

**CAMPAGNA DI RILEVAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA  
CON UTILIZZO DEI LABORATORI MOBILI DI ARPA PIEMONTE E LTF SPA IN PARALLELO  
NEL COMUNE CHIOMONTE – scuola elementare , via Asilo Augusto Levis**

**RELAZIONE 2ª CAMPAGNA (18 novembre – 09 dicembre 2013)**



## **SOMMARIO**

<b>OBIETTIVI DELLA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO.....</b>	<b>2</b>
<i>Il quadro normativo.....</i>	<i>4</i>
<b>ELABORAZIONE DEI DATI METEOROLOGICI .....</b>	<b>7</b>
<b>ELABORAZIONE DEI DATI RELATIVI AGLI INQUINANTI ATMOSFERICI .....</b>	<b>13</b>
Biossido di zolfo .....	14
Monossido di Carbonio .....	16
Ossidi di Azoto .....	18
Benzene.....	22
Particolato Sospeso (PM10).....	25
Particolato Sospeso (PM2,5).....	28
Ozono .....	29
Metalli e Benzo(a)Pirene .....	31
 <b>Conclusioni .....</b>	 <b>34</b>
 <b>APPENDICE - SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI .....</b>	 <b>35</b>

## **OBIETTIVI DELLA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO**

La campagna di monitoraggio nel Comune di Chiomonte è stata organizzata per verificare in parallelo le attività di monitoraggio condotte da Fenice S.p.A. per conto della Società Lyon Turin Ferroviarie S.A.S. (LTF). Il sito scelto per il controllo si trova all'interno del cortile della scuola elementare di via Augusto Levis; il laboratorio mobile di Arpa è stato posizionato di fianco a quello utilizzato da Fenice. Il monitoraggio della seconda campagna è stato condotto dal 18 novembre al 9 dicembre 2013.

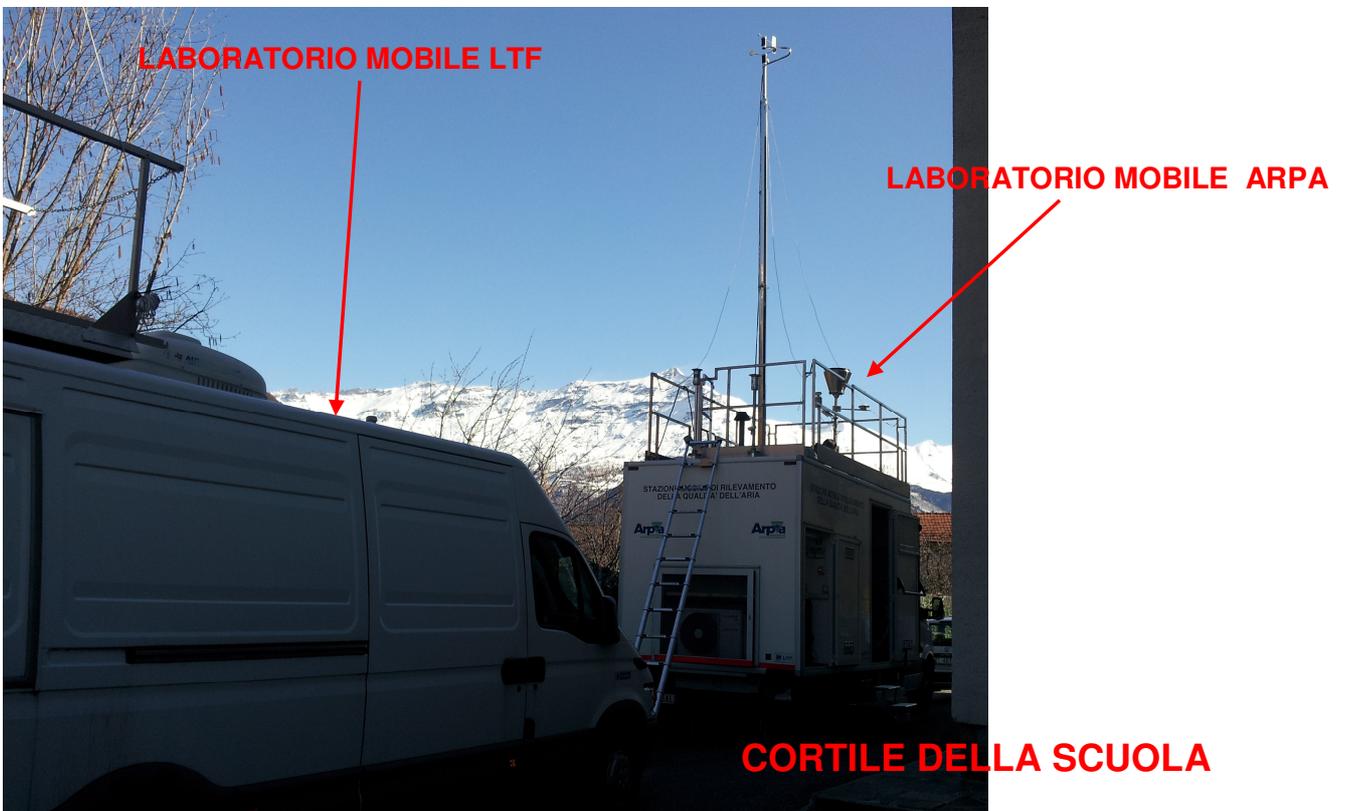
Le Figura 1 Figura 2 evidenziano sulla cartografia del comune di Chiomonte, il luogo scelto per il posizionamento del Mezzo Mobile di rilevazione della qualità dell'aria. La Figura 3 mostra il dettaglio fotografico del sito di campionamento del Laboratorio Mobile.



**Figura 1** - Ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Chiomonte – Scuola elementare (punto evidenziato in rosso)



**Figura 2** - Ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Chiomonte, scuola elementare – dettaglio del sito



**Figura 3** - Ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Chiomonte, scuola elementare – dettaglio fotografico

## IL QUADRO NORMATIVO

Nella Tabella 1, nella Tabella 2 e nella Tabella 3 sono indicati i valori di riferimento previsti dalla normativa attualmente vigente. Per una descrizione più ampia del quadro normativo si rimanda ancora alla pubblicazione "Uno sguardo all'aria - Relazione annuale 2012".

**Tabella 1 – Valori limite per ozono e benzo(a)pirene**

INQUINANTE	LIMITE	PARAMETRO	VALORE DI RIFERIMENTO	SUPERAMENTI CONCESSI
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
	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>	
	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 <sup>(3)</sup>	1 ng/m <sup>3</sup> <sup>(4)</sup>	-

P (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 2 – Valori limite per alcuni inquinanti atmosferici (D.Lgs. 13/08/2010 n.155)**

INQUINANTE	LIMITE	PERIODO DI MEDIAZIONE	VALORE DI RIFERIMENTO	SUPERAMENTI CONCESSI
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
	Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	24 ore	125 µg/m <sup>3</sup>	3 volte/anno civile
	Valore limite per la protezione degli ecosistemi	anno civile inverno (1 ott -31 mar)	20 µg/m <sup>3</sup>	--
BIOSSIDO DI AZOTO (NO <sub>2</sub> ) e OSSIDI DI AZOTO (NO <sub>x</sub> )	Soglia di allarme	3 ore consecutive	500 µg/m <sup>3</sup>	--
	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
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 µg/m <sup>3</sup> (NO <sub>2</sub> )	--
MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)	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> )	--
	Valore limite per la protezione della salute umana	media massima giornaliera su 8 ore	10 mg/m <sup>3</sup>	---
PIOMBO (Pb)	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	0.5 µg/m <sup>3</sup>	---
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
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 µg/m <sup>3</sup>	---
BENZENE	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	5 µg/m <sup>3</sup>	---

**Tabella 3** – 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.

Il D.Lgs 155/2010 prevede, inoltre, indicatori relativi al PM<sub>2.5</sub> ed 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>.

## ELABORAZIONE DEI DATI METEOROLOGICI

Nelle pagine successive vengono presentate le elaborazioni statistiche e grafiche relative ai dati meteorologici 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 (Tabella 4) che evidenzia i valori minimo, massimo e medio delle medie orarie, oltre alla percentuale dei dati validi.

I parametri meteorologici vengono misurati utilizzando sensori posti direttamente sul mezzo mobile. I parametri meteorologici determinati sono elencati di seguito, unitamente alle rispettive abbreviazioni ed unità di misura. Non sono disponibili i dati di radiazione solare in quanto il sensore non ha funzionato correttamente durante il monitoraggio.

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>

	RADIAZIONE SOLARE GLOBALE	TEMPERATURA	UMIDITA' RELATIVA	PRESSIONE ATMOSFERICA	VELOCITA' VENTO
	W/m <sup>2</sup>	°C	%	mbar	m/s
Minima media giornaliera	-	-1.6	28	910.7	0.6
Massima media giornaliera	-	10.8	99	941.3	2.9
Media delle medie giornaliere	-	3	63.6	929.8	1.5
Giorni validi	-	20	20	20	19
Percentuale giorni validi	-	91%	91%	91%	86%
Media dei valori orari	-	3	64.2	930	1.4
Massima media oraria	-	14.9	99	944	6.5
Ore valide	-	497	497	499	470
Percentuale ore valide	-	94%	94%	95%	89%

Nota: Durante la campagna il radiometro non ha funzionato correttamente

**Tabella 4** – Dati relativi ai parametri meteorologici nel corso della campagna di monitoraggio

La temperatura media di tutto il periodo (Figura 4) è stata di 3°C; il valore minimo orario si è raggiunto il 28 novembre con - 3 °C, mentre il valore massimo pari a 14,9°C è stato rilevato il 6 dicembre alle ore 14.

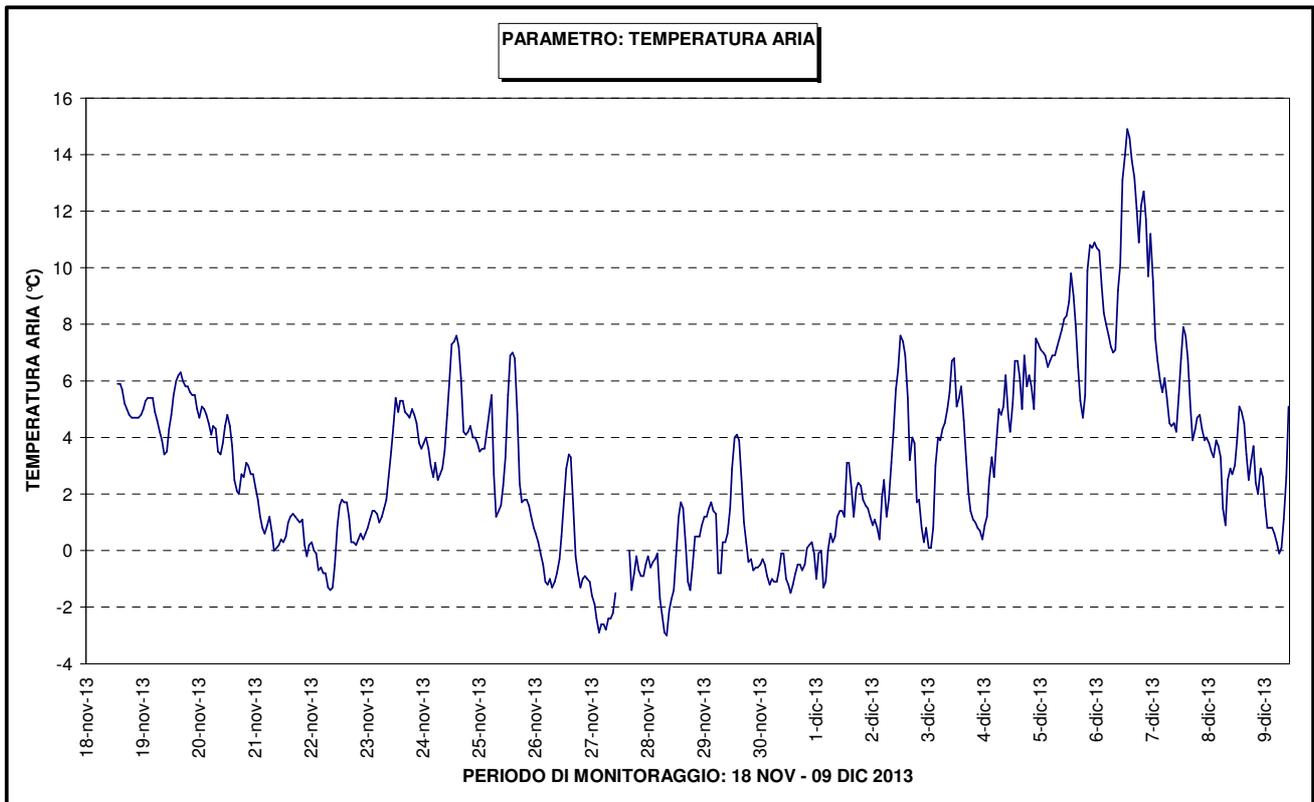
In accordo con la Figura 12 riportante le precipitazioni del periodo, in Figura 5 si osserva che le giornate con umidità massima sono state quelle piovose, in particolare tra il 18 e il 20 novembre e l' 1 e 2 dicembre, mentre è scesa nelle giornate con temperature maggiori, tra il 4 e 7 dicembre.

Per quanto riguarda i venti, la velocità media è stata pari a 1,4 m/s, con massime orarie pari a 6,5 m/s. Nei grafici riportanti le rose dei venti è fornita l'indicazione relativa alle calme di vento: si osserva che il 32,1% dei dati di vento sono caratterizzati da velocità inferiori a 0,5 m/s.

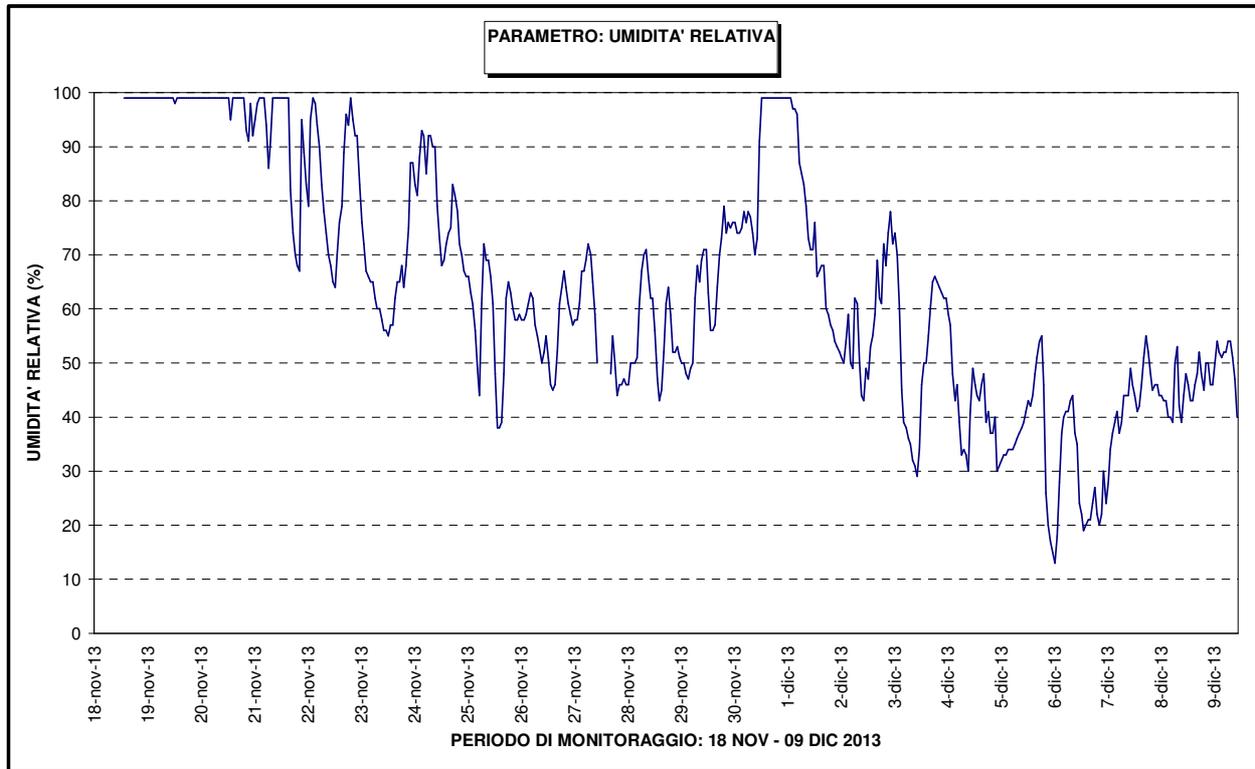
Le elaborazioni relative alla direzione dei venti (Figura 8) indicano che buona parte degli episodi si collocano tra il settore WSW. Esaminando più nel dettaglio la situazione, è possibile evidenziare che tale provenienza caratterizza prevalentemente il periodo notturno (Figura 10) mentre di giorno per circa il 25% dei casi i venti provengono anche dalla direzione SSE (Figura 9). Nella notte sono maggiori i fenomeni di calma di vento.

Per quanto riguarda il campo pressorio nel corso dei 22 giorni della campagna si è attestato tra i 908 ed i 944 mbar (Figura 6).

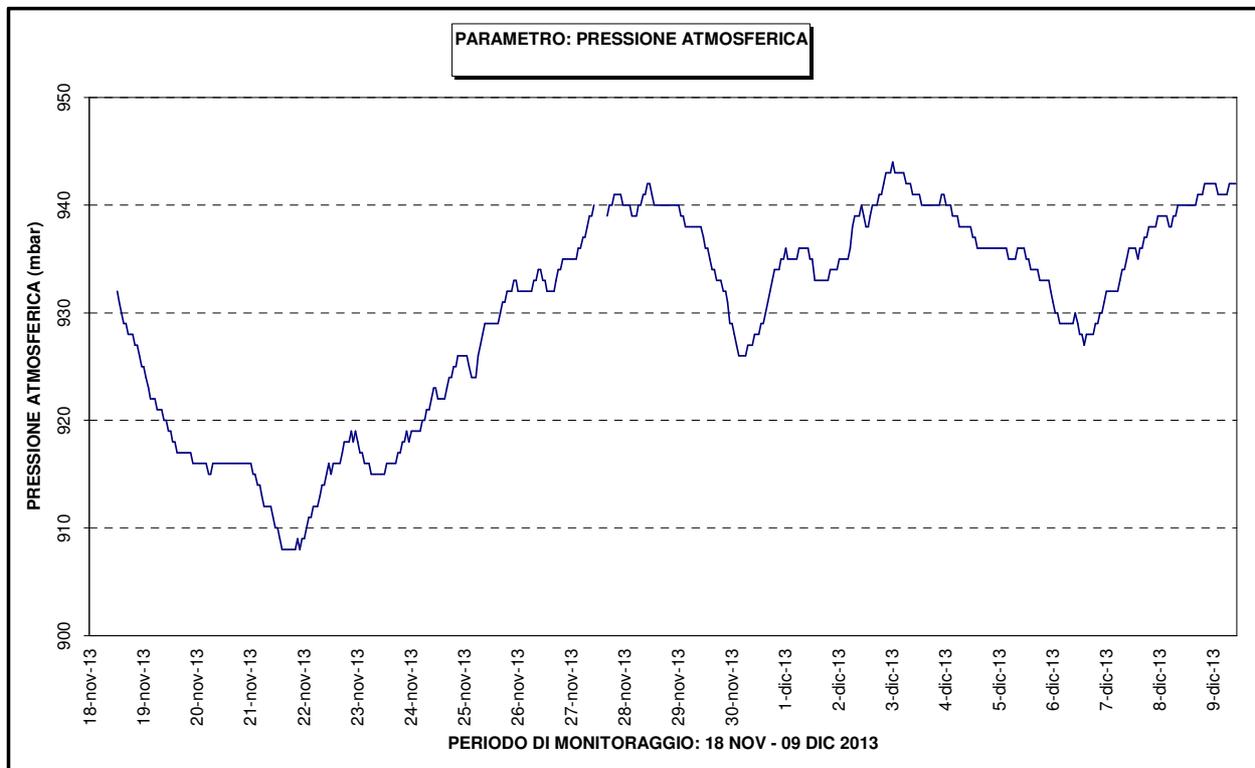
**Figura 4:-** Andamento di temperatura durante la campagna di monitoraggio



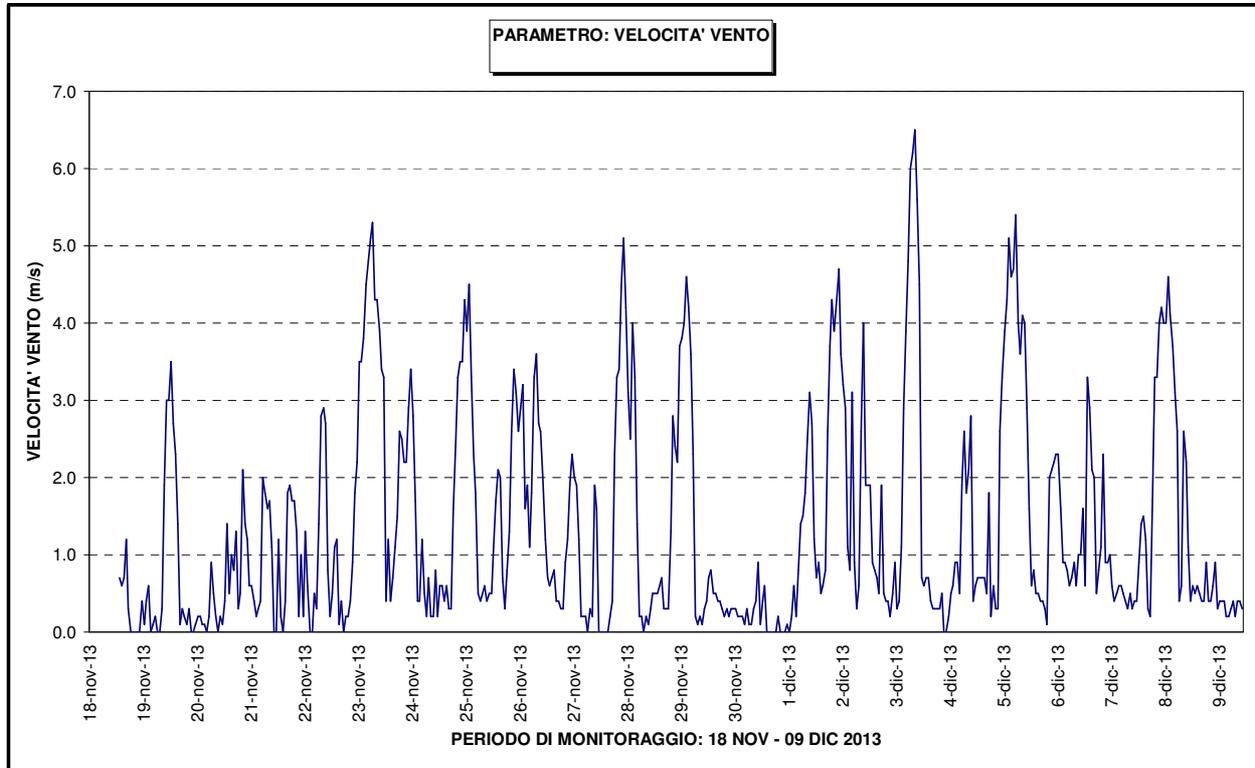
**Figura 5**– Andamento dell'umidità relativa nel corso della campagna di monitoraggio



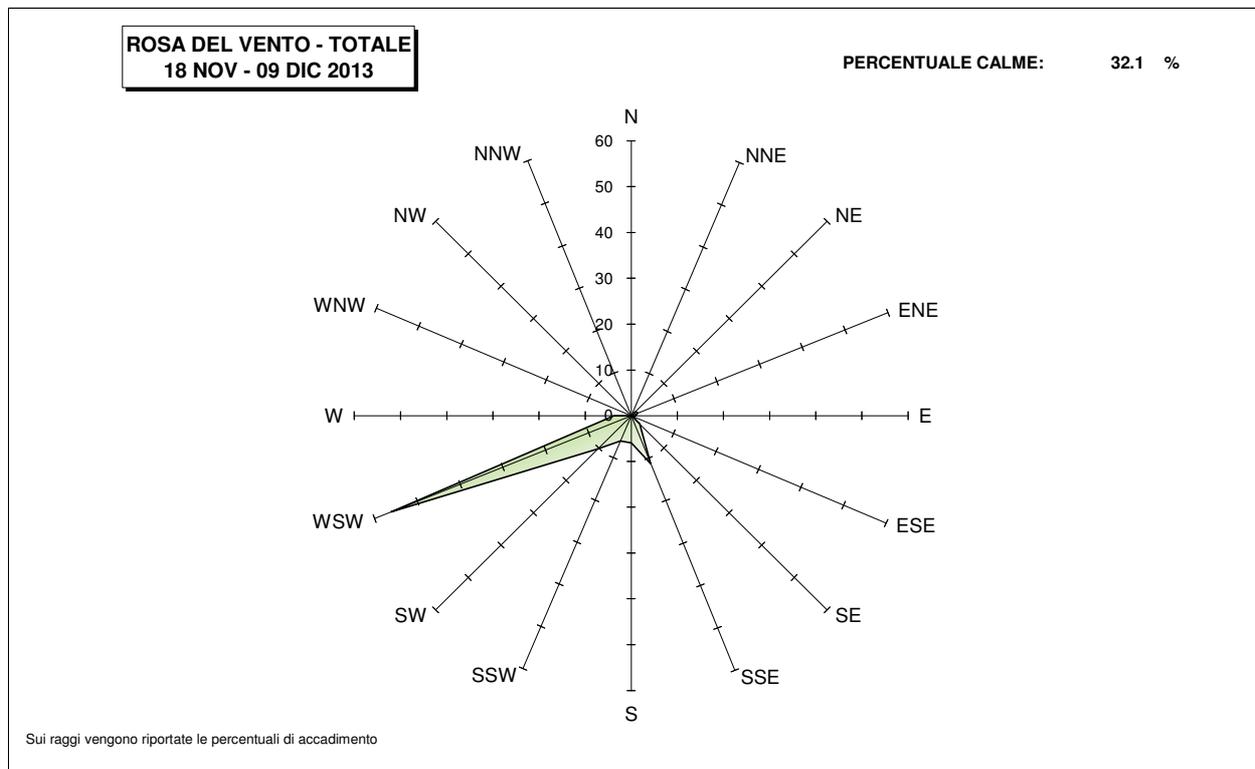
**Figura 6**– Andamento della pressione atmosferica nel corso della campagna di monitoraggio



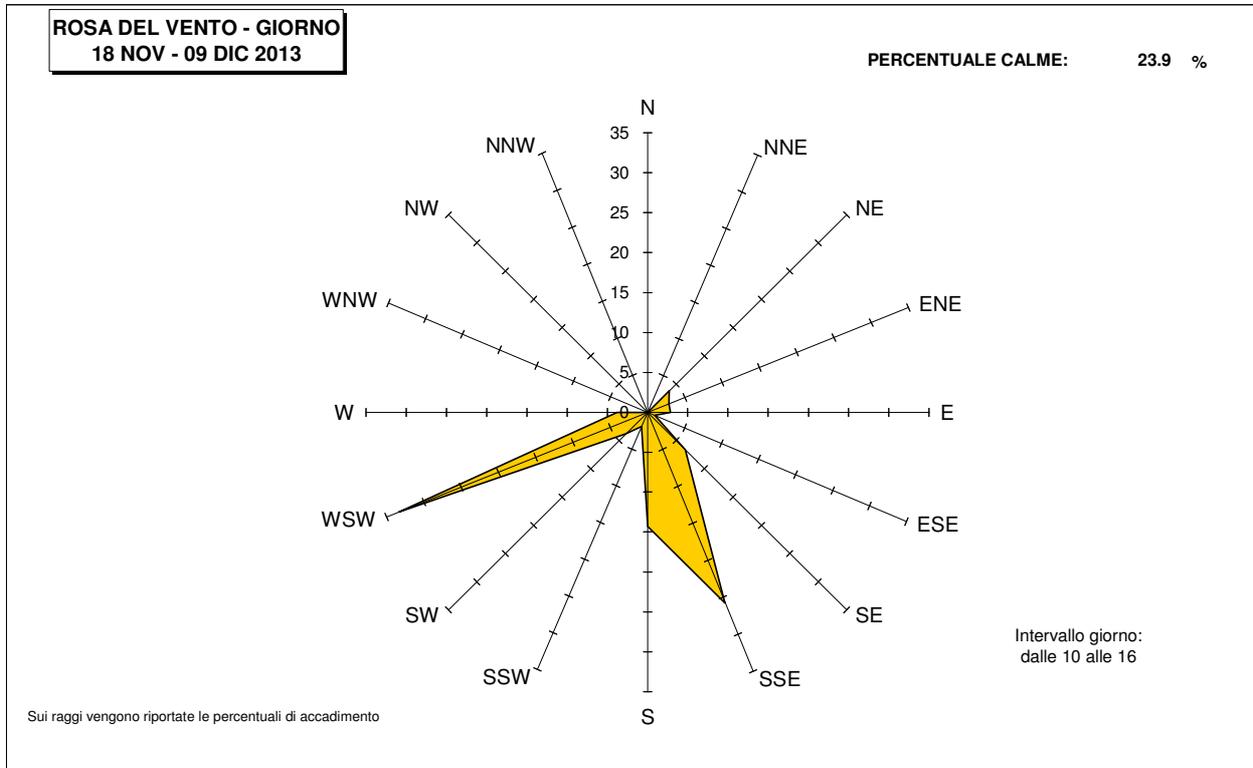
**Figura 7-** Andamento della velocità dei venti nel corso della campagna di monitoraggio



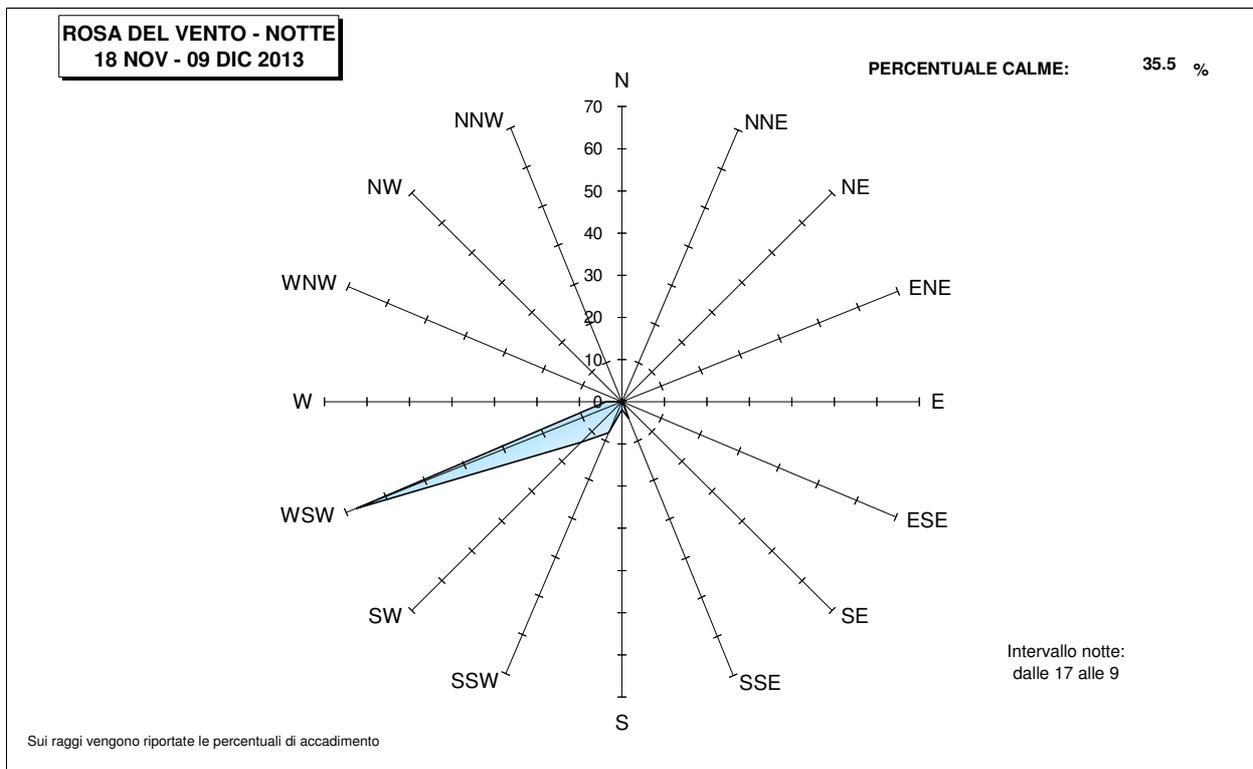
**Figura 8:** – Rosa dei venti totale nel corso della campagna di monitoraggio



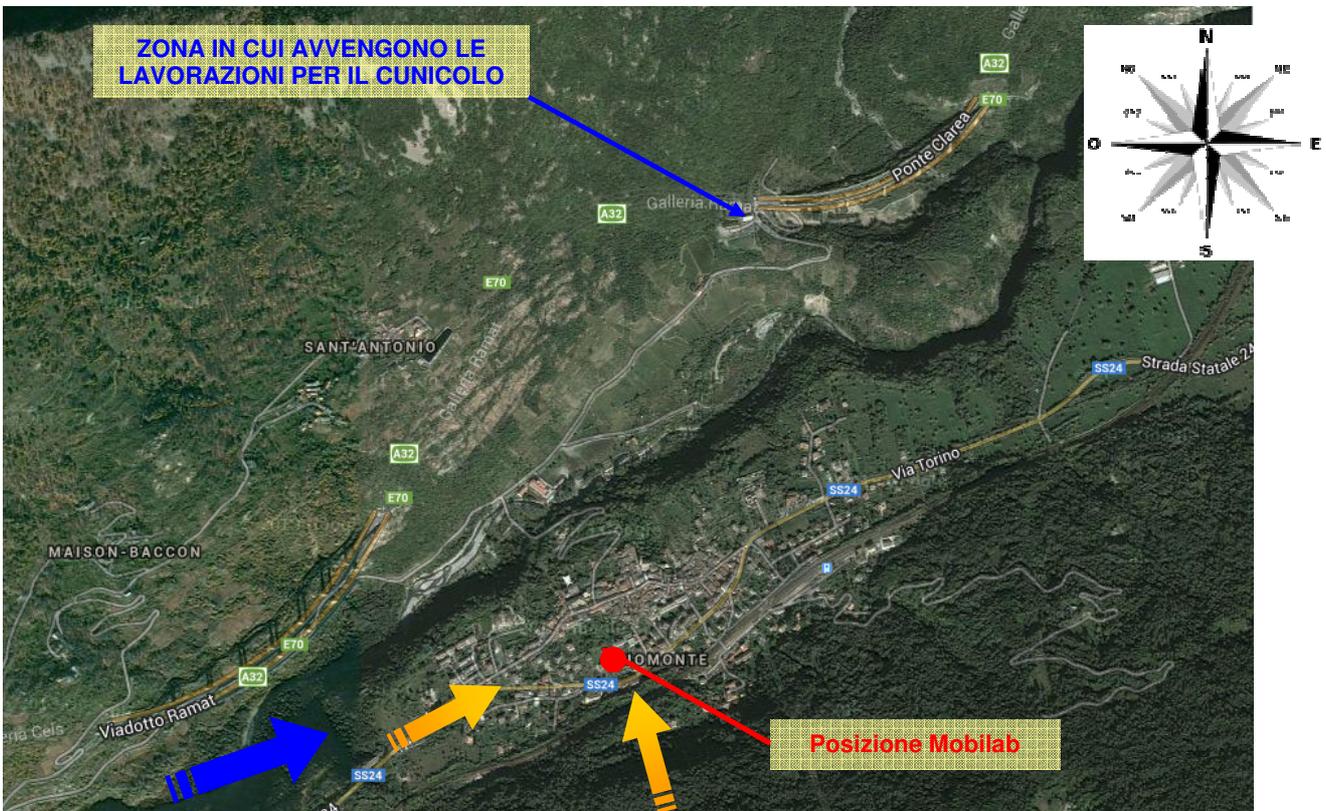
**Figura 9:** Rosa dei venti diurna nel corso della campagna di monitoraggio



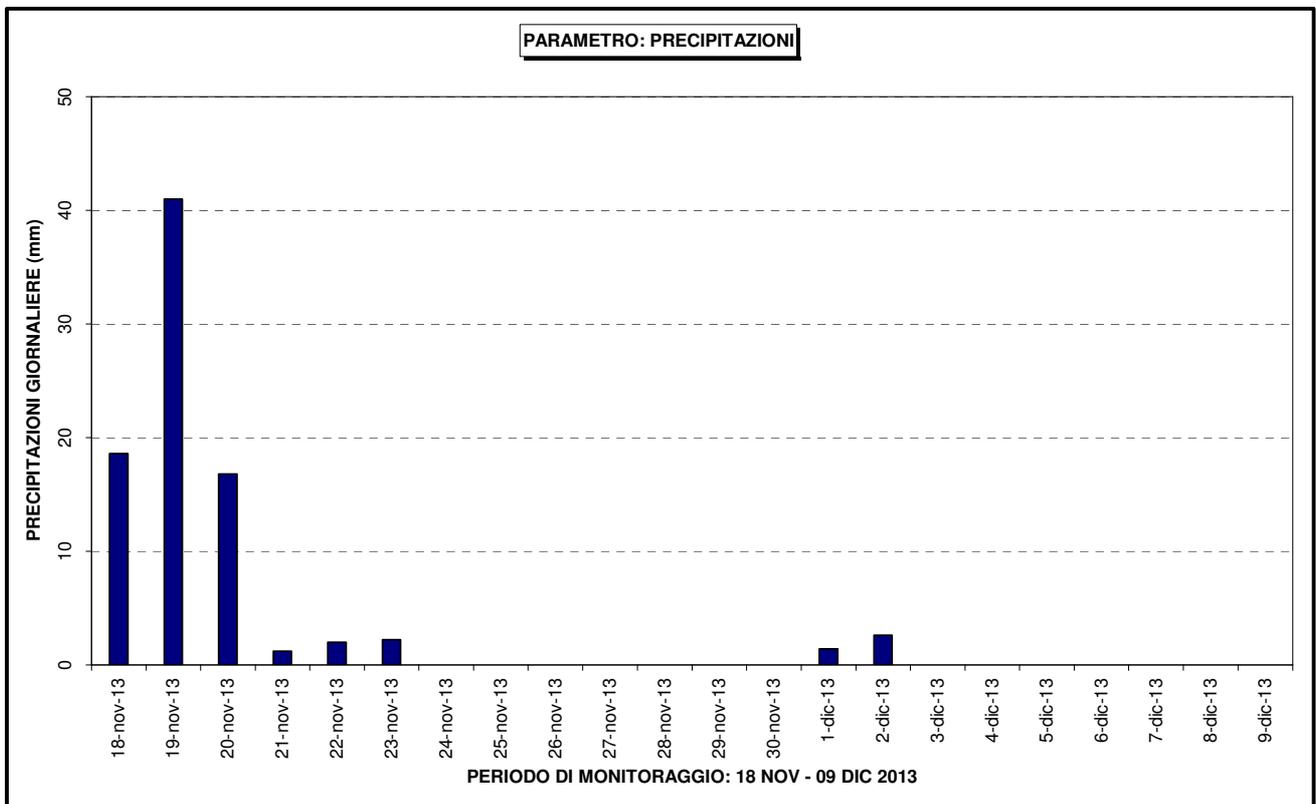
**Figura 10 -** Rosa dei venti notturna nel corso della campagna di monitoraggio



**Figura 11-** Direzione principale dei venti nelle ore diurne (freccia arancione) e notturne (frecche blu).



**Figura 12-** Precipitazioni nel corso della campagna di monitoraggio



## **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 le formule chimiche, utilizzate come abbreviazioni:

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

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/> nel quale è possibile registrarsi, e una volta accettata la licenza, consultare o scaricare i dati della rete di monitoraggio.

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.

## Biossido di zolfo

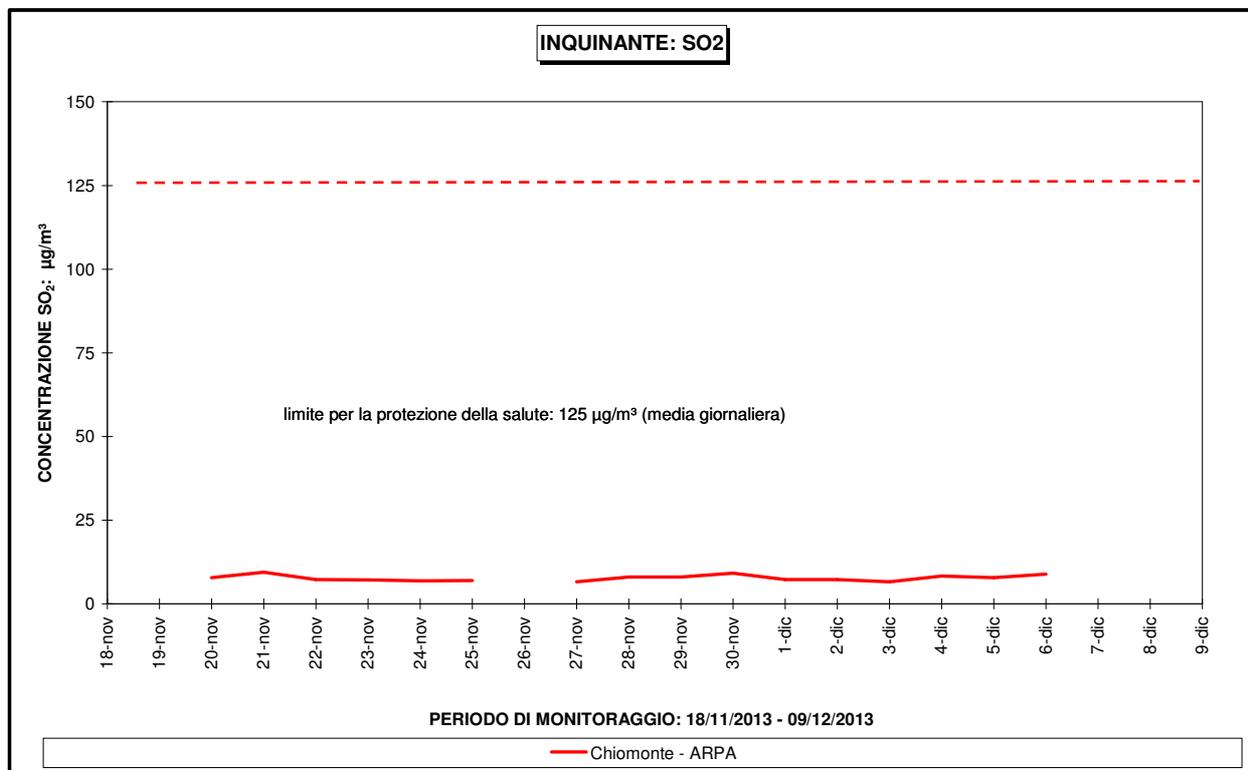
**Tabella 5** – Dati relativi al biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>) (µg/m<sup>3</sup>)

	LTF	ARPA
Minima media giornaliera	2	7
Massima media giornaliera	4	9
Media delle medie giornaliere	3	8
Giorni validi	21	16
Percentuale giorni validi	95%	73%
Media dei valori orari	3	8
Massima media oraria	7	16
Ore valide	503	384
Percentuale ore valide	95%	73%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (350)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (350)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (125)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (500)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (500)</u>	0	0

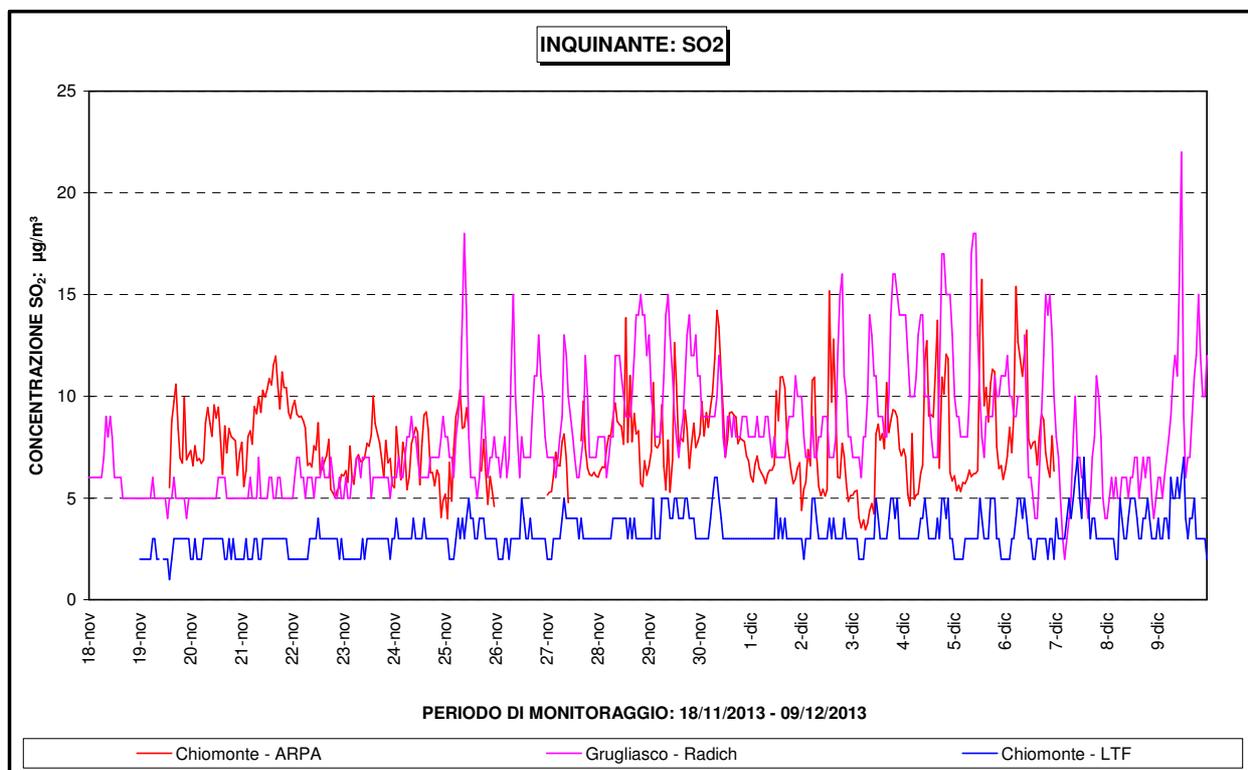
I livelli orari e giornalieri del biossido di zolfo misurato nel Comune di Chiomonte con il laboratorio mobile, sono ampiamente al di sotto dei limiti normativi (Tabella 5, Figura 13). Il massimo valore giornaliero (calcolato come media giornaliera sulle 24 ore), è pari a 9 µg/m<sup>3</sup>, di molto 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>, risultando quindi rispettato anche il livello orario per la protezione della salute fissato a 350 µg/m<sup>3</sup> dal D.Lgs. 155/2010. In Figura 14 le medie orarie di SO<sub>2</sub> registrate a Chiomonte con il laboratorio mobile di Arpa sono state confrontate con i dati rilevati da LTF e con la stazione urbana delle rete fissa di monitoraggio di Grugliasco. I valori di SO<sub>2</sub> relativi al comune di Chiomonte sono inferiori a quelli osservati a Grugliasco, e si nota che il livello registrato con il laboratorio mobile di LTF risulta inferiore rispetto a quello di Arpa: si sottolinea che le misure si attestano a livelli molto bassi, per cui sono affette da maggiori errori e ricadono nell'intervallo dell'incertezza di misura, per cui di fatto non si evidenzia una differenza significativa tra i valori rilevati da Arpa e quelli di LTF.

In generale questo parametro non mostra alcuna criticità e le concentrazioni di SO<sub>2</sub> ormai da diversi anni sono ampiamente al di sotto dei limiti normativi

**Figura 13**– SO<sub>2</sub> confronto con il limite di legge (media giornaliera)



**Figura 14**– SO<sub>2</sub>: andamento della concentrazione oraria e confronto con altre stazioni fisse



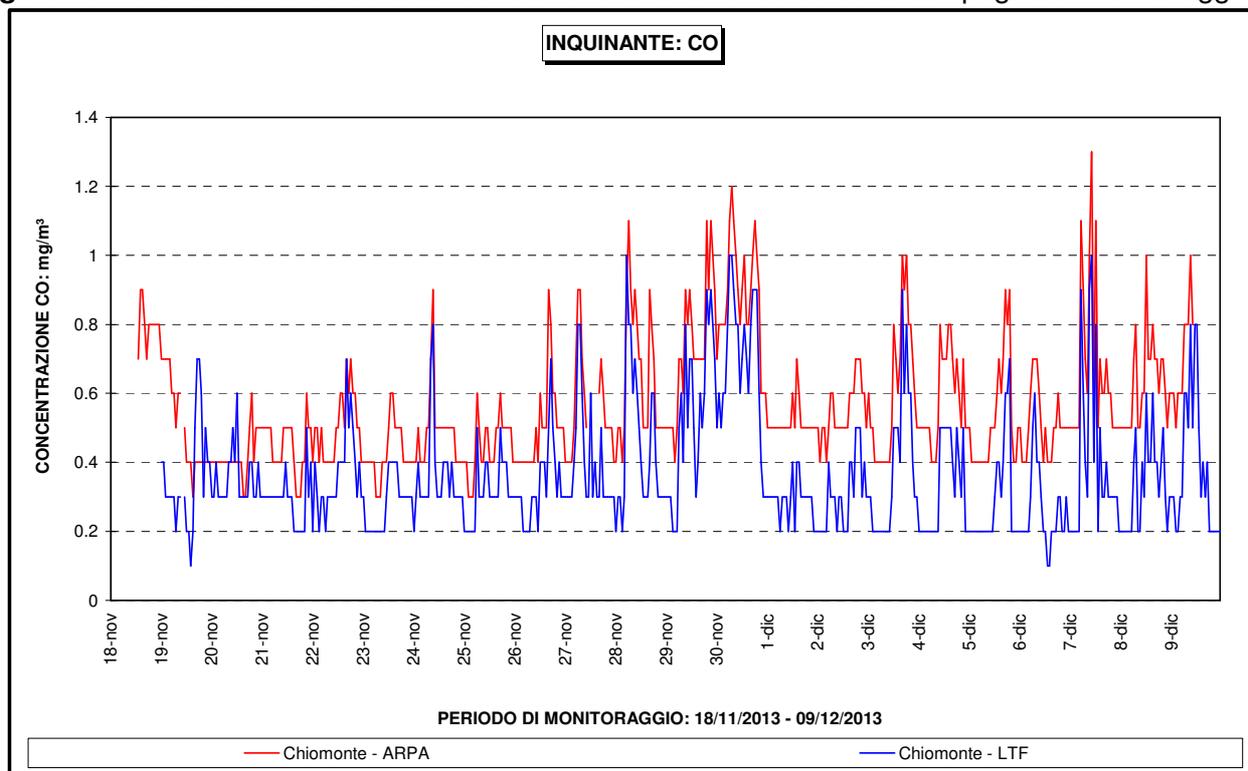
## Monossido di Carbonio

**Tabella 6** – Dati relativi al monossido di carbonio (CO) (mg/m<sup>3</sup>)

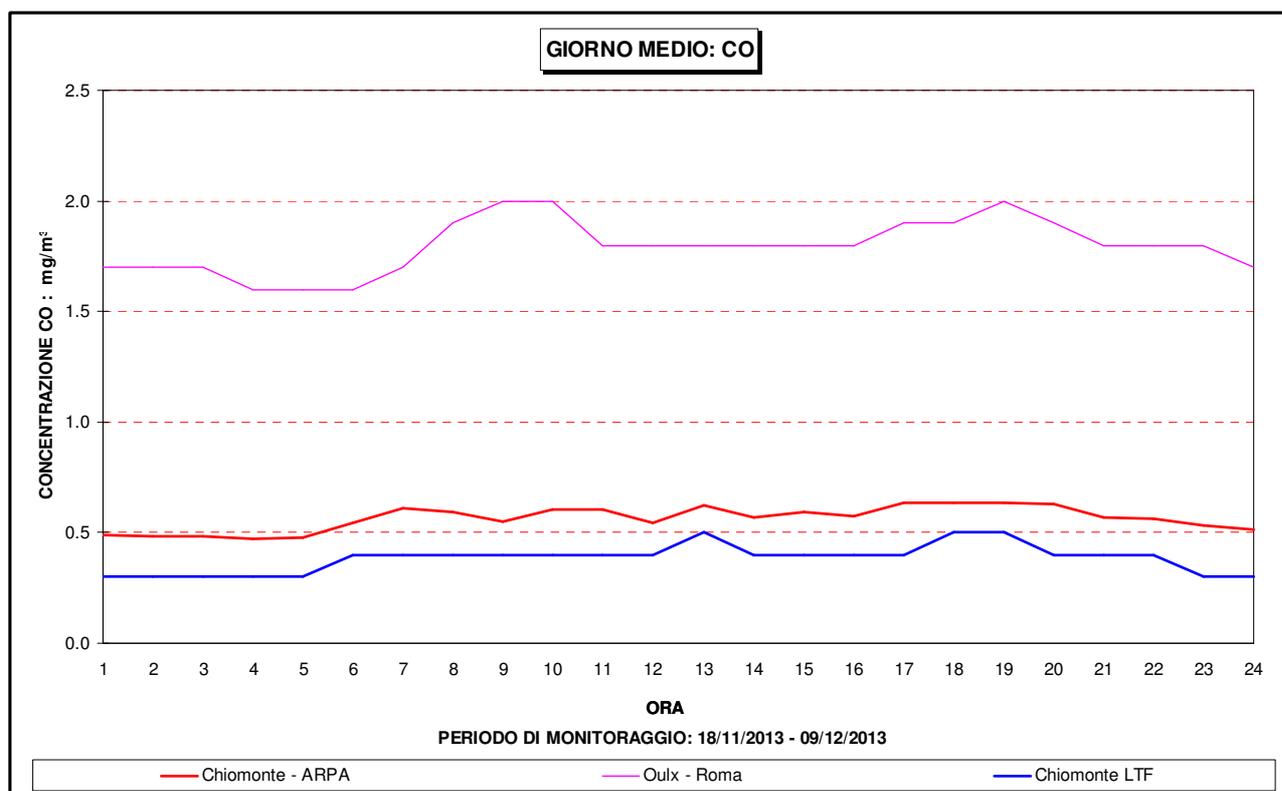
	<b>LTF</b>	<b>ARPA</b>
Minima media giornaliera	0.3	0.4
Massima media giornaliera	0.7	0.9
Media delle medie giornaliere (b):	0.4	0.5
Giorni validi	21	20
Percentuale giorni validi	95%	91%
Media dei valori orari	0.4	0.6
Massima media oraria	1	1.3
Ore valide	503	496
Percentuale ore valide	95%	94%
Minimo medie 8 ore	0.2	0.4
Media delle medie 8 ore	0.4	0.6
Massimo medie 8 ore	0.8	1
Percentuale medie 8 ore valide	95%	93%
<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>

I dati misurati durante la campagna nel Comune di Chiomonte confermano quanto osservato su scala regionale in merito al rispetto dei limiti normativi. Il D.Lgs 155 del 13/08/2010 prevede un limite di 10 mg/m<sup>3</sup>, calcolato come media su otto ore consecutive: tale limite viene ampiamente rispettato dal sito in esame il cui valore massimo su otto ore è pari a 0.8 mg/m<sup>3</sup> (Tabella 6). Nelle Figura 15 e Figura 16 viene riportato il confronto con i dati di LTF e con la postazione fissa della rete regionale di monitoraggio di Oulx. Dai grafici si nota che i livelli e i valori di CO nelle tre stazioni sono molto bassi, in particolare nel sito di Chiomonte.

**Figura 15**– CO: andamento della concentrazione oraria nel corso della campagna di monitoraggio



**Figura 16**– CO: giorno medio confronto con stazione di Oulx della rete fissa.



## Ossidi di Azoto

### Monossido di Azoto

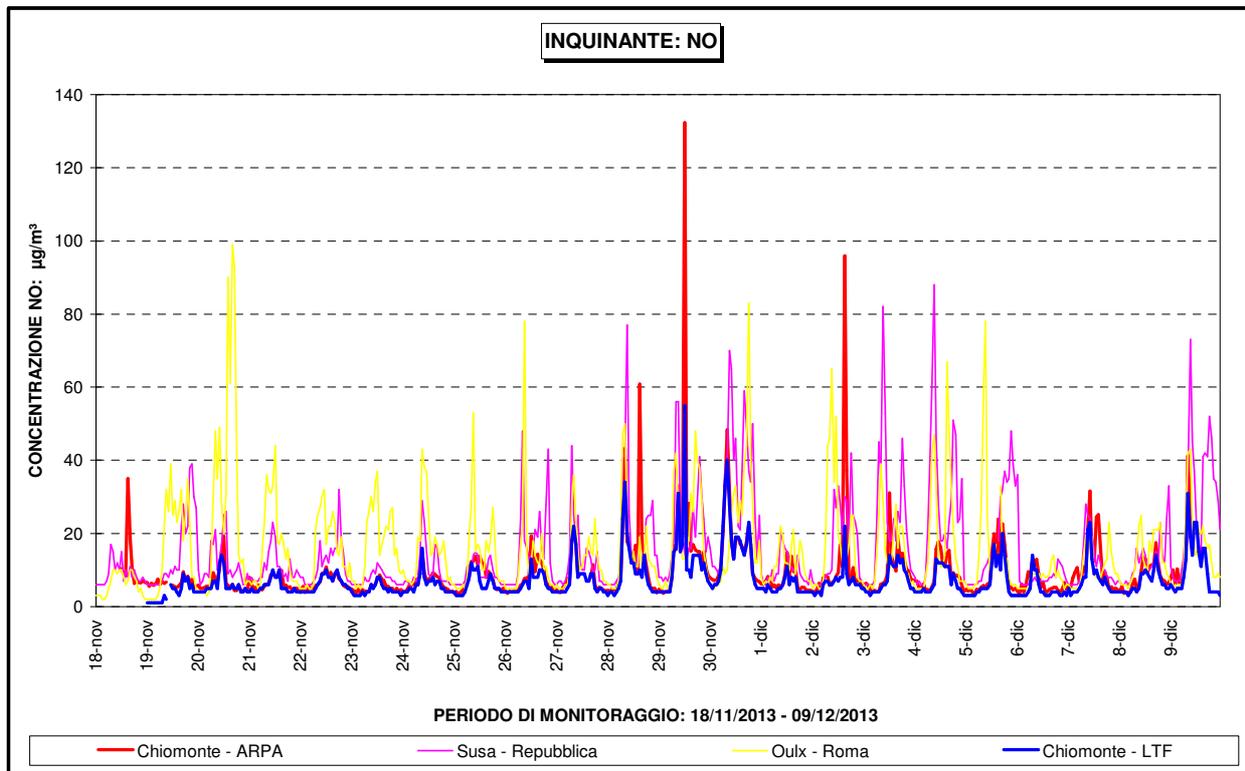
Tabella 7 – Dati relativi al monossido di azoto (NO) ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

	LTF	ARPA
Minima media giornaliera	4	5
Massima media giornaliera	15	18
Media delle medie giornaliere (b):	7	9
Giorni validi	21	20
Percentuale giorni validi	95%	91%
Media dei valori orari	7	9
Massima media oraria	55	132
Ore valide	503	496
Percentuale ore valide	95%	94%

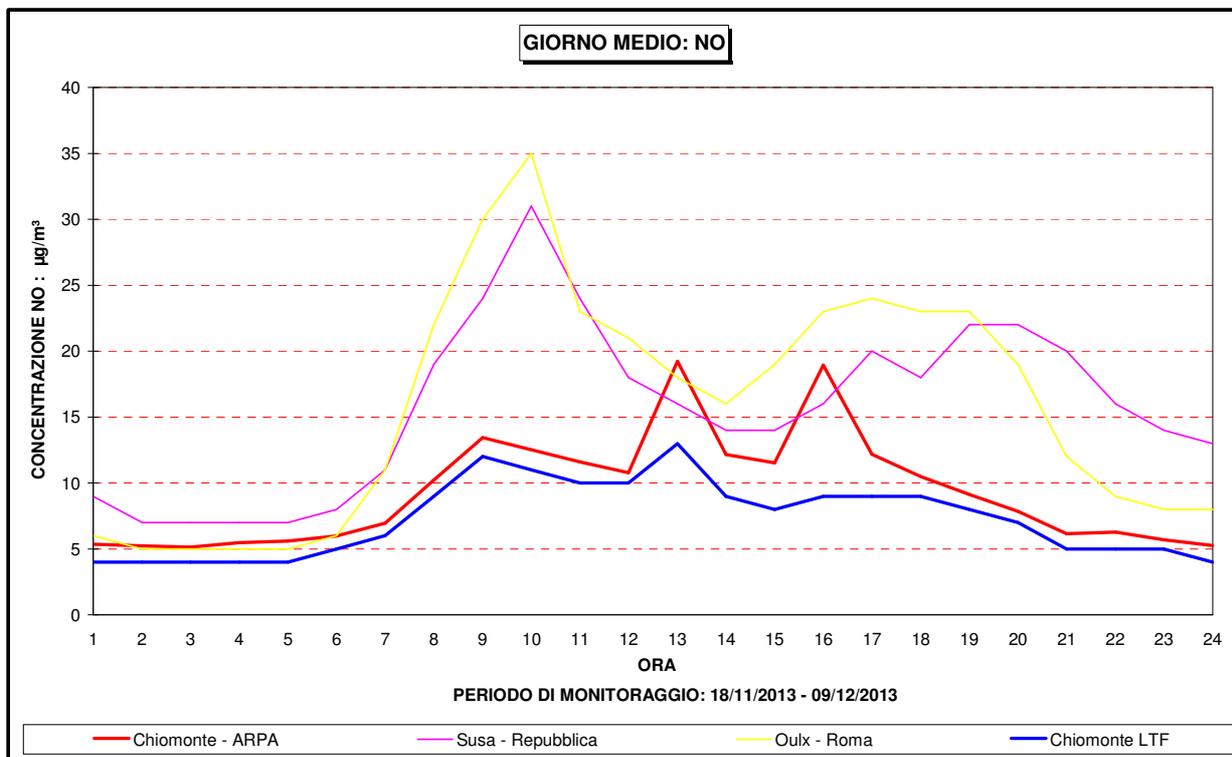
Benché la normativa non preveda valori limite di concentrazione nell'aria, il **monossido di azoto** (NO), viene comunque misurato perché, trasformandosi in biossido di azoto in presenza di ossigeno e ozono, rappresenta uno dei precursori dell'inquinamento fotochimico.

Nel corso della campagna di monitoraggio nel Comune di Chiomonte il livello di NO (Figura 17 e Figura 18) risulta simile alle stazioni fisse di Susa e Oulx; quest'ultime presentano picchi più evidenti nelle ore di maggiore traffico. Presso il sito di Chiomonte gli strumenti dei due laboratori mobili hanno registrato valori molto simili, ad eccezione di 2 picchi orari del 29 novembre e 2 dicembre, che entrambi gli analizzatori hanno rilevato, ma per lo strumento di Arpa risultano di entità maggiore pari rispettivamente nelle due giornate a 132 e 96  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Il valore medio dell'intera campagna registrato con il laboratorio di Arpa è pari a 9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Tabella 7). Il grafico del giorno medio mostra un picco mattutino per le stazioni di Susa e Oulx caratterizzate da maggiore traffico veicolare rispetto al sito di Chiomonte.

**Figura 17**– NO: andamento della concentrazione oraria e confronto con altre stazioni di misura



**Figura 18**– NO: andamento del giorno medio e confronto con stazioni di Susa



## Biossido di azoto

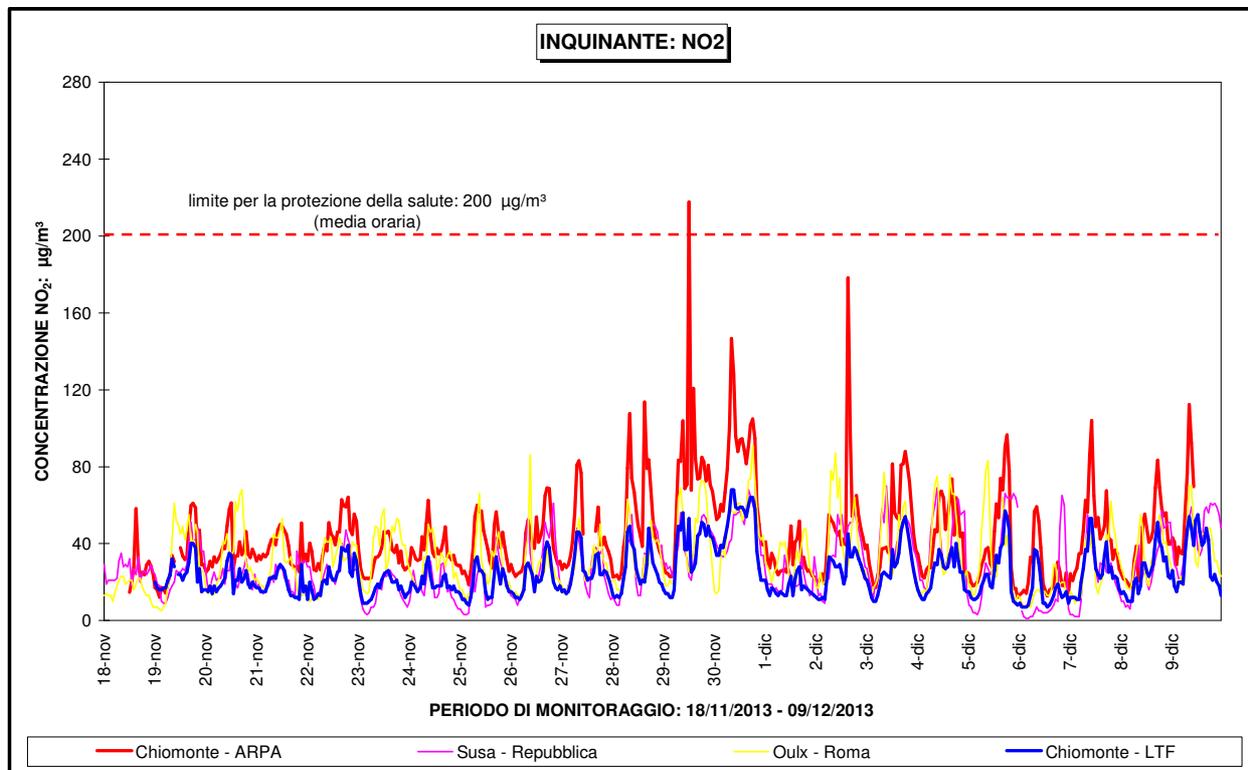
**Tabella 8** – Dati relativi al biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) (µg/m<sup>3</sup>)

	LTF	ARPA
Minima media giornaliera	15	25
Massima media giornaliera	49	80
Media delle medie giornaliere	25	44
Giorni validi	21	20
Percentuale giorni validi	95%	91%
Media dei valori orari	25	44
Massima media oraria	68	218
Ore valide	503	496
Percentuale ore valide	95%	94%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (200)</u>	<b>0</b>	<b>1</b>
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (200)</u>	<b>0</b>	<b>1</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>

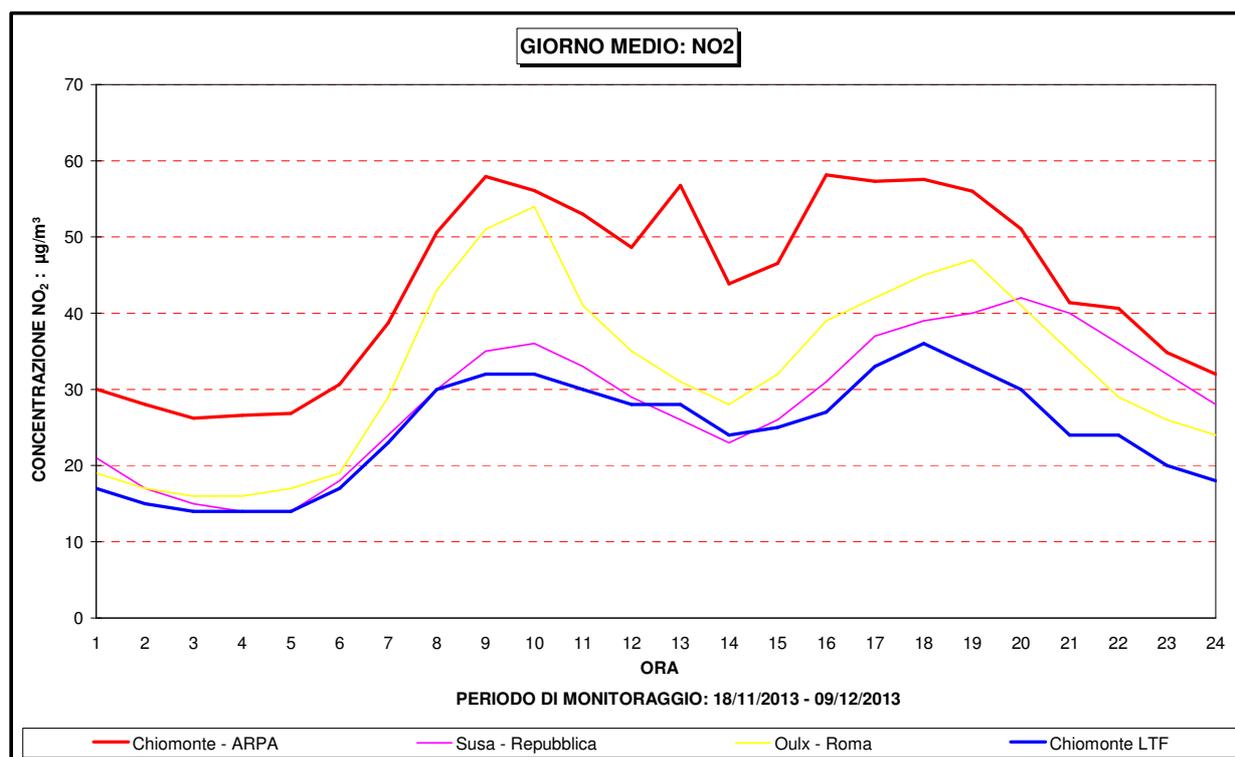
Il **biossido di azoto** (NO<sub>2</sub>) è da ritenersi fra gli inquinanti atmosferici più pericolosi sia perché è per sua natura irritante, sia perché, in presenza di forte irraggiamento solare, entra a far parte del ciclo di una serie di reazioni fotochimiche secondarie che portano alla formazione 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 originato direttamente dai fenomeni di combustione e in parte prodotto indirettamente dall’ossidazione in atmosfera del monossido di azoto (NO) nell’ambito di un insieme complesso di reazioni fotochimiche.

La campagna oggetto della presente relazione è stata condotta nel periodo invernale, in cui normalmente si registrano i livelli più alti per questo inquinante. Il profilo orario registrato con il laboratorio mobile di Arpa è simile a quello osservato presso la stazione di Oulx, mentre la strumentazione di LTF ha registrato livelli inferiori e più simili alla stazione di Susa. Risultano anomali due picchi registrati nelle giornate del 29 novembre e 2 dicembre, concomitanti con quelli osservati per l’NO. Il valore del 29 novembre pari a 218 µg/m<sup>3</sup> risulta superare al livello orario di protezione della salute (livello da non superare più di 18 volte in 1 anno), tuttavia appare come un episodio locale che ha riguardato la singola ora. Nelle ore precedenti e successive, infatti, i livelli sono in linea con quelli registrati durante il resto della campagna. Il 2 dicembre è stato registrato l’altro picco pari a 178 µg/m<sup>3</sup>. Anche il grafico del giorno medio di Figura 20 calcolato con le modalità indicate a pag.13, mostra come i livelli registrati dalla strumentazione Arpa risultino superiori in media di 20 µg/m<sup>3</sup>, con discostamento maggiore nelle ore di picco. Dallo stesso grafico si nota che l’andamento dell’ NO<sub>2</sub> in tutte le stazioni a confronto, è caratterizzato da due campane una al mattino e una nelle ore serali. Pur non presentando i valori rilevati una particolare criticità, data la significativa discrepanza tra quelli misurati da Arpa e quelli misurati da LTF, sotto il profilo tecnico il problema andrà approfondito nelle successive campagne in parallelo acquisendo copia delle procedure utilizzate da LTF nella gestione della strumentazione

**Figura 19**– NO<sub>2</sub> : confronto con i limiti di legge e con i dati di altre stazioni di monitoraggio



**Figura 20**– NO<sub>2</sub> : andamento giorno medio - confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio



## Benzene

**Tabella 9** – Dati relativi al benzene ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

	<b>LTF</b>	<b>ARPA</b>
Minima media giornaliera	0.7	0.3
Massima media giornaliera	4.7	2.1
Media delle medie giornaliere	1.7	0.7
Giorni validi	21	18
Percentuale giorni validi	95%	82%
Media dei valori orari		0.7
Massima media oraria		4.4
Ore valide		438
Percentuale ore valide		83%

**Tabella 10** – Dati relativi al benzene medie giornaliere ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

<b>Giorno</b>	<b>LTF</b>	<b>ARPA</b>
<b>18/11/13</b>	—	—
<b>19/11/13</b>	3.0	—
<b>20/11/13</b>	2.0	n.c.
<b>21/11/13</b>	1.6	0.5
<b>22/11/13</b>	2.1	0.7
<b>23/11/13</b>	1.7	0.5
<b>24/11/13</b>	2.3	0.6
<b>25/11/13</b>	1.9	0.6
<b>26/11/13</b>	1.6	0.5
<b>27/11/13</b>	2.3	1
<b>28/11/13</b>	2.3	0.9
<b>29/11/13</b>	2.3	1.2
<b>30/11/13</b>	4.7	2.1
<b>01/12/13</b>	1.2	0.5
<b>02/12/13</b>	1.6	0.5
<b>03/12/13</b>	0.7	0.7
<b>04/12/13</b>	0.7	0.4
<b>05/12/13</b>	0.7	0.5
<b>06/12/13</b>	0.7	0.3
<b>07/12/13</b>	0.7	0.6
<b>08/12/13</b>	0.7	0.4
<b>09/12/13</b>	0.7	—

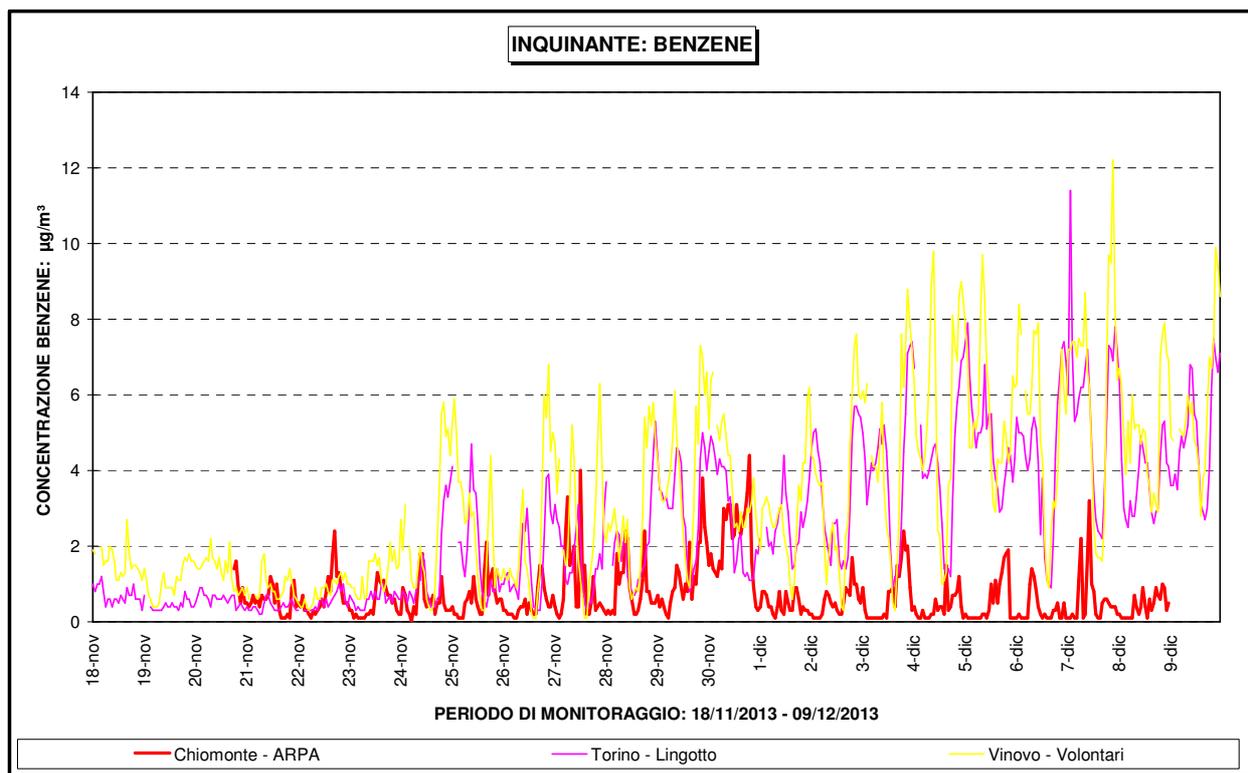
La normativa vigente (D.Lgs 155 del 13/8/2010) prevede per il benzene un limite annuale pari 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  da rispettare dal 2010 in avanti. Il confronto diretto con il limite di legge non è possibile visto il

numero limitato di dati, tuttavia considerando i livelli molto bassi registrati nel corso delle due campagne, anche nel periodo invernale, normalmente caratterizzato da livelli di benzene maggiori, si può dedurre che tale limite a Chiomonte sia rispettato; si consideri anche che a partire dal 2005, il valore limite annuale per il benzene è rispettato su tutte le stazioni della rete provinciale, anche quelle metropolitane di Torino.

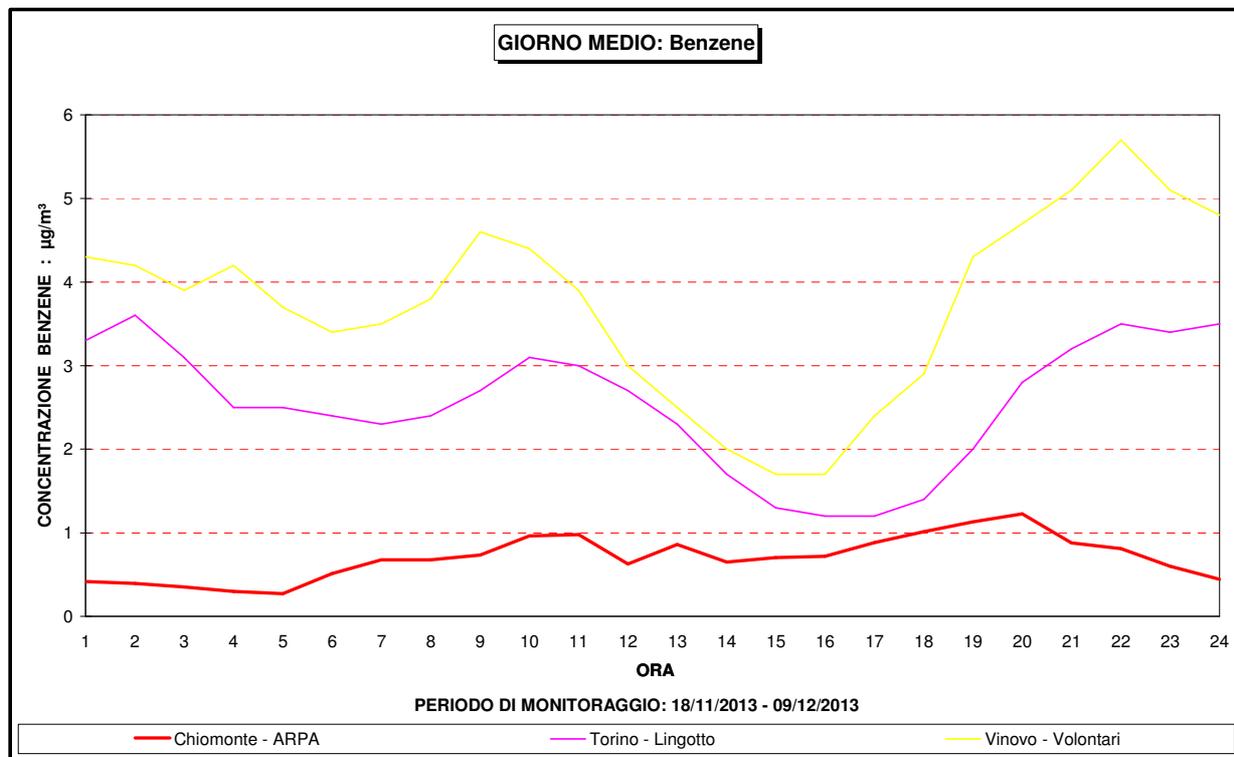
I dati riportati in Tabella 9 rilevati con la strumentazione di Arpa, mostrano livelli particolarmente bassi: il laboratorio di LTF per questo parametro ha registrato livelli leggermente superiori, tuttavia la media del periodo è pari a  $1,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Per una corretta interpretazione dei dati occorre considerare che, mentre il laboratorio mobile di Arpa Piemonte dispone di uno strumento di misura in continuo che misura valori medi orari, LTF, determina il benzene mediante prelievo giornaliero su fiala e successiva analisi di laboratorio.

La Figura 22 mostra che il livello rilevato a Chiomonte è inferiore a quello delle due stazioni dell'area metropolitana di Torino-Lingotto e Vinovo che sono poste in aree di fondo urbano in cui si registrano valori di benzene particolarmente bassi.

**Figura 21**– Benzene: andamento della concentrazione oraria



**Figura 22** – Benzene: andamento del giorno medio



## Particolato Sospeso (PM10)

**Tabella 11** – Dati relativi al particolato sospeso PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) presso il sito di monitoraggio

	LTF	ARPA
Minima media giornaliera	10	5
Massima media giornaliera	56	41
Media delle medie giornaliere	23	11
Giorni validi	22	18
Percentuale giorni validi	100%	82%
Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	1	0

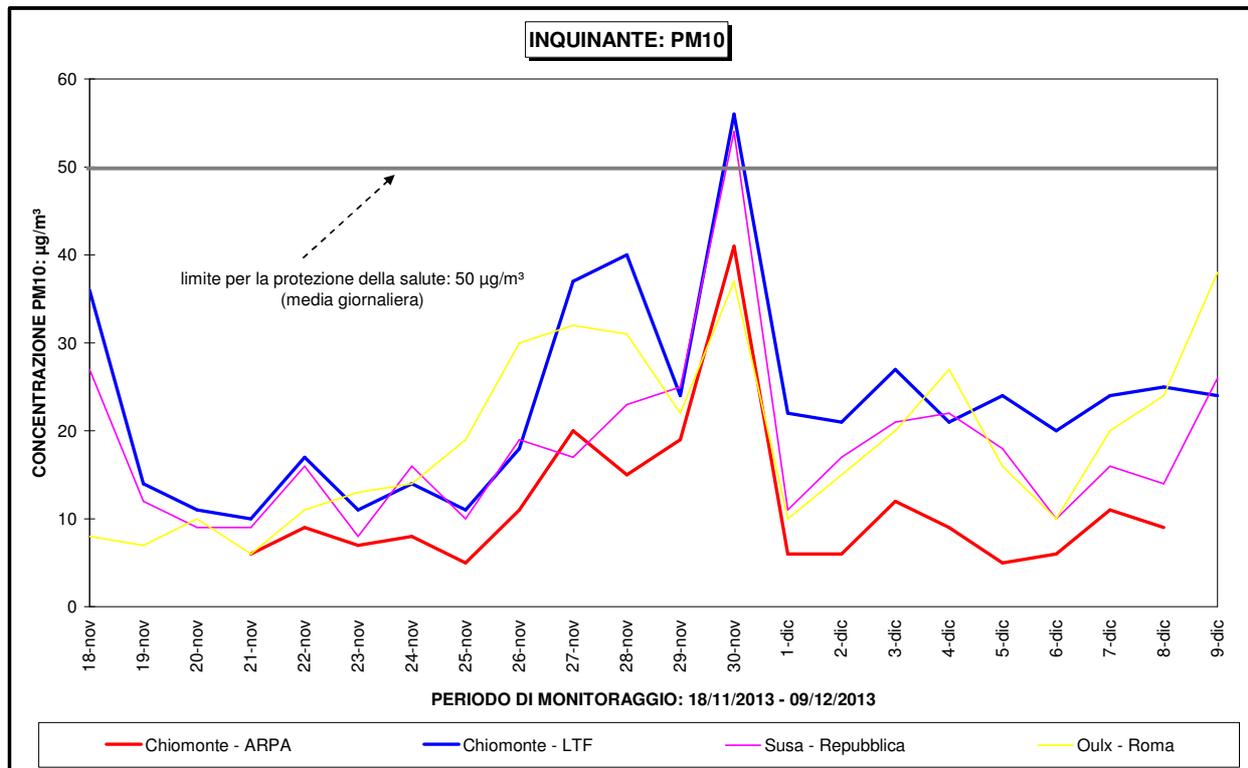
La legislazione italiana, recependo quella europea, non ha più posto limiti per il particolato sospeso totale (PTS), ma, prima con il DM 60/2002 e successivamente con il D.Lgs 155/2010, ha previsto dei limiti solo per il particolato PM<sub>10</sub>, la frazione con diametro aerodinamico inferiore a 10 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.

Durante la campagna nel comune di Chiomonte con il laboratorio mobile di Arpa sono state eseguite misure di particolato fine PM<sub>10</sub>, che hanno coperto 20 giorni di campionamento effettivo, dal 19 novembre al 8 dicembre 2013, tuttavia sono stati invalidati i dati del 19 e 20 in quanto diverse interruzioni della corrente elettrica hanno comportato un numero insufficiente di ore di campionamento. Su 18 valori rilevati, non è stato registrato nessun superamento del limite giornaliero del PM<sub>10</sub> di 50 µg/m<sup>3</sup> (la norma prevede che i superamenti non siano più di 35 volte per anno civile) (Tabella 11). La media dei valori di particolato PM<sub>10</sub> è di 11 µg/m<sup>3</sup>.

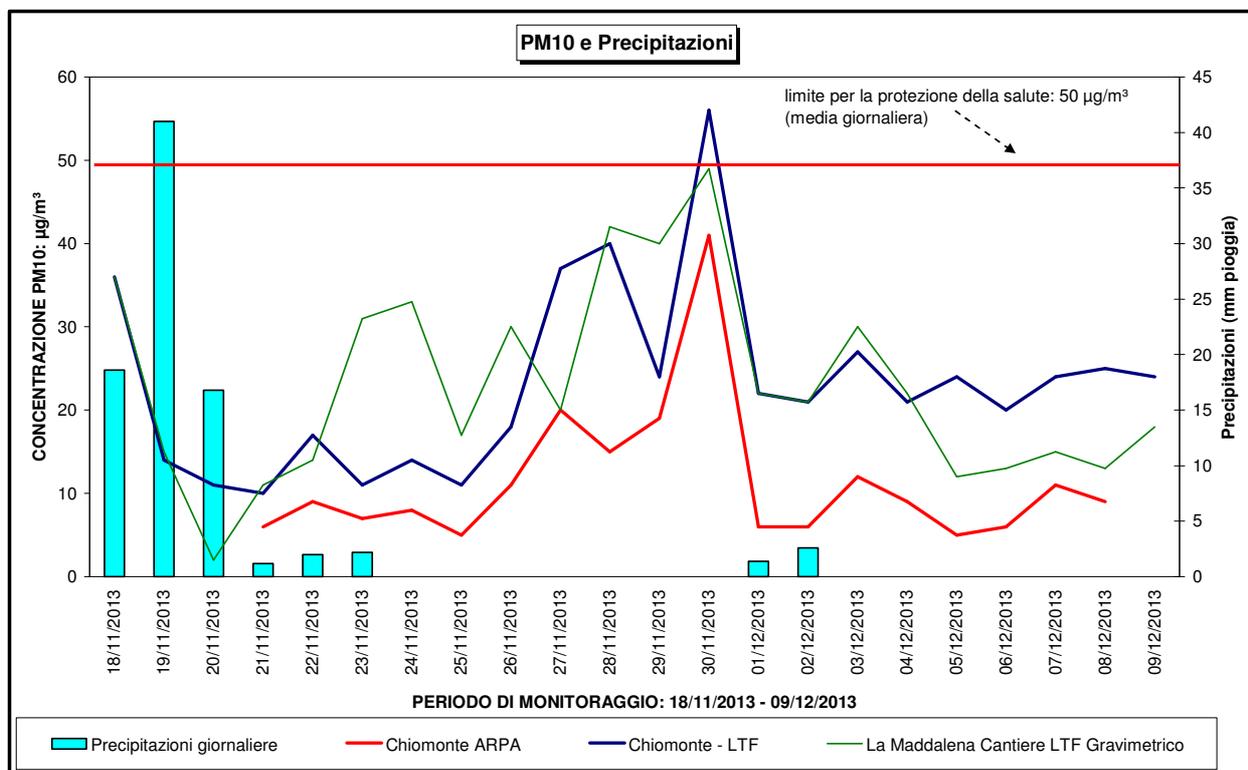
In Figura 23 vengono confrontati i valori di PM<sub>10</sub> registrati a Chiomonte con i laboratori mobili di Arpa ed LTF, con quelli misurati nelle stazioni della rete di rilevamento della qualità dell'aria di Susa e Oulx. I dati rilevati dai due laboratori, mostrano andamento giornaliero pressoché analogo, tuttavia il livello determinato da LFT risulta costantemente superiore e nella giornata di picco relativa al 30 novembre il campione di LTF mostra un superamento del limite giornaliero.

Il 30 novembre è stata una giornata con valori di PM<sub>10</sub> elevati in tutta la provincia, in molti casi è stato superato il limite di 50 µg/m<sup>3</sup>, come si osserva dalla Figura 25.

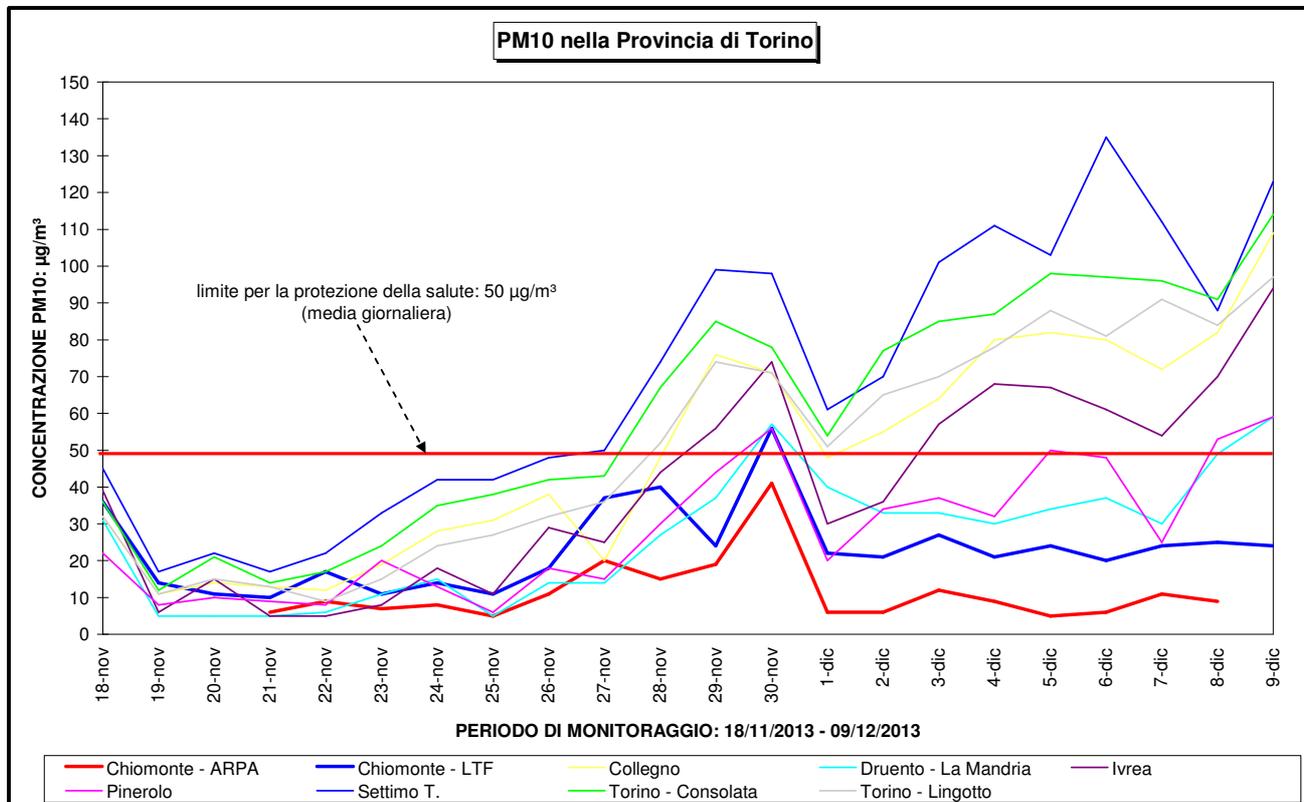
**Figura 23**– Particolato sospeso PM<sub>10</sub>: confronto con il limite giornaliero per la protezione della salute



**Figura 24** – Particolato sospeso PM<sub>10</sub> confronto con il punto di monitoraggio di LTF prossimo al cantiere e precipitazioni



**Figura 25** - Particolato sospeso PM<sub>10</sub> confronto con gli altri punti di monitoraggio della Provincia di Torino



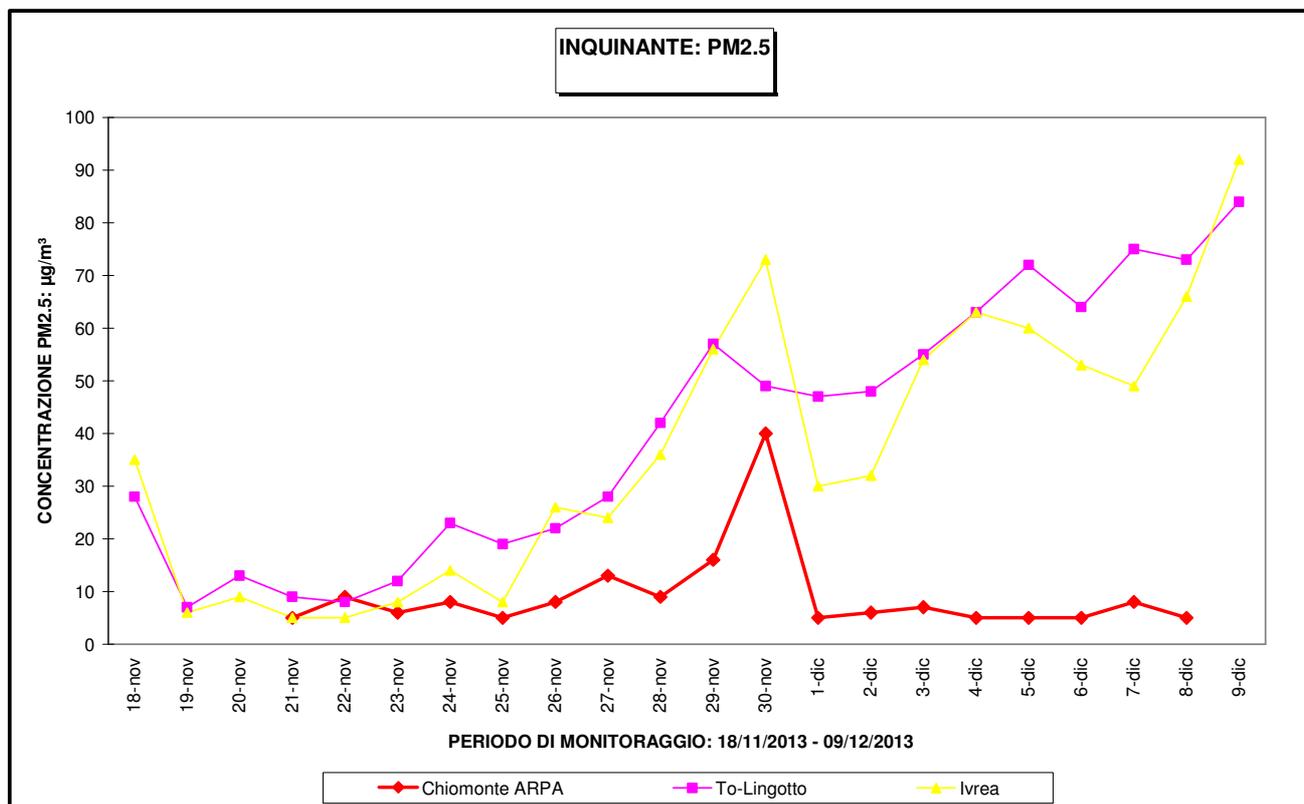
## Particolato Sospeso (PM<sub>2,5</sub>)

**Tabella 12** – Dati relativi al particolato sospeso PM<sub>2,5</sub> (µg/m<sup>3</sup>) presso il sito di monitoraggio

	ARPA
Minima media giornaliera	5
Massima media giornaliera	40
Media delle medie giornaliere	9
Giorni validi	18
Percentuale giorni validi	82%

Il D.Lgs 155/2010 ha introdotto 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. Disponendo di un periodo di osservazione molto limitato non è possibile un confronto diretto con i limiti di legge. Il grafico riportato in Figura 26 mostra che con il livello registrato a Chiomonte con la strumentazione Arpa, per il periodo monitorato, risulta inferiore a quello dei siti della Provincia di Torino di Ivrea e Torino – Lingotto. Il valore massimo giornaliero è stato pari a 40 µg/m<sup>3</sup> nella giornata del 30 novembre, in cui è stato registrato il picco anche di PM<sub>10</sub>. Nella giornata successiva in cui vi è stata maggiore instabilità atmosferica, con anche fenomeni piovosi, le concentrazioni si sono notevolmente abbassate. La media relativa al periodo monitorato è pari a 9 µg/m<sup>3</sup>. Sono stati invalidati due valori a causa di interruzioni della corrente elettrica.

**Figura 26**– Particolato sospeso PM<sub>2,5</sub>



## Ozono

**Tabella 13** – Dati relativi all’ozono (O<sub>3</sub>) (µg/m<sup>3</sup>)

	<b>LTF</b>	<b>ARPA</b>
Minima media giornaliera	14	18
Massima media giornaliera	74	79
Media delle medie giornaliere (b):	46	48
Giorni validi	21	20
Percentuale giorni validi	95%	91%
Media dei valori orari	46	48
Massima media oraria	94	100
Ore valide	503	496
Percentuale ore valide	95%	94%
Minimo medie 8 ore	9	14
Media delle medie 8 ore	46	48
Massimo medie 8 ore	86	90
Percentuale medie 8 ore valide	95%	93%
<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>

L’ozono presente nella troposfera, lo strato più basso dell’atmosfera, è un inquinante non direttamente emesso da fonti antropiche, ma si genera in atmosfera grazie all’instaurarsi di un ciclo di reazioni fotochimiche (favorite da un intenso irraggiamento solare) che coinvolgono principalmente gli ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) e i composti organici volatili (VOC).

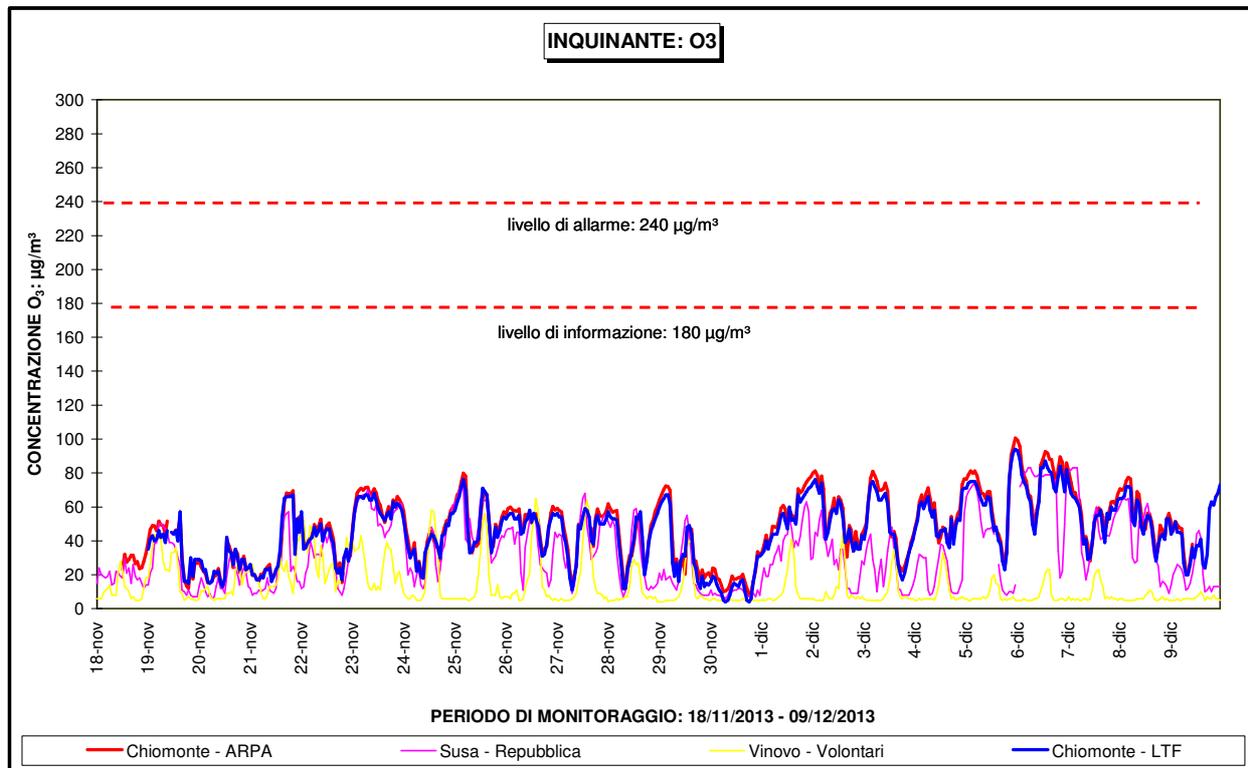
Le concentrazioni più elevate di ozono si raggiungono nella stagione calda quando la radiazione solare e la temperatura media dell’aria raggiungono i valori più alti dell’anno.

La campagna di misura nel comune di Chiomonte è stata condotta nel periodo autunnale, quindi le condizioni meteo climatiche limitavano la formazione di questo inquinante. Dalla Tabella 13 si osserva che non vi sono stati superamenti del livello di allarme ed informazione e la media dei valori orari di ozono è stata di 48 µg/m<sup>3</sup> registrata con la strumentazione Arpa e 46 µg/m<sup>3</sup> da LTF. Dalla Figura 27 si osservano la buona corrispondenza tra i rilevamenti dei due laboratori mobili.

La massima media oraria è stata pari a 100 µg/m<sup>3</sup> e dalla tabella si osserva che vi sono stati superamenti del livello di protezione della salute su medie di 8 ore (120 µg/m<sup>3</sup>).

Si sottolinea che la misura dell’ozono non è finalizzata al controllo delle attività di cantiere non essendo in alcun modo correlabile, data la sua origine secondaria, con attività antropiche locali.

**Figura 27**– O<sub>3</sub>: andamento della concentrazione oraria e confronto con i limiti di legge



## Metalli e Benzo(a)Pirene

L'analisi dei metalli e BaP è stata condotta a partire dai filtri di PM10 su un unico campione composto, costituito da porzioni dei filtri raccolti durante i 15 giorni di monitoraggio, quindi per ogni inquinante vi è un valore di concentrazione relativo all'intero periodo del monitoraggio, sia per il monitoraggio condotto da Arpa, sia per quello di LTF.

Nella Tabella 14 sono riportati i dati trasmessi da LTF confrontati con quelli ottenuti da Arpa nello stesso sito per l'intero periodo della campagna e con i valori determinati presso le stazioni della rete pubblica gestita da Arpa nei mesi equivalenti.

A livello generale tra i parametri determinati arsenico, nichel, piombo e benzo(a)pirene sono quelli per quali la normativa fissa un valore di riferimento in aria ambiente ( $6 \text{ ng/m}^3$ ,  $20 \text{ ng/m}^3$ ,  $0,5 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  e  $1 \text{ ng/m}^3$  rispettivamente). Poiché questi valori sono riferiti a medie annuali, non è possibile un confronto diretto con i dati rilevati, che si riferiscono a periodi più brevi. Considerando che per tutti questi parametri i valori più elevati misurati sia da Arpa che da LTF nel sito di Chiomonte sono significativamente inferiori ai valori di riferimento e inferiori o confrontabili ai valori rilevati da Arpa in altre stazioni del territorio provinciale in cui i valori di riferimento sono ampiamente rispettati, è del tutto presumibile che ciò accada anche nel sito di Chiomonte.

Per quanto riguarda i metalli per i quali non vi sono valori di riferimento nella normativa europea (Berillio, Cobalto, Mercurio, Selenio e Zinco) i valori rilevati sia da Arpa che da LTF sono ampiamente inferiori alle linee guida indicate dall'O.M.S. e/o da organismi federali degli Stati Uniti (Tabella 15).

Più in particolare si osserva che:

- I valori di Arsenico, Selenio e Cobalto rilevati da LTF sono particolarmente bassi, anche al di sotto dei valori ottenuti nello stesso sito da Arpa e presso le centraline fisse gestite da Arpa (i quali sono già inferiori al limite di quantificazione del metodo utilizzato dal laboratorio);
- per lo Zinco i valori rilevati da L.T.F. sono leggermente maggiori di quelli rilevati presso lo stesso sito di Chiomonte da Arpa e il livello risulta simile a quello rilevato nella centralina di fondo urbano della rete pubblica To-Lingotto.
- Berillio e Mercurio rilevati da LTF mostrano valori molto bassi, confermando i livelli delle campagne Ante Operam.
- la concentrazione di Piombo rilevata a Chiomonte sia da LTF sia da Arpa, risulta confrontabile con i livelli osservati nelle stazioni di fondo della rete pubblica.
- Per quanto riguarda la determinazione del Nichel i valori riportati da LTF sono in linea con il rilevamento di ante operam e con i valori rilevati in diversi siti della rete pubblica, mentre nei filtri analizzati da Arpa la concentrazione di nichel è risultata al di sotto del limite di quantificazione del metodo, come nella centralina pubblica di Susa.
- Il Benzo(a)Pirene mostra valori paragonabili nei vari siti di monitoraggio. Il fatto che i livelli rilevati nella campagna di corso d'opera da Arpa e LTF risultano superiori a quelli rilevati durante l'ante operam dipende dalla stagione in cui sono stati condotti i monitoraggi; una fonte importante di idrocarburi policiclici aromatici, infatti, è rappresentata dagli impianti di combustione ed in particolare da quelli a legna. Nel periodo estivo, inoltre, la radiazione solare contribuisce alla degradazione di questi composti.

**Tabella 14:** Dati relativi a Metalli e Benzo(a)Pirene

	Parametri		Data rilievo									
	Dal	Al										
			Berillio (µg/m <sup>3</sup> )	Cobalto (µg/m <sup>3</sup> )	Mercurio (µg/m <sup>3</sup> )	Selenio (µg/m <sup>3</sup> )	Zinco (µg/m <sup>3</sup> )	Arsenico (ng/m <sup>3</sup> )	Nichel (ng/m <sup>3</sup> )	Piombo (µg/m <sup>3</sup> )	Benzo[a]pirene (ng/m <sup>3</sup> )	
CHIOMONTE LTF Scuole Elementari ANTE OPERAM	21/04/2012	11/05/2012	0.000035	0.00016	<0,00006	0.00014	0.0455	0.288	3.98	0.0029	0.09	
CHIOMONTE LTF Scuole Elementari ANTE OPERAM	19/07/2012	08/08/2012	< 0,000014	0.000354	0.000103	< 0,000099	0.058	0.19	6.65	0.0028	< 0,003	
CHIOMONTE LTF Scuole Elementari CORSO D'OPERA	18/11/2013	09/12/2013	0.00002	0.00023	0.00016	0.0002	0.050	0.3	3.9	0.009	0.3	
CHIOMONTE ARPA Scuole Elementari (SU PM10)	18/11/2013	09/12/2013		0.00036		0.0007	0.024	0.73	0.73	0.007	0.8	
Centraline Rete Pubblica	Novembre	Susa						0.73	0.73	0.005	1.6	
		To_Lingotto		0.00036		0.00073	0.052	0.73	3.65	0.011	1.0	
		To_Rebaudengo		0.00036		0.00073	0.082	0.73	6.56	0.027	1.9	
Centraline Rete Pubblica	Dicembre	Susa						0.71	0.71	0.006	2.0	
		To_Lingotto		0.00036		0.00071	0.130	0.71	6.01	0.025	4.4	
		To_Rebaudengo		0.00036		0.00071	0.142	0.71	10.9	0.059	6.2	

**Tabella 15** Linee guida per metalli non normati

<b>Metallo</b>	<b>Linea guida O.M.S. (ng/m<sup>3</sup>)</b>	<b>U.S. EPA RfC (ng/m<sup>3</sup>)</b>	<b>ATSDR MRL (ng/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Valori tipici in aria ambiente secondo O.M.S. (ng/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Valori tipici in aria ambiente secondo ATSDR (**) (ng/m<sup>3</sup>)</b>
<i>Berillio</i>	-	200 (1)	-	-	0.03-0.2
<i>Cobalto</i>	-	-	100 (esposizione cronica)	1-2 in area urbana (*)	-
<i>Mercurio</i>	1000	300	200	2-10	-
<i>Selenio</i>	-	-	-	-	< 10 come concentrazione di fondo
<i>Zinco</i>	-	-	-	-	20-160 in area urbana

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

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

(1) Lo Stato della Pennsylvania ha stabilito uno standard di 10 ng/m<sup>3</sup> come media su 30 giorni

## **CONCLUSIONI**

La seconda campagna di monitoraggio condotta presso il comune di Chiomonte con il Laboratorio mobile di Arpa in parallelo con quello gestito da Fenice S.p.A per conto di LTF S.A.S. nel periodo 18 novembre – 9 dicembre 2013, ha mostrato livelli particolarmente bassi, paragonabili alle stazioni di fondo della rete pubblica per monossido di carbonio, benzene e monossido di azoto. Per quest'ultimo parametro si segnala l'eccezione di 2 picchi orari del 29 novembre e 2 dicembre, che entrambi i laboratori mobili hanno rilevato, ma per lo strumento di Arpa risultano di entità maggiore.

Per il biossido di zolfo sono ampiamente rispettati i limiti previsti dalla legge; tra le rilevazioni di Arpa e LTF si osserva una discrepanza che per questo parametro non è di fatto significativa in quanto le misure si attestano a livelli molto bassi, per cui sono affette da maggiori errori e ricadono nell'intervallo dell'incertezza di misura.

Di maggiore entità è la discrepanza che si osserva per i parametri NO<sub>2</sub> e PM10, pur non presentando i valori misurati criticità particolari in termini di superamento dei limiti di legge: gli andamenti sono equivalenti, ma per l'NO<sub>2</sub> Arpa ha registrato un livello maggiore, rilevando anche un superamento orario del limite per la protezione della salute, mentre per il PM10 il livello maggiore è stato registrato da LTF, per il quale in una giornata – quella che presenta il valore massimo del periodo di monitoraggio - la concentrazione rilevata è risultata superiore al limite giornaliero previsto dalla normativa.

Nel corso delle prossime campagne in parallelo, saranno approfonditi gli aspetti che riguardano procedure di calibrazione e manutenzione strumentale, per verificare l'origine di tali discrepanze.

Nel corso di questa seconda campagna di monitoraggio non si sono verificati picchi anomali di PM10 come quelli rilevati da Arpa durante la prima campagna e da LTF in una campagna di ante operam. Per metalli e Benzo(a)Pirene determinati sul PM10 si sono rilevati generalmente valori confrontabili tra i due laboratori e i livelli osservati nelle stazioni della rete pubblica. In base ai dati disponibili si evidenzia un rispetto dei valori di riferimento previsti dalla normativa o, per i metalli non nomati, dalle linee guida indicate dall'O.M.S. e/o da organismi federali degli Stati Uniti.

## **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.
  
- **Particolato sospeso PM2,5** **TECORA CHARLIE AIR GUARD PM**

Campionatore di particolato sospeso PM2,5; campionamento delle particelle sospese con diametro aerodinamico inferiore a 2,5 µm in aria ambiente, con testa di prelievo EPA.  
Analisi gravimetrica su filtri in fibra di quarzo MILLIPORE di diametro 47 mm.
  
- **Benzene, Toluene, Xileni** **SINTECH SPECTRAS CG 855 serie 600**

Gascromatografo 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>
  
- **Stazione meteorologica** **LSI LASTEM**

Stazione completa per la misura dei seguenti parametri: velocità e direzione vento, temperatura, umidità relativa, pressione atmosferica, irraggiamento solare.