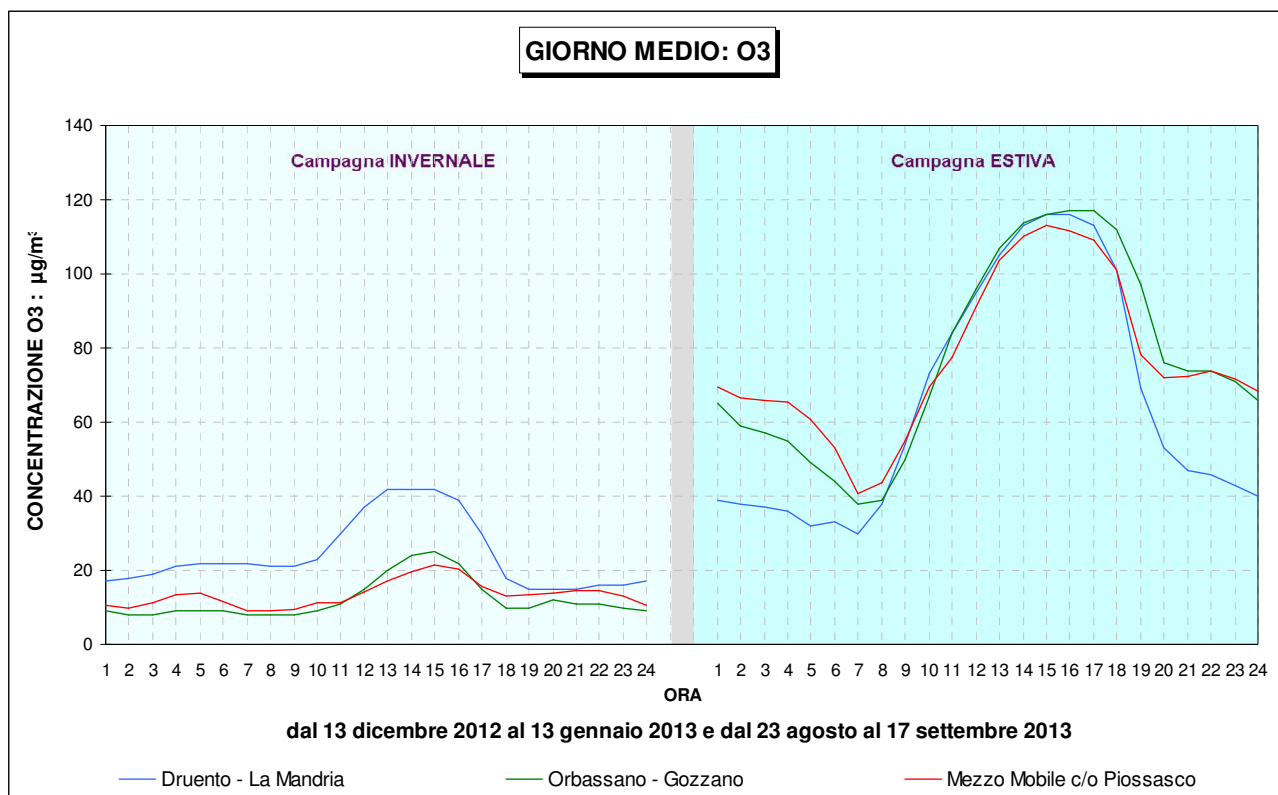
**Figura 38** – Andamento della concentrazione oraria di Ozono e Radiazione Solare (R.S.G.)



**Figura 39** – O<sub>3</sub>: confronto con i limiti di legge (media trascinata sulle 8 ore).



**Figura 40 – O<sub>3</sub>: andamento giorno medio - confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio**



## CONCLUSIONI

Lo stato della qualità dell'aria emerso per il comune di Piossasco a seguito della campagna di monitoraggio condotta con l'utilizzo del Laboratorio Mobile rispecchia quanto 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 PM<sub>10</sub> nella campagna invernale e per l'ozono nella campagna estiva.

Il limite giornaliero di 50 µg/m<sup>3</sup> per le polveri PM<sub>10</sub> è stato superato 25 volte nel corso della prima campagna di misura, dal 13 dicembre al 13 gennaio 2013; che corrisponde a ben l'81 % dei valori validi. I pochi giorni in cui non è stato superato il limite normativo sono stati in genere caratterizzati da eventi piovosi di media entità che hanno fatto scendere il livello delle polveri in tutto il territorio provinciale.

La concentrazione media di PM<sub>10</sub> registrata a Piossasco durante la campagna invernale è comunque piuttosto alta, 62 µg/m<sup>3</sup>, superiore sia alla concentrazione media di PM<sub>10</sub> ottenuta escludendo i dati delle stazioni site nel comune di Torino - 46 µg/m<sup>3</sup> - sia alla media complessiva della Provincia di Torino - pari a 56 µg/m<sup>3</sup>. Anche il numero di superamenti del limite giornaliero di 50 µg/m<sup>3</sup> registrati nel comune di Piossasco appare più alto del numero medio di superamenti della provincia di Torino nello stesso periodo.

La durata complessiva del campionamento nel comune di Piossasco non permette il confronto formale con i limiti di legge annuali, Ma facendo ricorso ad una semplice formula matematica, per il comune di Piossasco è stato possibile stimare una concentrazione media annua di PM<sub>10</sub> di 33 µg/m<sup>3</sup>. Tale valore è in linea con quelli di altre stazioni suburbane della provincia di Torino, come Borgaro T.se (media di 35 µg/m<sup>3</sup>). Tuttavia anche il dato annuale, benché stimato su poche settimane di misure, è abbastanza elevato come d'altronde per gran parte della provincia Torinese, dove le polveri sottili rappresentano l'inquinante più critico per la qualità dell'aria del territorio.

In ogni caso va ricordato che sulla base delle sole misure effettuate con il laboratorio mobile non è possibile identificare quale fonte inquinante sia prevalentemente responsabile di tale situazione. Gli strumenti di misura 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 auto veicolare, impianti di riscaldamento civile, impianti industriali ecc.).

Durante la campagna estiva di monitoraggio solo l'ozono ha fatto registrare superamenti dei limiti normativi. Dal 23 agosto al 17 settembre 2013 è stato superato 5 volte l'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 120 µg/m<sup>3</sup>).

La normativa attualmente in vigore (D.Lgs 155/2010) prevede che a partire dal 2010 il valore di 120 µg/m<sup>3</sup> 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 Piossasco 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 Piossasco - hanno superato il valore obiettivo più di 25 volte nel corso del 2013 è presumibile che anche nel sito di Piossasco tale limite verrebbe superato qualora l'ozono venisse monitorato in continuo per un anno intero.

D'altronde il periodo critico per questo inquinante è proprio la stagione estiva, in cui la concentrazione di ozono può raggiungere valori molto alti e superare più volte i limiti di legge.

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 e per il  $PM_{10}$  in particolare, 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.

## **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** **API 200**

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 : 0.4 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** **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**

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>