

**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 COLLEGNO, V. Boves, c/o Centro Civico Margherita Bonavero”**

**RELAZIONE 1ª CAMPAGNA POST OPERAM (20 Gennaio – 14 Febbraio 2012)**



<b>Redazione</b>	<b>Funzione: Collaboratore Tecnico Professionale</b>  <b>Nome: Fabio Pittarello</b>	<b>Data:</b>	<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>	<b>Firma:</b>



Nucleo Operativo “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 ringrazia il personale degli Uffici Tecnici del Comune di Collegno per la collaborazione prestata.

<b>CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO .....</b>	<b>5</b>
<i>L'aria e i suoi inquinanti .....</i>	<b>6</b>
<i>Il Laboratorio Mobile .....</i>	<b>8</b>
<i>Il quadro normativo .....</i>	<b>8</b>
<b>LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO .....</b>	<b>13</b>
<i>Obiettivi della campagna di monitoraggio .....</i>	<b>14</b>
<i>Elaborazione dei dati meteorologici .....</i>	<b>17</b>
<b>Elaborazione dei dati relativi agli inquinanti atmosferici .....</b>	<b>25</b>
Biossido di zolfo .....	26
Monossido di carbonio .....	28
Ossidi d'azoto .....	31
Benzene e toluene .....	35
Particolato sospeso (PM <sub>10</sub> ) .....	37
Ozono .....	41
<i>Influenza della direzione del vento sui livelli degli inquinanti.....</i>	<b>45</b>
<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>49</b>
<b>APPENDICE – SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI .....</b>	<b>51</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 ( $\text{ng}/\text{m}^3$ ) al microgrammo per metro cubo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

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).

In

**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 2010", 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 due campionatori di particolato atmosferico PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</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. 351/99 ed attuata, per i valori limite di alcuni inquinanti, dal D.M. 60/2002, dal D.Lgs. 183/2004 e dal D.Lgs. 152/2007, come modificato dal D.Lgs. 120/2008. Detti limiti 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 abrogato e sostituito le normative precedenti, senza però modificare i valori numerici dei limiti di riferimento degli inquinanti già normati; 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 PM2.5 un obiettivo nazionale di riduzione e un obbligo di concentrazione dell'esposizione il cui rispetto è calcolato sulla base di misurazioni effettuate da stazioni di fondo in siti fissi di campionamento urbani, che verranno definite con Decreto del Ministero dell'Ambiente (art. 12 D.Lgs. 155/2011). 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 2010".

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

INQUINANTE	LIMITE	PARAMETRO	VALORE DI RIFERIMENTO	SUPERAMENTI CONCESSI	DATA PER IL RISPETTO DEL LIMITE
OZONO (O <sub>3</sub> ) (D.Lgs. 21/05/04 n.183)	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. 03/08/07, n. 152)	OBIETTIVO DI QUALITÀ	media mobile valori giornalieri (3)	1 ng/m <sup>3</sup> <sup>(4)</sup>	-	-

(1) La media mobile trascinata è calcolata ogni ora sulla base degli 8 valori relativi agli intervalli h÷(h-8)

(2) Per AOT40 si intende la somma delle differenze tra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m<sup>3</sup> e il valore di 80 µg/m<sup>3</sup>, rilevate in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori orari rilevati ogni giorno tra le 8.00 e le 20.00.

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

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

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

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

**Tabella 4** – Valori obiettivo per arsenico, cadmio e nichel (D.Lgs. 03/08/07, n. 152, come modificato dal D.Lgs. 26/06/08, n. 120)

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

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

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

## **OBIETTIVI DELLA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO**

La campagna di monitoraggio condotta nel comune di Collegno, finalizzata al controllo della qualità dell'aria, è stata effettuata a seguito degli accordi tra Arpa Piemonte e i Comuni di Collegno e Venaria Reale formalizzati attraverso il "Tavolo tecnico di studio degli impatti e pressioni ambientali sul Quartiere Savonera".

Tali accordi prevedono l'analisi delle possibili ricadute sulla qualità dell'aria delle trasformazioni che interesseranno la porzione di territorio compresa tra il Comune di Venaria Reale e Collegno (Quartiere Salvo D'Acquisto e Borgata Savonera). In particolare è prevista la realizzazione della centrale termoelettrica di IREN "Torino Nord" in prossimità del territorio oggetto dell'indagine ambientale. Per valutare correttamente gli impatti si è deciso di effettuare una serie di campagne di misura prima dell'entrata in servizio della centrale termoelettrica, al fine di definire lo stato della qualità dell'aria ante operam, e, successivamente alla messa in funzione dell'impianto, l'effettuazione di ulteriori campagne nel medesimo sito per la definizione della qualità dell'aria post operam.

Le campagne di misura sono state calendarizzate in modo da acquisire informazioni ambientali in differenti condizioni meteorologiche; nello specifico sono state previste una prima campagna nel periodo invernale 2010-2011 e tre campagne distribuite nell'anno 2011 per lo studio delle condizioni ambientali ante operam (per le suddette quattro campagne sono già state redatte ed inviate le relative relazioni tecniche), ed ulteriori 4 campagne distribuite nel corso del 2012 per le valutazioni ambientali post-operam (l'accensione della centrale IREN è stata effettuata a cavallo tra l'autunno e l'inverno del 2011). La presente relazione tecnica si riferisce alla prima campagna di monitoraggio post operam.

Il sito di posizionamento del mezzo mobile per l'esecuzione della campagna di monitoraggio è stato individuato nella frazione Savonera del Comune di Collegno, a seguito del sopralluogo effettuato congiuntamente tra i tecnici Arpa ed i tecnici del Comune di Collegno, e più precisamente presso:

*Via Boves Collegno – c/o Centro Civico "Margherita Bonavero"*

Nelle figure 1, 2 e 3 è riportata l'ubicazione sulla mappa del sito in cui è stato posizionato il Laboratorio Mobile.

Il monitoraggio è stato condotto in inverno, con il posizionamento del laboratorio mobile in data 20 gennaio 2012 fino al successivo 14 febbraio (26 giorni), quando il mezzo è stato spento e spostato. Si noti che per ragioni tecniche le elaborazioni sono state effettuate considerando esclusivamente i giorni di campionamento completi e pertanto non vi è corrispondenza con le date di posizionamento e spostamento del laboratorio mobile. Nello specifico i dati utili per l'effettuazione delle elaborazioni vanno dal 21 gennaio al 13 febbraio.

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

Una trattazione completa, in ottemperanza a quanto previsto dalla normativa vigente (allegato I del DLgs 155/2010), dovrebbe prevedere, infatti, campagne di monitoraggio caratterizzate da una durata tale da comprendere almeno il 14% annuo di misurazioni (una misurazione in un giorno, scelto a caso, di ogni settimana in modo che le misure siano uniformemente distribuite durante l'anno, oppure otto settimane di misurazione distribuite in modo regolare nell'arco dell'anno).

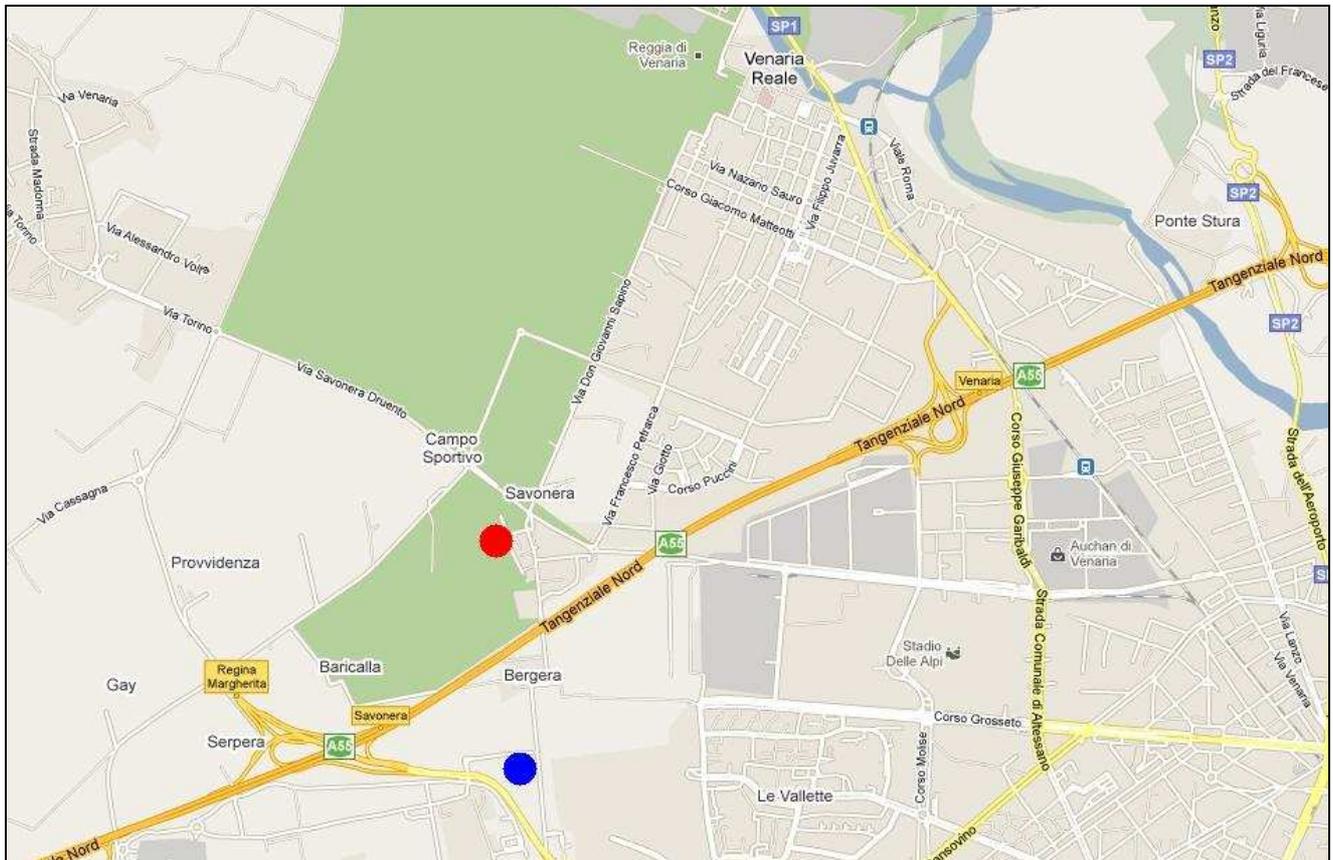
I dati presentati forniscono quindi, in questa prima fase elaborativa, unicamente un quadro generale della situazione di inquinamento atmosferico del sito in esame; il confronto con i dati rilevati negli

stessi periodi della campagna dalle stazioni fisse della rete provinciale di monitoraggio della qualità dell'aria permette, inoltre, di effettuare considerazioni di tipo comparativo.

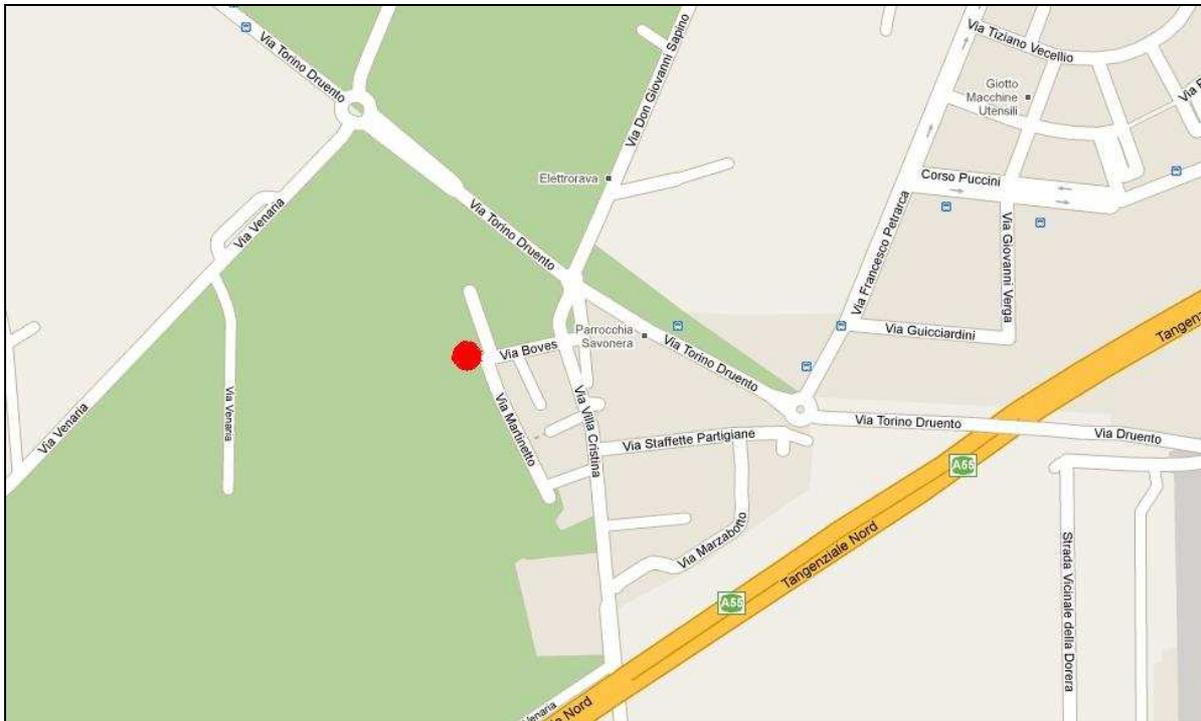
Al termine dell'effettuazione di tutte le campagne previste per il 2012, tenuto conto della disponibilità effettiva di dati validi, potranno essere effettuate valutazioni più generali della qualità dell'aria del sito esaminato e comparazioni tra le condizioni ambientali ante e post operam.

La stazione fissa di monitoraggio della qualità dell'aria posizionata in Piazza Garibaldi a Venaria, è stata dismessa a fine 2008, come previsto dal piano di revisione del Sistema Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria predisposto dalla Regione Piemonte d'intesa con le Amministrazioni provinciali, pertanto eventuali confronti e comparazioni di parametri chimici verranno effettuati utilizzando altre stazioni fisse delle rete torinese più vicine al sito di monitoraggio oggetto della presente relazione o comunque confrontabili perché con caratteristiche analoghe.

**Figura 1** - Ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Collegno (punto evidenziato in rosso) e della centrale termoelettrica (punto blu)



**Figura 2** - Ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Collegno – dettaglio del sito (punto evidenziato in rosso)



**Figura 3** - Ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Collegno – dettaglio del sito visto da satellite (punto evidenziato in rosso)



## **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 che evidenzia i valori minimo, massimo e medio delle medie orarie, oltre alla percentuale dei dati validi.

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

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

I parametri meteorologici vengono misurati utilizzando sensori posti direttamente sul mezzo mobile; per il parametro "precipitazioni" vengono utilizzati i valori rilevati dalla stazione afferente alle rete meteo idrografica regionale Torino Giardini Reali che rappresenta la stazione meteo più vicina al sito di Collegno dotata di nivometro; a tal proposito si precisa che il valore di precipitazione nevosa si riferisce alla neve fresca caduta nelle 24 precedenti ed assegnato convenzionalmente alle ore 7:00 a.m..

La campagna di monitoraggio è stata caratterizzata da condizioni meteo singolari.

Il mese di gennaio è stato contrassegnato in generale da temperature medie elevate (è considerato uno dei più caldi negli ultimi cinquant'anni), mentre a febbraio accade l'esatto opposto ovvero nevicate persistenti e temperature minime da record.

Il 23 gennaio si assiste all'arrivo del freddo di origine polare verso l'Europa centrale, il quale mostra i suoi effetti nella pianura padana a partire dal 27 gennaio: tra il 28 gennaio ed il 2 febbraio si registrano precipitazioni a carattere nevoso persistente. Successivamente, a seguito dell'arrivo dell'aria fredda siberiana sul Piemonte, si raggiungono temperature minime estremamente basse. In pianura la minima più bassa è stata registrata a Villanova Solaro (CN) con un valore pari a -23,8°C nella mattinata del 6 febbraio.

In generale nei capoluoghi di provincia, i valori minimi di febbraio 2012 risultano tra i più bassi registrati negli ultimi cinquant'anni.

E' possibile consultare il rapporto "Analisi meteorologica dell'evento di freddo intenso – febbraio 2012" presso il sito ufficiale di Arpa Piemonte, al menù "Pubblicazioni", sotto la voce "Relazioni tecniche" – "Analisi eventi meteorologici":

[http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/temi-ambientali/idrologia-e-neve/neve-e-valanghe/relazioni-tecniche/analisi-eventi-meteorologici/eventi-2012/rapporto\\_freddoFeb2012\\_re.pdf](http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/temi-ambientali/idrologia-e-neve/neve-e-valanghe/relazioni-tecniche/analisi-eventi-meteorologici/eventi-2012/rapporto_freddoFeb2012_re.pdf)

La Figura 4 mostra l'andamento della radiazione solare globale (R.S.G.) nel corso della campagna di monitoraggio. La durata e l'intensità dell'irraggiamento, nelle giornate di bel tempo (che hanno riguardato l'inizio e la fine del monitoraggio), sono quelle tipiche per il periodo invernale, con valori massimi generalmente superiori o prossimi a 300 W/m<sup>2</sup>. Nelle giornate nelle quali è nevicato (nel periodo centrale del monitoraggio) i valori massimi raggiunti sono stati generalmente inferiori o prossimi a 150 W/m<sup>2</sup>. Il valore di picco giornaliero più basso è stato misurato il 28 gennaio con un valore pari a 38 W/m<sup>2</sup> (in corrispondenza dell'inizio delle precipitazioni nevose).

La temperatura media di tutto il periodo di monitoraggio (Figura 5) è stata di -2,4°C, valore quest'ultimo particolarmente critico se lo si confronta con il valore dei mesi medi di gennaio e febbraio degli ultimi dieci anni, rispettivamente pari a 3°C e 5°C. Nel dettaglio si può osservare che la temperatura media registrata nei giorni dal 21 al 27 gennaio, ovvero prima che il fronte freddo polare facesse il suo ingresso in pianura, è pari a 3°C, mentre nella seconda parte del monitoraggio tale valore medio scende drasticamente a -5°C. Il valore minimo pari a -15,9 è stato registrato il giorno 07 gennaio alle ore 8:00. L'escursione termica giornaliera maggiore si ha il 22 gennaio quando la temperatura passa da un valore di -1°C alle ore 03:00 al valore 16°C alle ore 16:00 (quest'ultimo valore rappresenta anche la massima temperatura registrata nel corso della campagna). Interessanti risultano anche i giorni 5 - 6 - 7 febbraio nei quali l'escursione termica è stata di circa 12°C, con temperature sempre al di sotto dello zero.

Per quanto riguarda l'umidità relativa (Figura 6) i valori massimi si sono raggiunti durante le nevicate, e dal giorno dell'arrivo della neve in avanti si rilevano valori minimi attorno al 60%. Il valore più basso pari a 27% è stato misurato il 25 febbraio.

I dati nivometrici (Figura 8) della stazioni meteo di Torino Giardini reali (posta ad una distanza di circa 8 km dal sito di monitoraggio nel Comune di Collegno) indicano nove giornate nelle quali è nevicato. In particolare dal 28 gennaio al 02 febbraio le nevicate sono state molto intense e accompagnate da venti di notevole intensità che hanno contribuito a far diminuire il particolato e gli inquinanti primari.

In generale la campagna è stata caratterizzata da una dinamicità atmosferica relativamente alta e da condizioni meteorologiche molto differenti. I dati di velocità del vento registrati indicano una percentuale di calme (media oraria della V.V. inferiore a 0.5 m/s), pari a circa il 27%, distribuite soprattutto nelle ore notturne. In particolare la V.V. è risultata frequentemente superiore a 1 m/s, con valori anche maggiori di 2 m/s (Figura 9).

Le elaborazioni relative alla direzione dei venti (Figura 10) indicano che buona parte degli episodi è compresa tra il settore NNW-N e la direzione SSW. Esaminando più nel dettaglio la situazione, è possibile evidenziare una rosa dei venti del periodo diurno con un numero significativo di accadimenti nella direzione SSW, mentre nelle ore notturne il vento proviene soprattutto dal settore WNW-N. (Figura 11 e Figura 12).

**Tabella 5** – Radiazione solare globale (W/m<sup>2</sup>)

Minima media giornaliera	7.0
Massima media giornaliera	127.0
Media delle medie giornaliere	65.8
Giorni validi	23
Percentuale giorni validi	96%
Media dei valori orari	64.8
Massima media oraria	504.0
Ore valide	557
Percentuale ore valide	97%

**Tabella 6**– Temperatura (°C)

Minima media giornaliera	-10.5
Massima media giornaliera	6.0
Media delle medie giornaliere	-2.4
Giorni validi	23
Percentuale giorni validi	96%
Media dei valori orari	-2.4
Massima media oraria	15.7
Ore valide	557
Percentuale ore valide	97%

**Tabella 7**– Umidità relativa (%)

Minima media giornaliera	60.9
Massima media giornaliera	99.9
Media delle medie giornaliere	81.1
Giorni validi	23
Percentuale giorni validi	96%
Media dei valori orari	80.9
Massima media oraria	100.0
Ore valide	557
Percentuale ore valide	97%

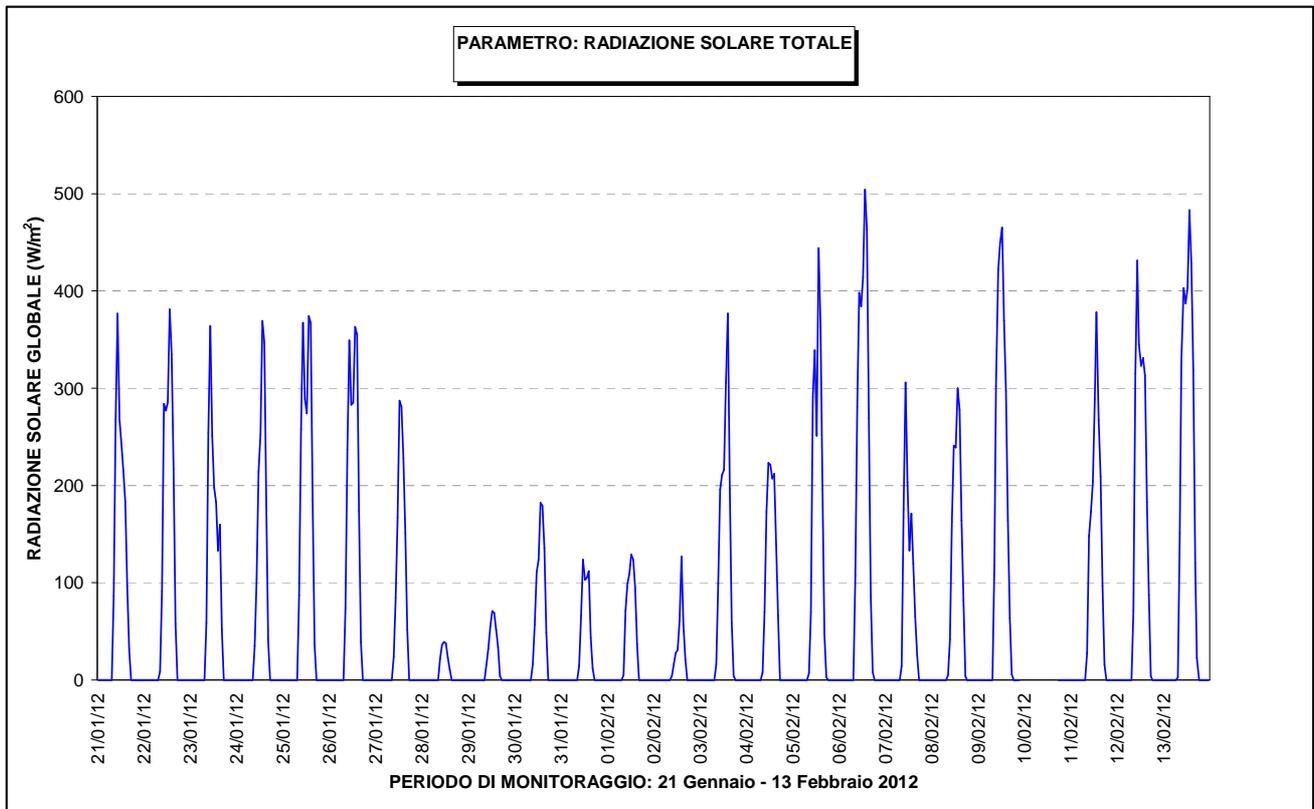
**Tabella 8** – Pressione atmosferica (mbar)

Minima media giornaliera	978.9
Massima media giornaliera	992.6
Media delle medie giornaliere	987.5
Giorni validi	23
Percentuale giorni validi	96%
Media dei valori orari	987.5
Massima media oraria	995.0
Ore valide	557
Percentuale ore valide	97%

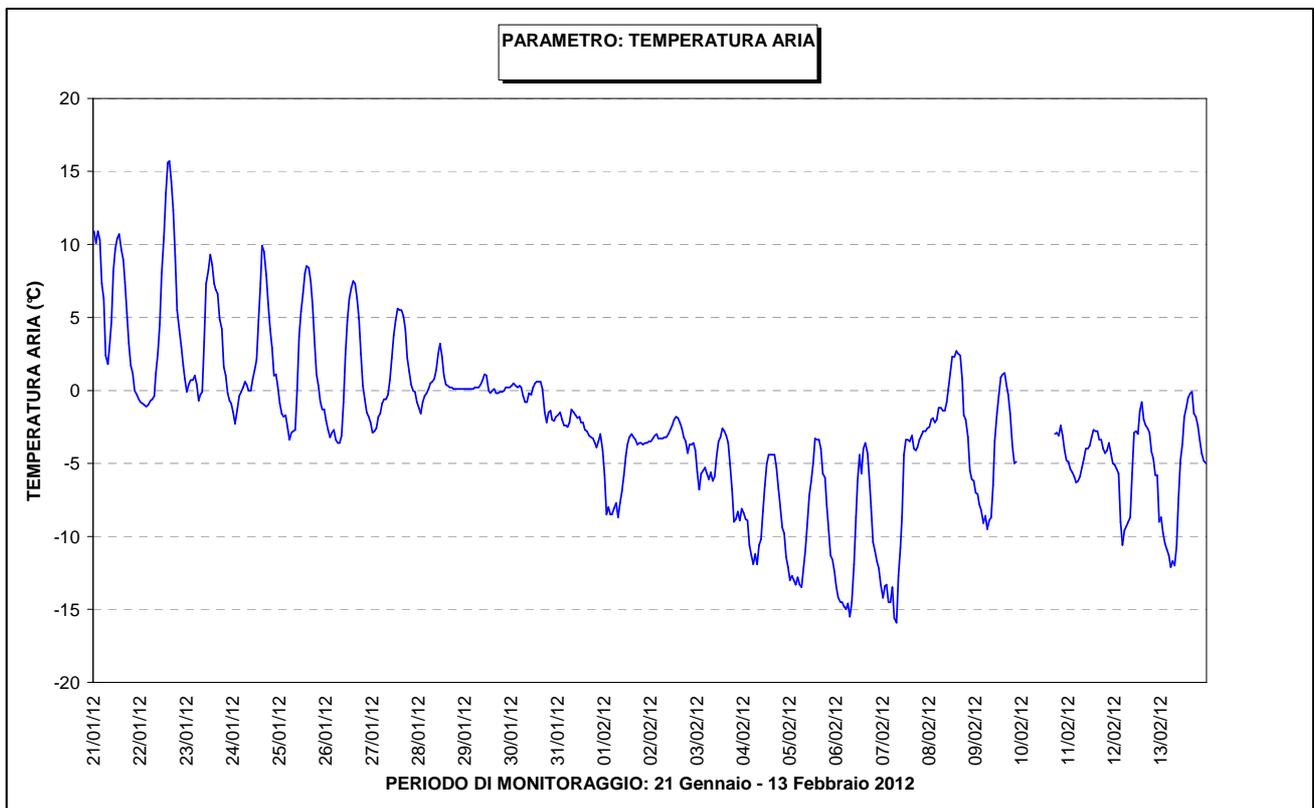
**Tabella 9** – Velocità vento (m/s)

Minima media giornaliera	0.39
Massima media giornaliera	1.62
Media delle medie giornaliere	0.91
Giorni validi	21
Percentuale giorni validi	88%
Media dei valori orari	0.93
Massima media oraria	5.30
Ore valide	519
Percentuale ore valide	90%

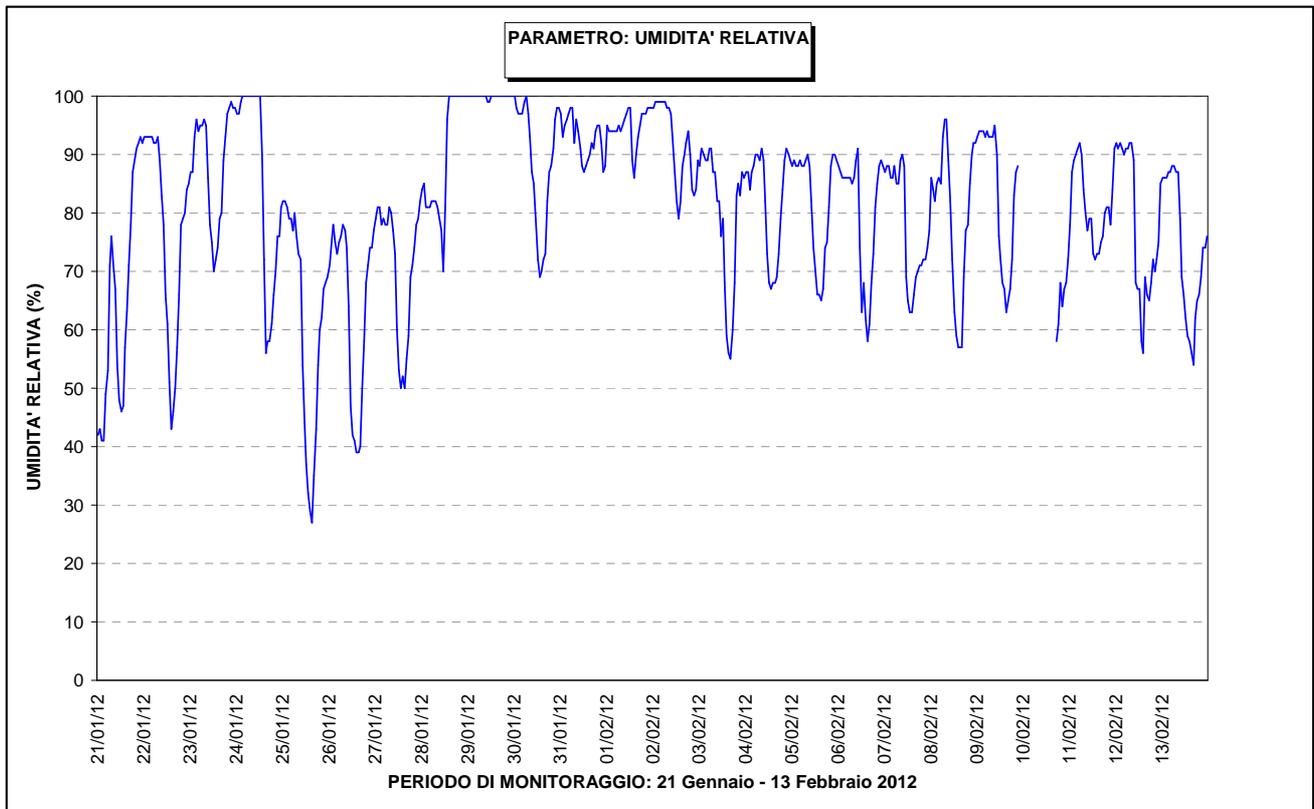
**Figura 4** – Andamento della radiazione solare globale nel corso della campagna di monitoraggio



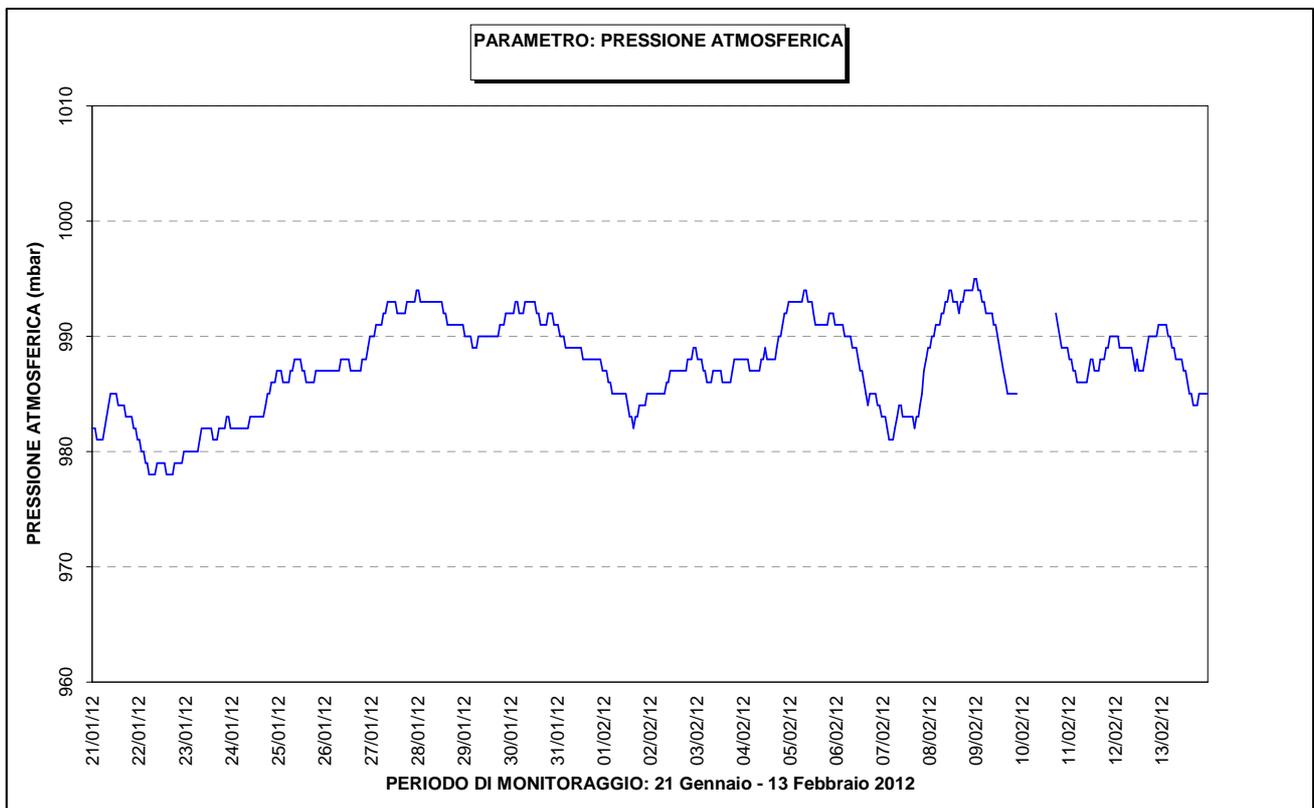
**Figura 5** – Andamento della temperatura nel corso della campagna di monitoraggio



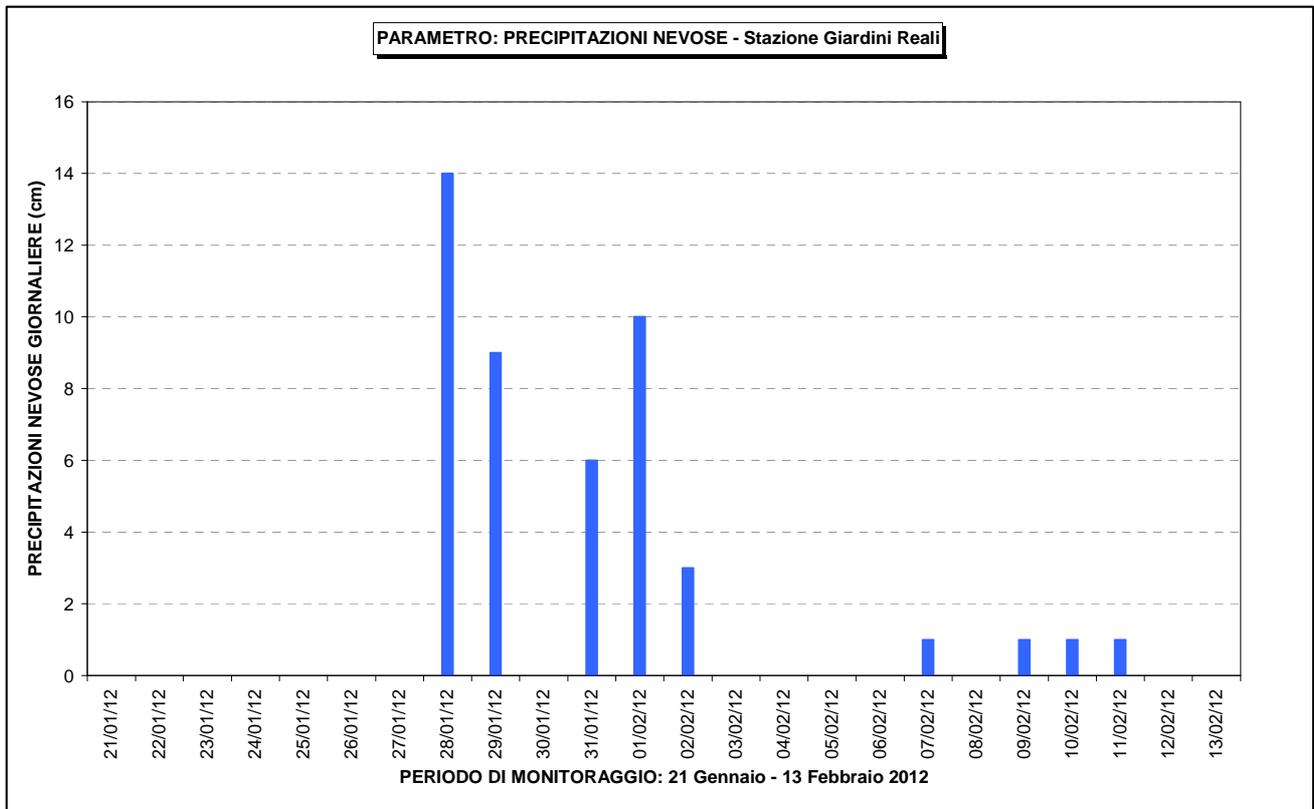
**Figura 6** – Andamento dell'umidità relativa nel corso della campagna di monitoraggio



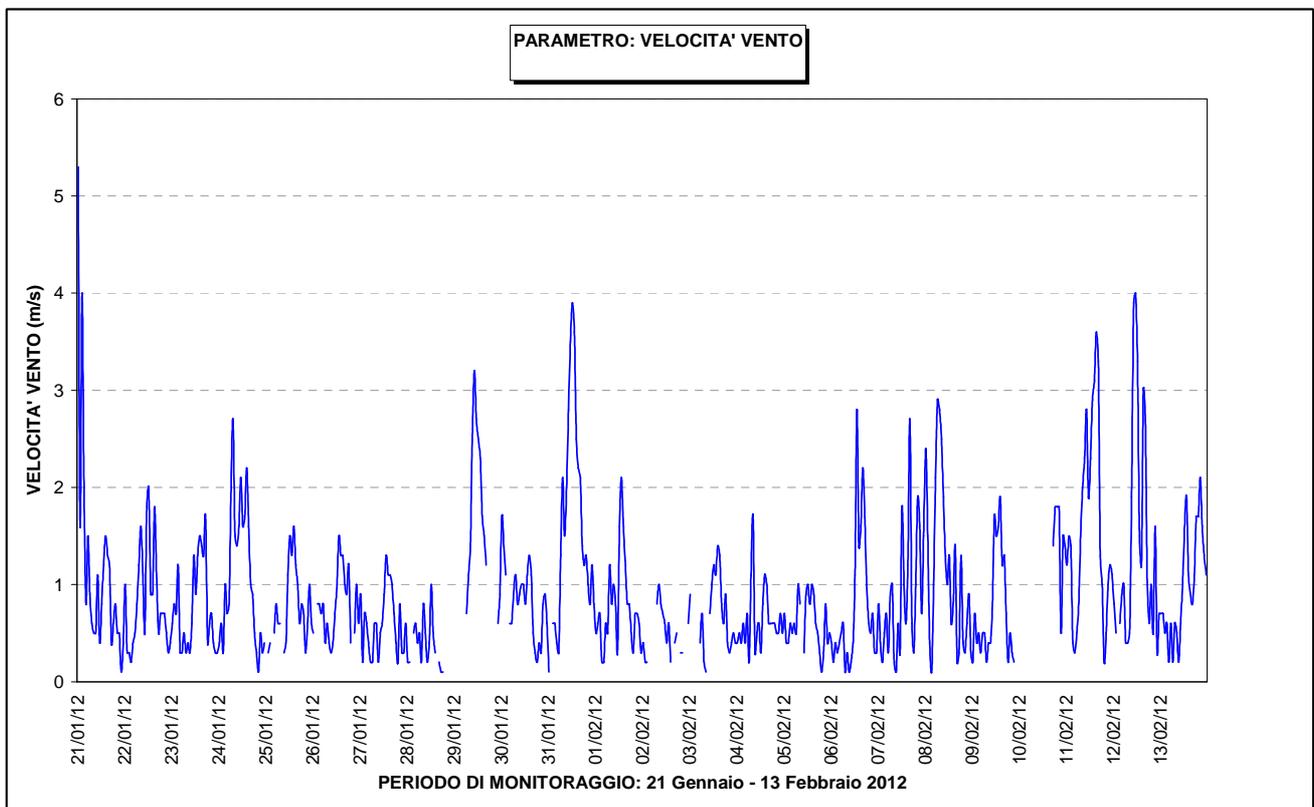
**Figura 7** – Andamento della pressione atmosferica nel corso della campagna di monitoraggio



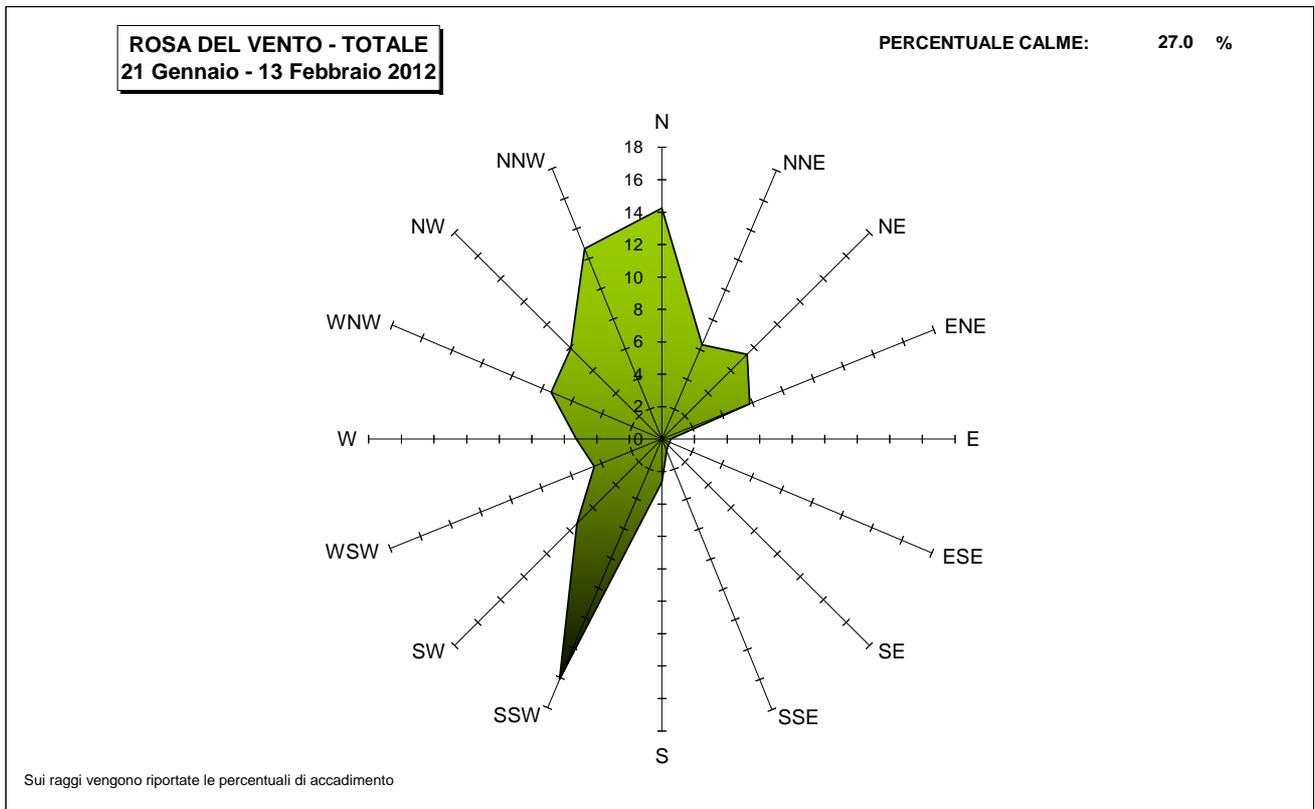
**Figura 8** – Precipitazioni nevose nel corso della campagna di monitoraggio – staz. Giardini Reali



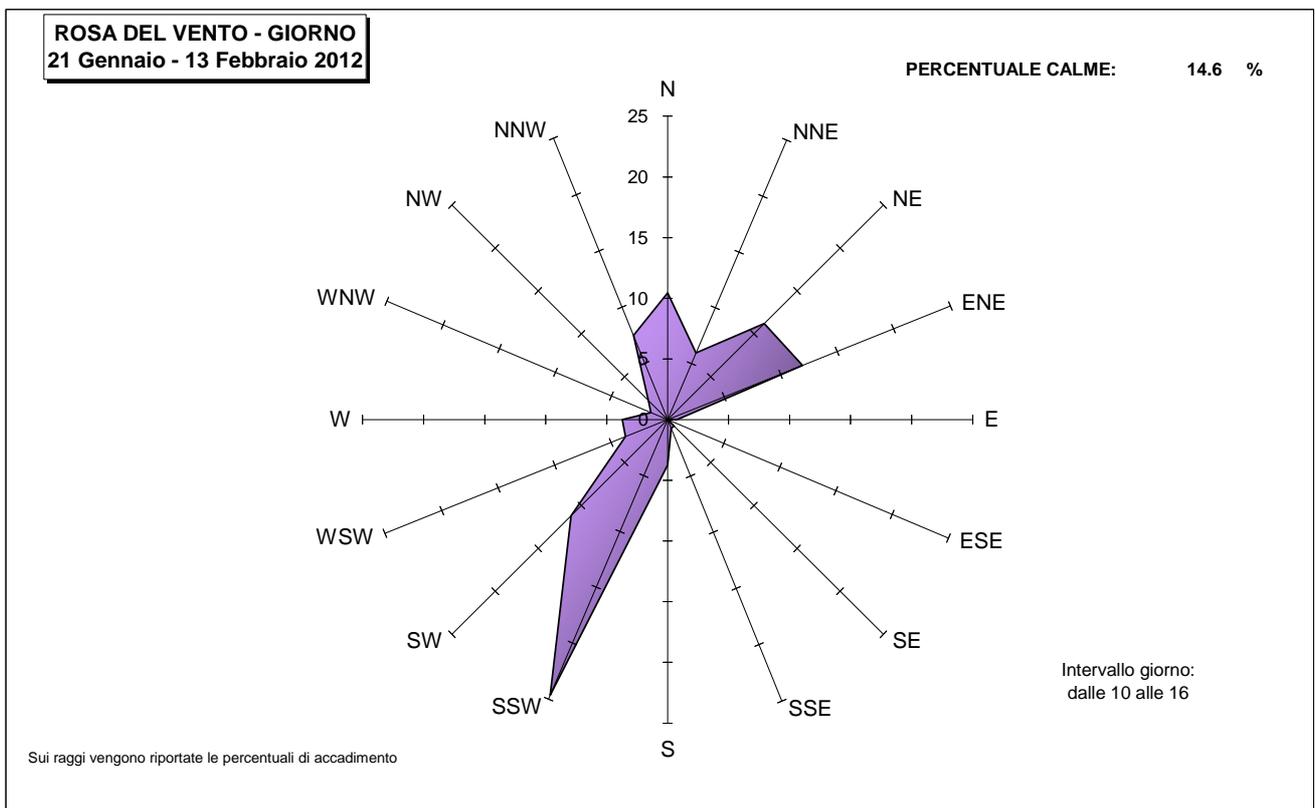
**Figura 9** – Andamento della velocità dei venti nel corso della campagna di monitoraggio



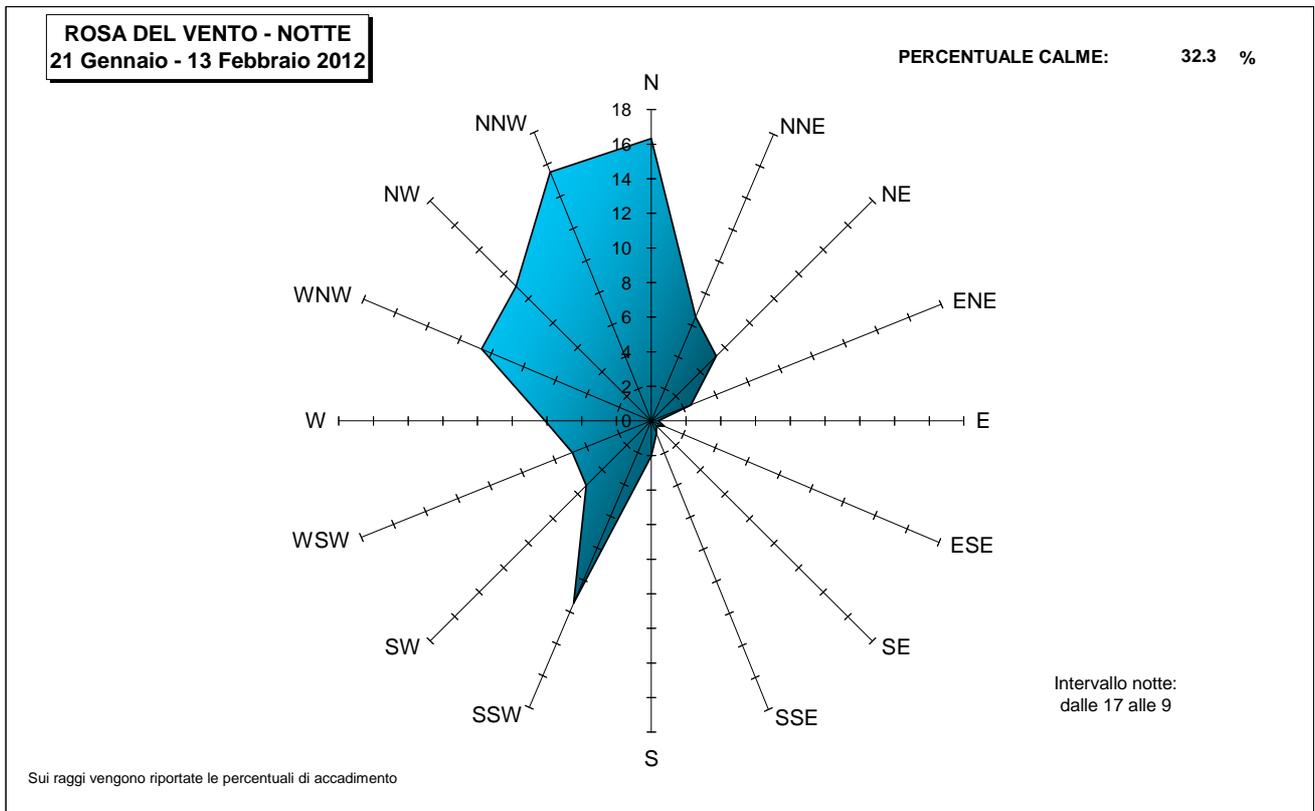
**Figura 10** – Rosa dei venti totale nel corso della campagna di monitoraggio



**Figura 11** – Rosa dei venti diurna nel corso della campagna di monitoraggio



**Figura 12** – Rosa dei venti notturna nel corso della campagna di monitoraggio



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

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

C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	BENZENE
NO <sub>2</sub>	BIOSSIDO DI AZOTO
SO <sub>2</sub>	BIOSSIDO DI ZOLFO
NO	MONOSSIDO DI AZOTO
CO	MONOSSIDO DI CARBONIO
O <sub>3</sub>	OZONO
PM <sub>10</sub>	PARTICOLATO SOSPESO PM <sub>10</sub>
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub>	TOLUENE

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

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

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

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

## Biossido di zolfo

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

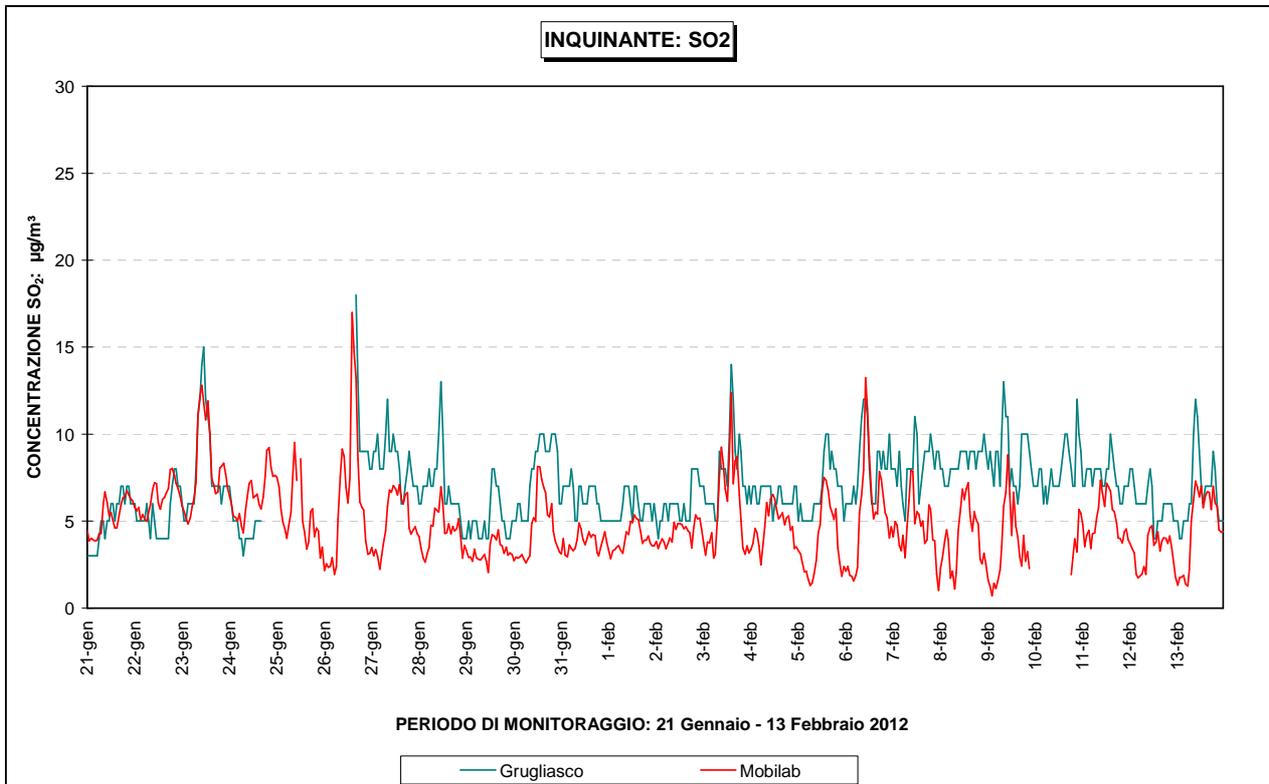
Una ridotta percentuale di biossido di zolfo nell'aria (6÷7%) proviene dal traffico veicolare, in particolare da veicoli a motore diesel. La concentrazione di biossido di zolfo presenta una variazione stagionale molto evidente, con i valori massimi durante la stagione invernale a causa del riscaldamento domestico. Fino a pochi anni fa, il biossido di zolfo era considerato uno degli inquinanti più problematici, per le elevate concentrazioni rilevate nell'aria e per i suoi effetti negativi sull'uomo e sull'ambiente. Negli ultimi anni, con la limitazione del contenuto di zolfo nei combustibili imposta dalla normativa, si osserva la progressiva diminuzione di questo inquinante con concentrazioni che si posizionano ben al di sotto dei limiti previsti dalla normativa.

I dati inerenti la concentrazione di biossido di zolfo misurati nel Comune di Collegno, indicano come i livelli sia giornalieri sia orari di questo inquinante siano ampiamente al di sotto dei limiti (Tabella 10 - Figura 13 - Figura 14). Il massimo valore giornaliero (calcolato come media giornaliera sulle 24 ore) è pari a 8,1 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 17 µg/m<sup>3</sup>, quindi è ampiamente rispettato anche il livello orario per la protezione della salute fissato pari a 350 µg/m<sup>3</sup> dal D.M. 60/2002 prima e riconfermato con il D.Lgs. 155/2010. In generale questo parametro non mostra alcuna criticità, poiché le azioni a livello nazionale per la riduzione della percentuale di zolfo nei combustibili e l'utilizzo del metano per gli impianti di riscaldamento hanno dato i risultati attesi e le concentrazioni di SO<sub>2</sub> sono sempre ampiamente al di sotto dei limiti.

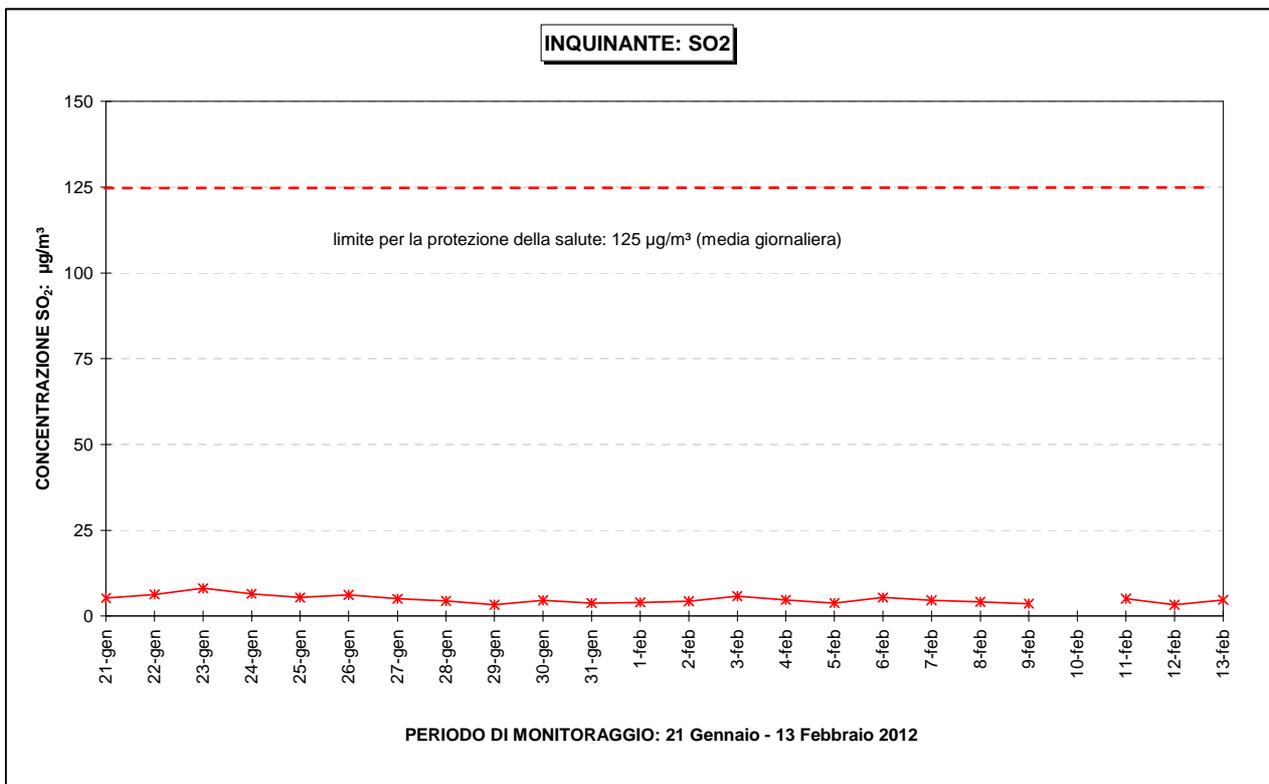
**Tabella 10** – Dati relativi al biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>) (µg/m<sup>3</sup>)

Minima media giornaliera	3.25
Massima media giornaliera	8.06
Media delle medie giornaliere	4.88
Giorni validi	23
Percentuale giorni validi	96%
Media dei valori orari	4.87
Massima media oraria	17
Ore valide	555
Percentuale ore valide	96%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (350)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (350)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (125)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di superamenti livello allarme (500)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (500)</u>	<b>0</b>

**Figura 13** – SO<sub>2</sub>: andamento della concentrazione oraria



**Figura 14** – SO<sub>2</sub>: confronto con il limite di legge (media giornaliera)



## Monossido di Carbonio

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

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

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

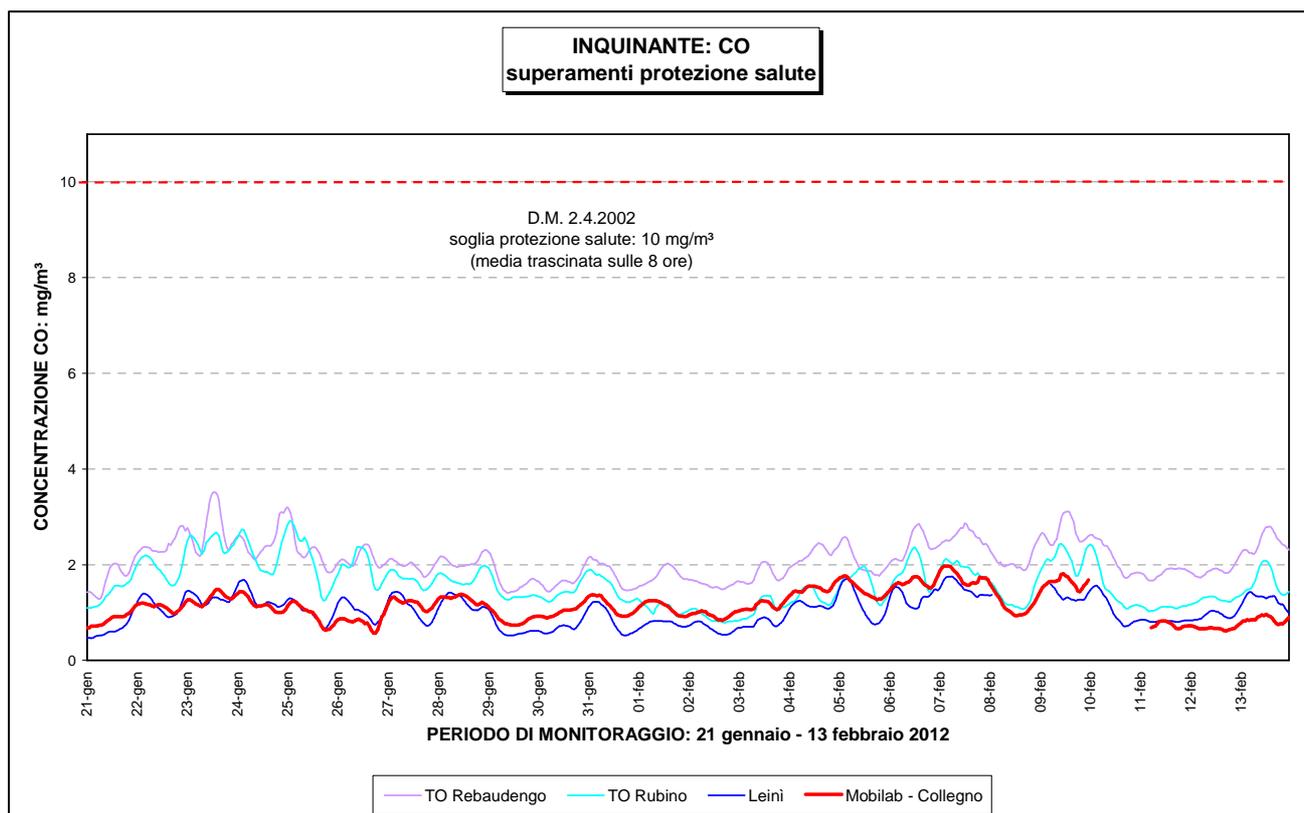
**Tabella 11** – Dati relativi al monossido di carbonio (CO) ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )

Minima media giornaliera	0.7
Massima media giornaliera	1.7
Media delle medie giornaliere	1.2
Giorni validi	23
Percentuale giorni validi	96%
Media dei valori orari	1.2
Massima media oraria	2.4
Ore valide	548
Percentuale ore valide	95%
Minimo medie 8 ore	0.6
Media delle medie 8 ore	1.2
Massimo medie 8 ore	2.0
Percentuale medie 8 ore valide	95%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (10)</u>	<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>

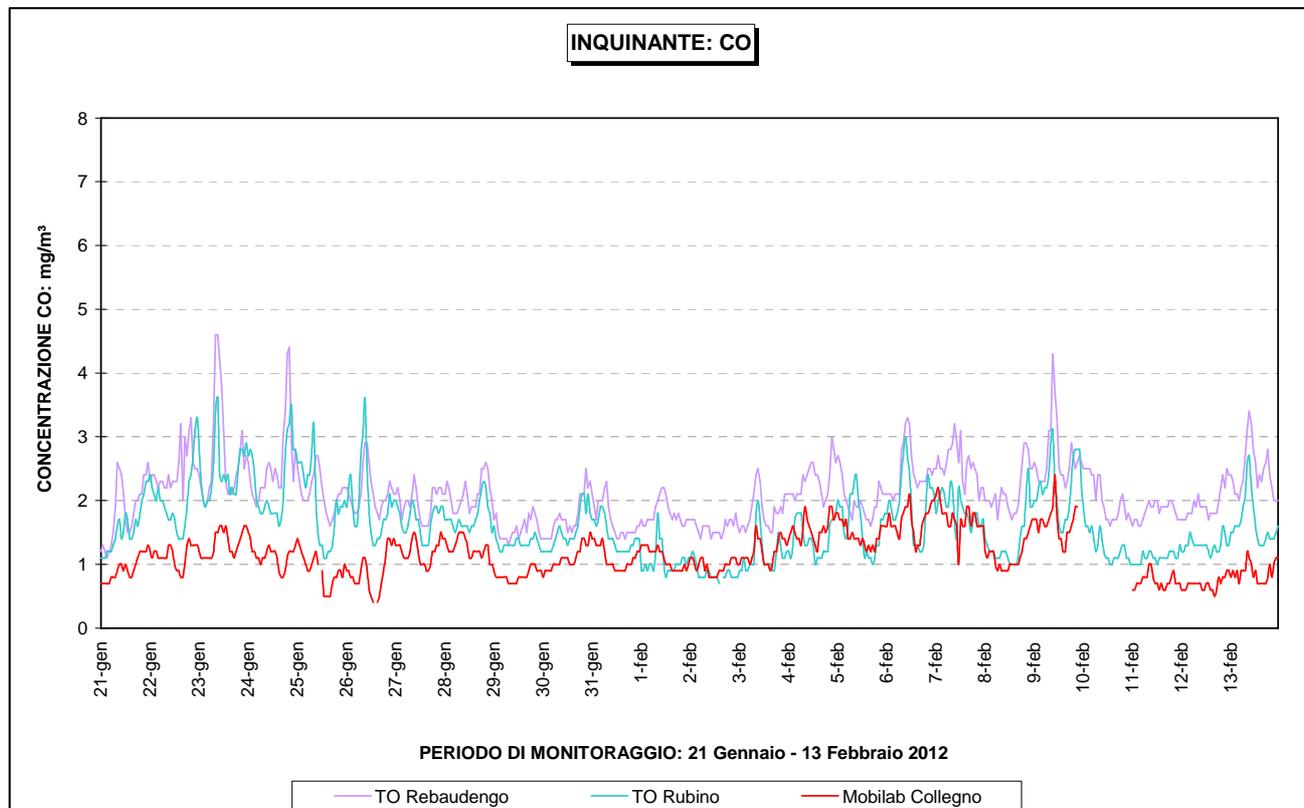
I dati misurati durante la campagna nel Comune di Collegno (Tabella 11) confermano quanto osservato su scala regionale in merito al rispetto dei limiti normativi. Infatti il DLgs 155 del 13/08/2010 prevede un limite di 10 mg/m<sup>3</sup>, calcolato come media su otto ore consecutive, il quale è ampiamente rispettato visto che il valore massimo su otto ore è pari a 2 mg/m<sup>3</sup> (Figura 15), e tale limite non è raggiunto neppure su base oraria (il massimo valore orario è pari a 2,4 mg/m<sup>3</sup>). Sempre in Figura 15 si nota l'andamento sovrapponibile tra i dati di Collegno e la stazione di Leinì definita come suburbana di fondo.

Nel grafico successivo viene riportato il confronto con le stazioni fisse urbane di Torino-Rubino e Torino-Rebaudengo, rispettivamente di fondo e di traffico (Figura 16); nel periodo indagato nessuna stazione ha raggiunto su base oraria il valore di 10 mg/m<sup>3</sup>, inoltre i valori rilevati a Collegno sono generalmente al di sotto dei valori delle due stazioni torinesi.

**Figura 15** – CO: confronto con il limite di legge (media trascinata sulle 8 ore)



**Figura 16** – CO: andamento della concentrazione oraria nel corso della campagna di monitoraggio e confronto con le stazioni fisse di Torino-Rebaudengo e Torino-Rubino



## Ossidi di Azoto

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

Per il **monossido di azoto** la normativa non prevede valori limite, ma questo inquinante viene comunque misurato in quanto partecipa ai fenomeni di inquinamento fotochimico e si trasforma in biossido di azoto in presenza di ossigeno e ozono.

I livelli di NO nel corso della campagna di monitoraggio nel Comune di Collegno (Tabella 12) sono risultati quasi sempre inferiori a 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , tranne in tre giornate (23 gennaio - 6 e 9 febbraio) nelle quali per alcune ore sono stati raggiunti valori maggiori ma che non superano i 300  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  con una massima media oraria di 286  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

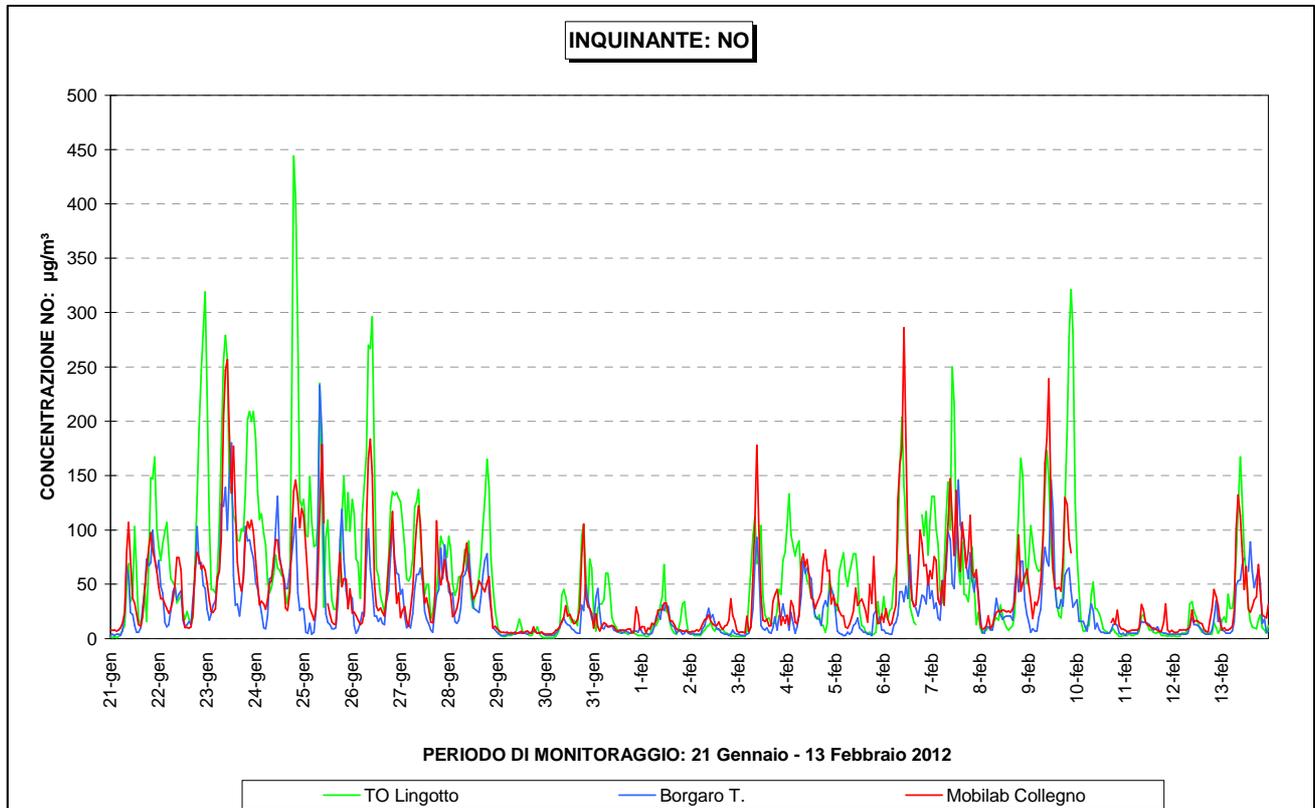
Nella parte centrale del monitoraggio si osserva una drastica riduzione dei valori di NO per tutte le stazioni indicate in Figura 17, in concomitanza con i maggiori eventi nivologici che hanno interessato la fine di gennaio, mentre si evidenzia un ulteriore abbassamento delle concentrazioni misurate verso la fine del periodo monitorato che in questo caso è legato alla presenza di vento con velocità che arrivano ai 4 m/s (cfr. Figura 9).

La Figura 17 evidenzia come sia l'andamento, sia i livelli di monossido di azoto presso il sito di monitoraggio nel comune di Collegno siano in generale confrontabili con quelli della stazione fissa di monitoraggio ubicata nel comune di Borgaro e classificata come fondo suburbano. Solo in alcune ore si registrano valori più elevati a Collegno che sono da ascrivere a fenomeni di inquinamento locale (NO è un inquinante primario). Invece la stazione di fondo urbano di TO-Lingotto presenta livelli più elevati, soprattutto per quello che riguarda i massimi giornalieri.

**Tabella 12** – Dati relativi al monossido di azoto (NO) ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Minima media giornaliera	6.1
Massima media giornaliera	101.4
Media delle medie giornaliere	42.1
Giorni validi	23
Percentuale giorni validi	96%
Media dei valori orari	41.6
Massima media oraria	285.9
Ore valide	556
Percentuale ore valide	97%

**Figura 17** – NO: andamento della concentrazione oraria nel corso della campagna di monitoraggio e confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio



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

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

Nel corso della campagna nel Comune di Collegno, la concentrazione media oraria di NO<sub>2</sub> si è sempre attestata al di sotto dei 150 µg/m<sup>3</sup> (Figura 18), con una media oraria dell’intero periodo pari a 52 µg/m<sup>3</sup>. La media oraria più elevata è stata registrata il 06 febbraio con 141 µg/m<sup>3</sup>. I fenomeni nivologici, che hanno caratterizzato una parte della campagna di monitoraggio, hanno sicuramente contribuito alla riduzione delle concentrazioni di NO<sub>2</sub>, soprattutto nella prima parte del monitoraggio (dove i valori generalmente non superano gli 80 µg/m<sup>3</sup>): il valore minimo è stato registrato il 29 gennaio con 9 µg/m<sup>3</sup>. Viceversa, nei giorni successivi alle nevicate intense, si assiste a condizioni di bel tempo con basse temperature al suolo (inferiori a 0°C) che hanno favorito l’instaurarsi di condizioni di stabilità atmosferica con un ridotto rimescolamento delle masse d’aria, ed in tali condizioni meteorologiche i valori di biossido di azoto sono aumentati raggiungendo i valori più alti che sono stati misurati durante tutta la campagna di monitoraggio.

Durante la campagna non si è avuto alcun superamento del limite orario di 200 µg/m<sup>3</sup> (che la normativa prevede che non venga superato più di 18 volte in un anno) e questo grazie all’elevata dinamicità atmosferica che ha riguardato il periodo oggetto di monitoraggio che ha determinato condizioni favorevoli alla riduzione delle concentrazioni degli inquinanti.

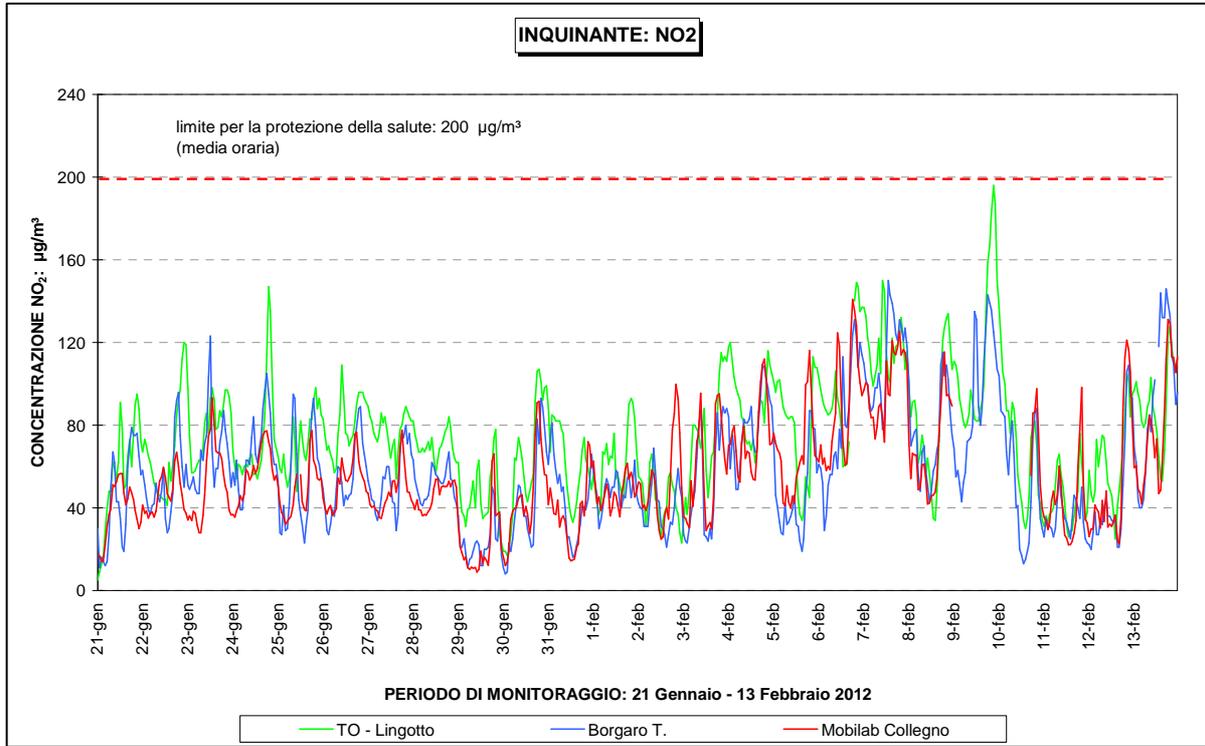
**Tabella 13** – Dati relativi al biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) (µg/m<sup>3</sup>)

Minima media giornaliera	22.3
Massima media giornaliera	99.6
Media delle medie giornaliere	55.3
Giorni validi	22
Percentuale giorni validi	92%
Media dei valori orari	55.4
Massima media oraria	140.9
Ore valide	534
Percentuale ore valide	93%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (200)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (200)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di superamenti livello allarme (400)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (400)</u>	<b>0</b>

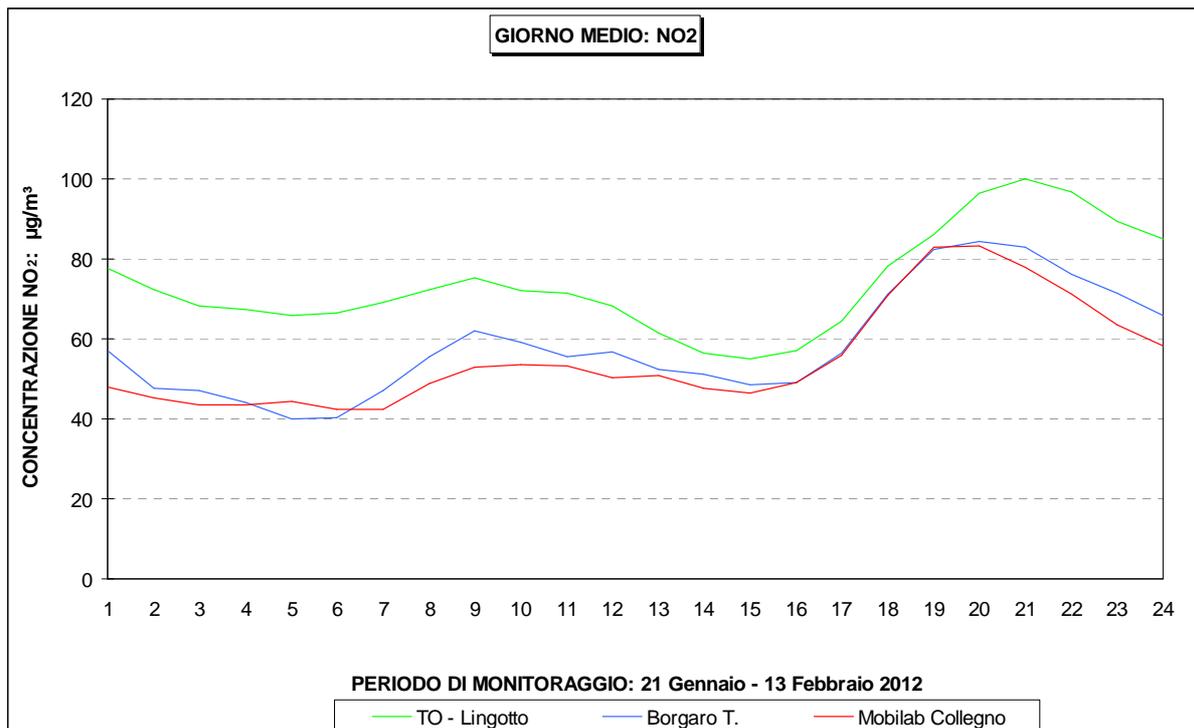
Il livello medio orario di NO<sub>2</sub> misurato a Collegno nel periodo indagato è confrontabile con il livello misurato nella stazione di Borgaro e generalmente inferiore a quello riscontrato nella stazione di Torino-Lingotto. Osservando il grafico di Figura 19, che riporta il giorno medio (calcolato sul periodo esaminato, come indicato a pag.25), si nota che l’andamento del NO<sub>2</sub> nelle tre stazioni messe a confronto, è caratterizzato da una campana che coinvolge alcune ore del mattino e da un picco serale; i valori misurati a Collegno sono confrontabili con quelli di Borgaro e inferiori a TO-Lingotto.

La normativa in vigore prevede inoltre per il parametro ossidi di azoto totali, dato dalla somma del monossido e biossido ed espressi come biossido, un valore limite annuale per la protezione della vegetazione. Tale limite non è stato preso in considerazione in quanto si riferisce a siti remoti, lontani dai centri abitati e industrializzati.

**Figura 18** – NO<sub>2</sub>: confronto con i limiti di legge e con i dati di altre stazioni di monitoraggio



**Figura 19** – NO<sub>2</sub>: andamento giorno medio - confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio



## Benzene e Toluene

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

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

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

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

Il benzene è una sostanza classificata:

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

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

La normativa vigente (DLgs 155 del 13/8/2010) prevede per il benzene un limite annuale pari  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  da rispettare dal 2010 in avanti. Durante la campagna di monitoraggio nel Comune di Collegno è stata determinata una concentrazione media pari a  $2,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Tabella 14) ed in generale i valori sono ricompresi tra  $1$  e  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , con un picco pari a  $5,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  registrato il 23 gennaio. È importante sottolineare che l'inverno è il periodo più critico per tale inquinante, mentre si registrano valori decisamente più bassi nel periodo estivo, e che il limite imposto dalla normativa è calcolato su base annuale. Per confronto il valore medio rilevato presso la stazione di Torino Rubino, calcolato nel medesimo periodo della campagna a Collegno, è pari a  $4,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  con numerosi picchi orari superiori a  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mentre la media annuale della medesima stazione, per l'anno 2011, è pari a  $2,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , al di sotto del limite normativo.

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

Gli effetti del toluene sono stati studiati soprattutto in relazione all'esposizione lavorativa e sono stati dimostrati casi di disfunzioni del sistema nervoso centrale, ritardi nello sviluppo e anomalie congenite, oltre a sbilanci ormonali in donne e uomini.

Per il toluene la massima media giornaliera è risultata essere di  $10,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e la massima media oraria di  $19,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Tabella 15), entrambe ben al di sotto del valore guida consigliato dall'OMS.

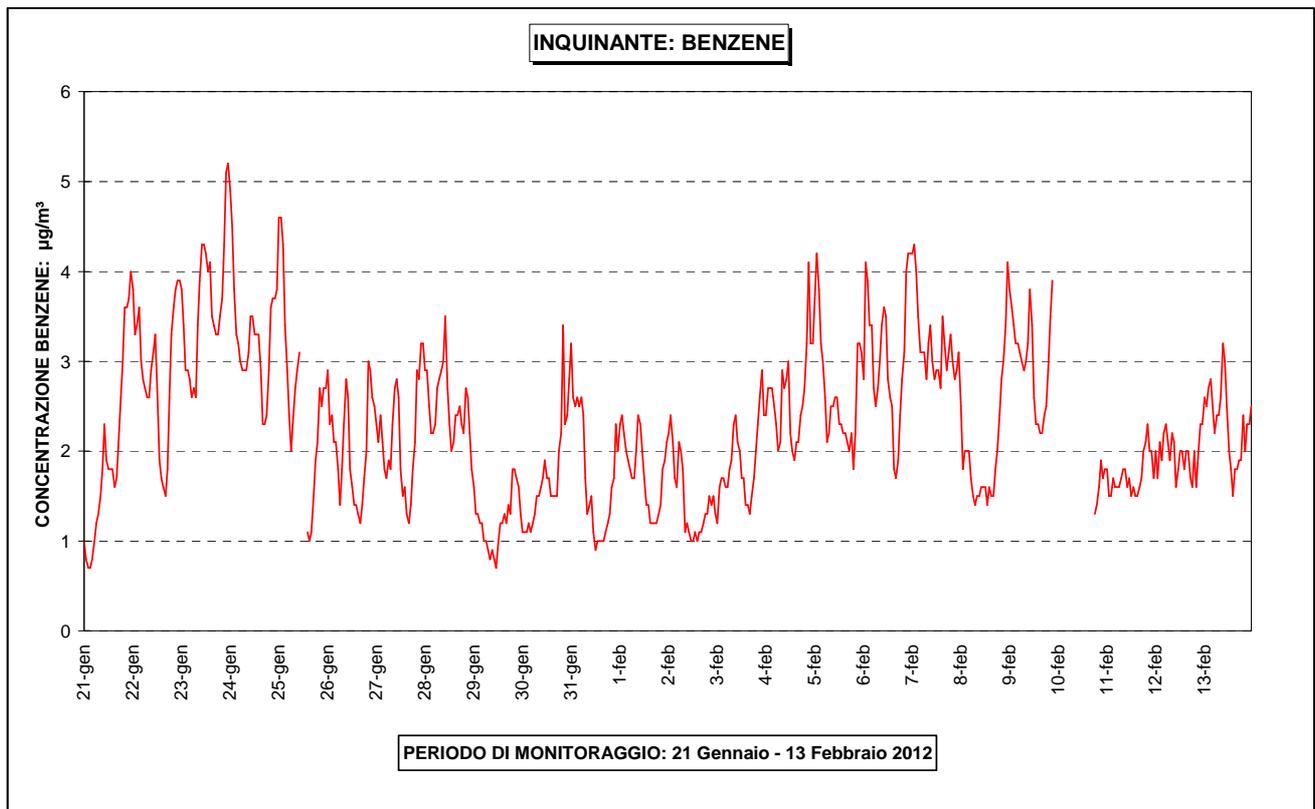
**Tabella 14** – Dati relativi al benzene ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Minima media giornaliera	1.2
Massima media giornaliera	3.6
Media delle medie giornaliere	2.3
Giorni validi	23
Percentuale giorni validi	96%
Media dei valori orari	2.3
Massima media oraria	5.2
Ore valide	553
Percentuale ore valide	96%

**Tabella 15** – Dati relativi al toluene ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Minima media giornaliera	3.6
Massima media giornaliera	10.3
Media delle medie giornaliere	6.2
Giorni validi	23
Percentuale giorni validi	96%
Media dei valori orari	6.1
Massima media oraria	19.5
Ore valide	552
Percentuale ore valide	96

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



## Particolato Sospeso (PM10)

Il particolato sospeso è costituito dall'insieme di tutto il materiale non gassoso in sospensione nell'aria. La natura delle particelle aerodisperse è molto varia: ne fanno parte le polveri sospese, il materiale organico disperso dai vegetali, il materiale inorganico prodotto da agenti naturali, ecc... Nelle aree urbane il materiale può avere origine da lavorazioni industriali, dall'usura dell'asfalto, dei pneumatici, dei freni e dalle emissioni di scarico degli autoveicoli, in particolare quelli con motore diesel.

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

La legislazione italiana, recependo quella europea, non ha più posto limiti per il particolato sospeso totale (PTS), ma, prima con il D.M. 60/2002 e successivamente con il D.Lgs 155/2010, ha previsto dei limiti esclusivamente per il particolato PM<sub>10</sub>, cioè la frazione con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm, più pericolosa in quanto può raggiungere facilmente trachea e bronchi ed inoltre gli inquinanti adsorbiti sulla polvere possono venire a contatto con gli alveoli polmonari.

Inoltre il D.Lgs 155/2010 ha introdotto un limite anche per il PM<sub>2,5</sub> (diametro aerodinamico inferiore ai 2.5 µm) calcolati come media annuale pari a 25 µg/m<sup>3</sup> da raggiungere entro il 1 gennaio 2015.

Durante la campagna sono state eseguite misure contemporanee di particolato fine PM<sub>10</sub> e di particolato PM<sub>2,5</sub>: per il primo parametro sono disponibili 22 misurazioni su 24 giornate di monitoraggio (che corrispondono al 92% di dati validi), mentre per il secondo sono disponibili 17 medie giornaliere (che corrispondono al 71% di dati validi). Il limite giornaliero del PM<sub>10</sub> pari a 50 µg/m<sup>3</sup> (da non superare più di 35 volte per anno civile) è stato superato 17 volte. Le medie del periodo dei valori di particolato PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>10</sub> sono rispettivamente pari a 61,2 µg/m<sup>3</sup> e 70,4 µg/m<sup>3</sup>.

Osservando la Figura 21, dove vengono riportati gli andamenti dei due inquinanti, si nota una buona correlazione tra PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub> e in qualche caso una completa sovrapposizione dei due andamenti; inoltre in Figura 22 si nota come gli andamenti del PM<sub>2,5</sub> di Collegno e della stazione di Borgaro siano anch'essi confrontabili. Tale situazione indica che buona parte della frazione che costituisce il particolato atmosferico è di origine secondaria, e, in quanto tale, può aver avuto origine anche da emissioni di precursori in zone lontane rispetto al punto di campionamento.

In Figura 23 vengono confrontati i valori di PM<sub>10</sub> registrati a Collegno con quelli misurati nelle altre stazioni della rete di rilevamento della qualità dell'aria: si nota, per il sito di Collegno, un andamento confrontabile con quello delle altre stazioni e in particolare i valori registrati sono prossimi a quelli della stazione fissa di Borgaro, classificata come suburbana di fondo, mentre sono generalmente superiori a quelli di Druento, stazione rurale di fondo.

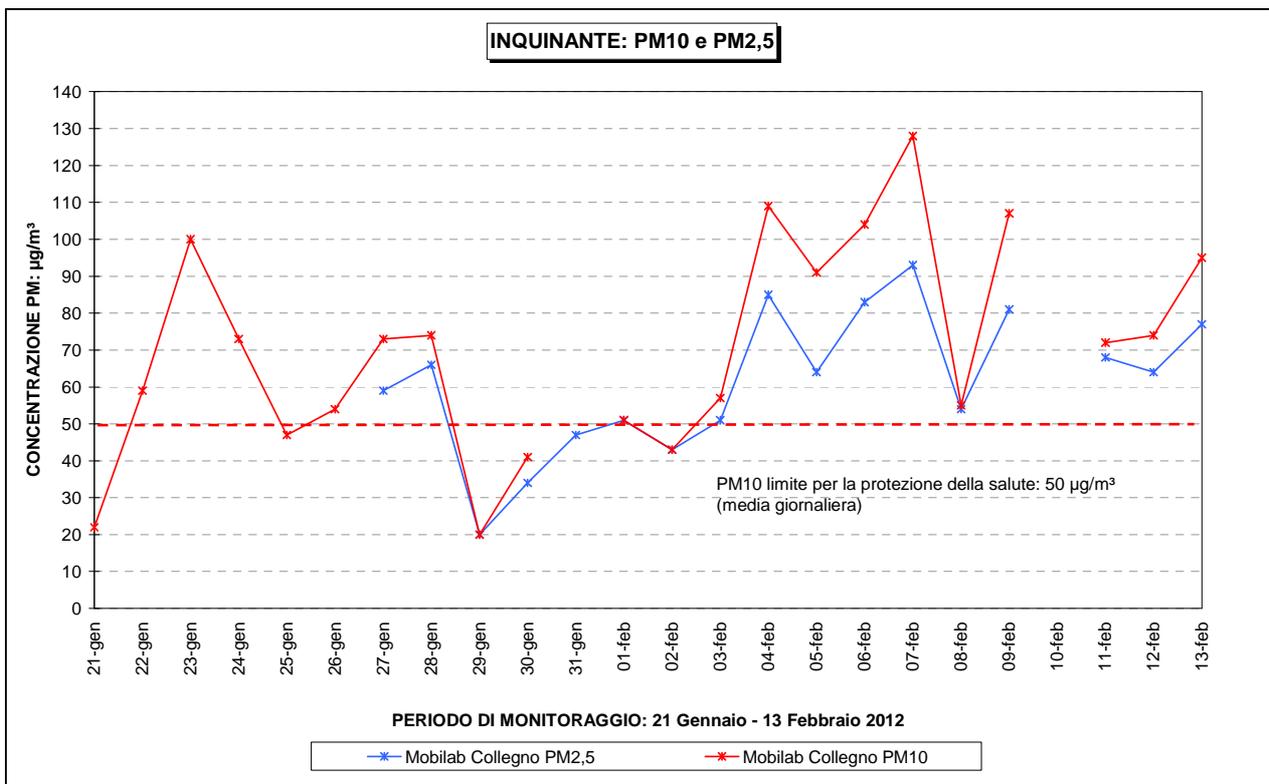
Il periodo monitorato è stato caratterizzato da diversi eventi nivologici, alcuni dei quali anche di forte intensità, che hanno contribuito fortemente alla riduzione del particolato atmosferico; infatti l'abbassamento dei valori medi di particolato si ha in corrispondenza dei giorni nei quali si sono verificate le precipitazioni nevose più consistenti. Il giorno 8 febbraio, nonostante non vi siano precipitazioni, si registra una improvvisa flessione dell'andamento giornaliero. Questa situazione è ascrivibile alla significativa variazione delle condizioni meteorologiche verso una situazione di maggiore instabilità che favorisce la dispersione degli inquinanti; il dato più rilevante è rappresentato

dall'aumento delle temperature medie che ritornano sopra gli 0°C dopo otto giorni consecutivi di freddo intenso<sup>1</sup>.

**Tabella 16** – Dati relativi al particolato sospeso PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>)

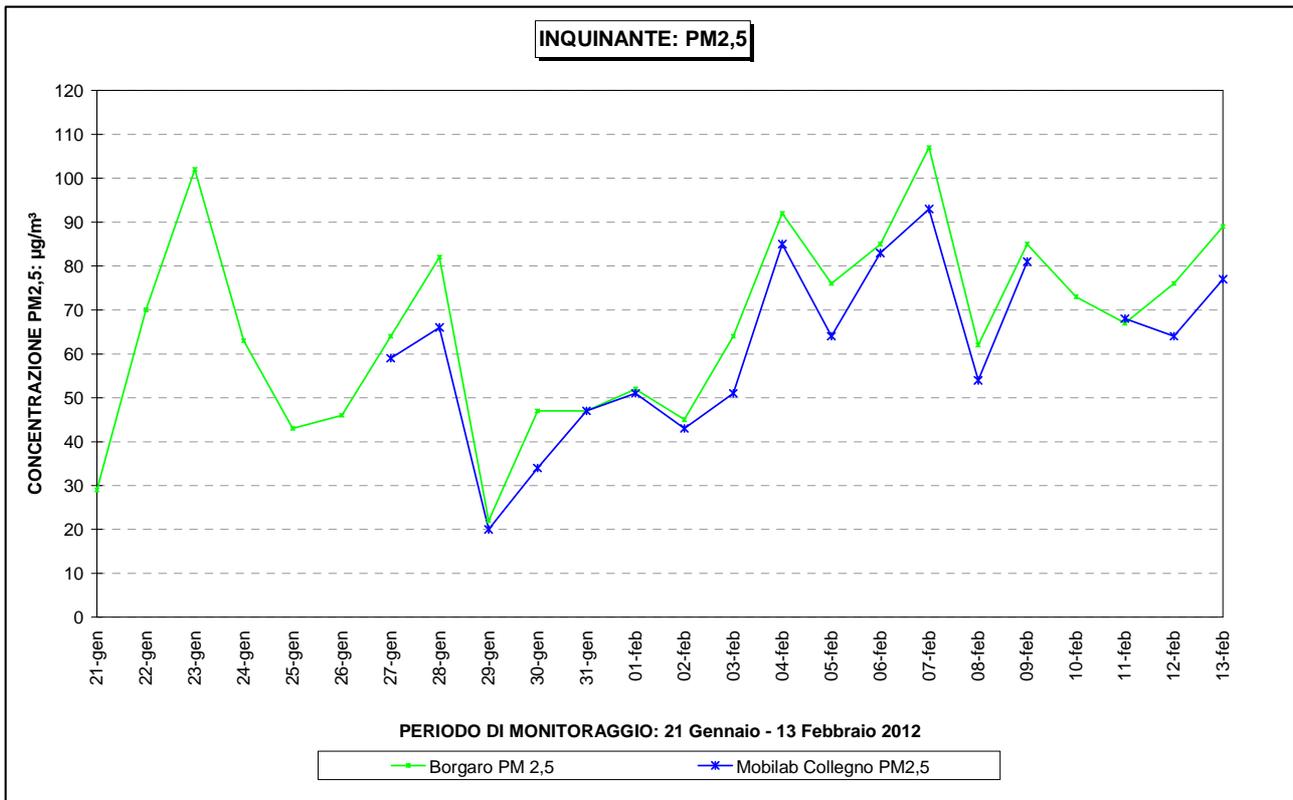
Minima media giornaliera	20.0
Massima media giornaliera	128.0
Media delle medie giornaliere	70.4
Giorni validi	22
Percentuale giorni validi	92%
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)</u>	<b>17</b>

**Figura 21** – Particolato sospeso PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub> : confronto con il limite giornaliero per la protezione della salute

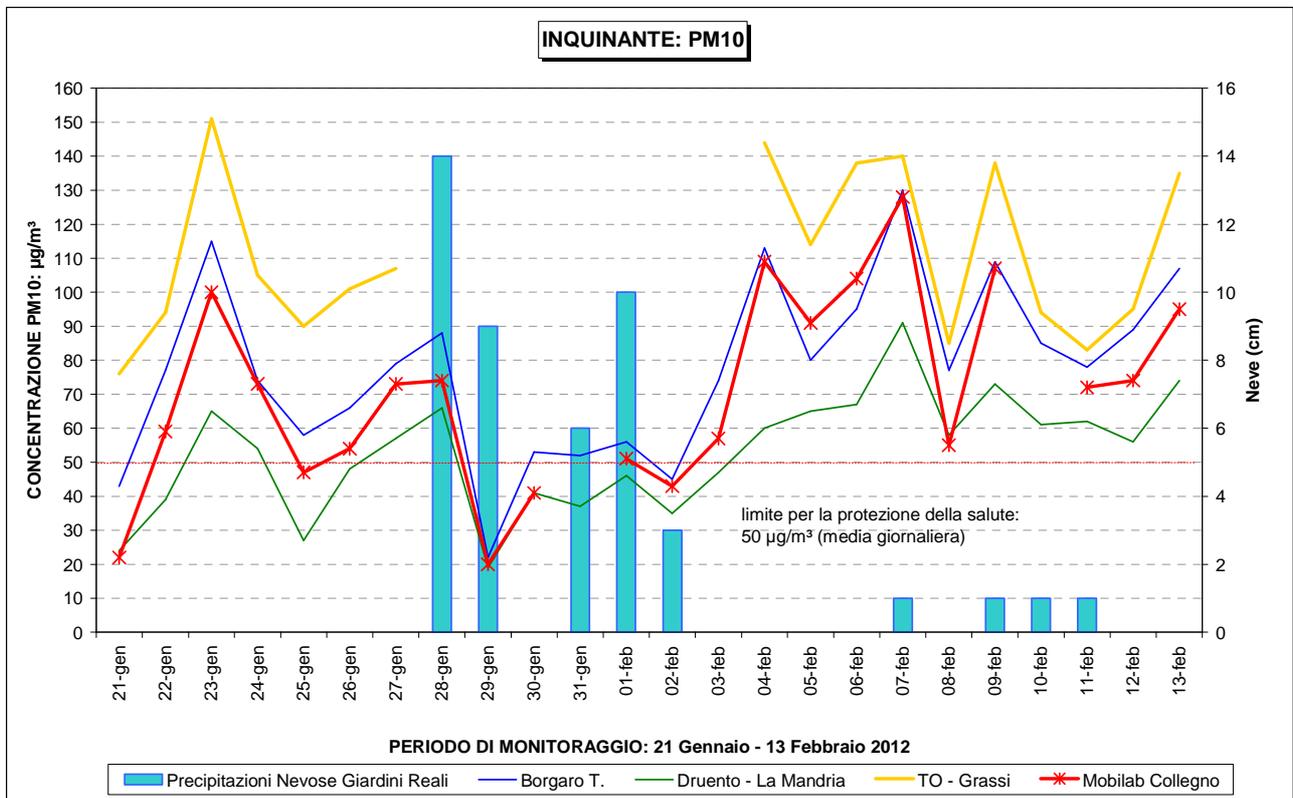


<sup>1</sup> L'analisi dei profili verticali di temperatura registrati nella città di Torino mostra che il giorno 8 febbraio non si sono verificate condizioni di inversione termica se non a partire dalle ore 22, mentre nei due giorni precedenti l'inversione termica ha interessato l'intero arco delle 24 ore

**Figura 22** – Particolato sospeso PM<sub>2,5</sub>: confronto con la stazione fissa di Borgaro.



**Figura 23** – Particolato sospeso PM<sub>10</sub>: confronto con altre stazioni di monitoraggio



**Tabella 17** – Media giornaliera del particolato sospeso PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub> (µg/m<sup>3</sup>)

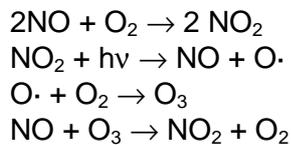
DATA	Collegno Via Boves PM10	Collegno Via Boves PM2.5
21-gen	22	
22-gen	59	
23-gen	100	
24-gen	73	
25-gen	47	
26-gen	54	
27-gen	73	59
29-gen	74	66
29-gen	20	20
30-gen	41	34
31-gen		47
01-feb	51	51
02-feb	43	43
03-feb	57	51
04-feb	109	85
05-feb	91	64
06-feb	104	83
07-feb	128	93
08-feb	55	54
09-feb	107	81
10-feb		
11-feb	72	68
12-feb	74	64
13-feb	95	77
<b>media</b>	<b>70,4</b>	<b>61,2</b>
massimo	128	93
minimo	20	20
n° di superamenti livello giornaliero protezione della salute PM10 (50 µg/m <sup>3</sup> )	17	-

## Ozono

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

I valori più alti di tale inquinante si raggiungono nella stagione calda quando la radiazione solare e la temperatura media dell'aria raggiungono i valori più alti dell'anno.

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



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

Nel corso della campagna di monitoraggio nel Comune di Collegno i livelli di ozono sono sempre risultati inferiori a 100 µg/m<sup>3</sup> (Tabella 18 e Figura 24), pertanto non si sono registrati superamenti del livello di protezione della salute (120 µg/m<sup>3</sup> calcolata come massima media trascinata sulle 8 ore), né superamenti del livello d'informazione (pari a 180 µg/m<sup>3</sup> come media oraria) né, tantomeno, del livello di allarme (pari a 240 µg/m<sup>3</sup> per almeno tre ore consecutive). La massima media oraria è stata di 95 µg/m<sup>3</sup> mentre la media dell'intero periodo è pari a 26 µg/m<sup>3</sup>.

In Figura 24 viene riportato l'andamento orario della concentrazione di ozono, confrontata con la stazione fissa di Borgaro, dal quale risulta che i due siti sono in generale comparabili per quanto concerne l'andamento (se si escludono alcune giornate nelle quali la formazione dell'ozono è strettamente legata a condizioni locali non confrontabili con altri siti).

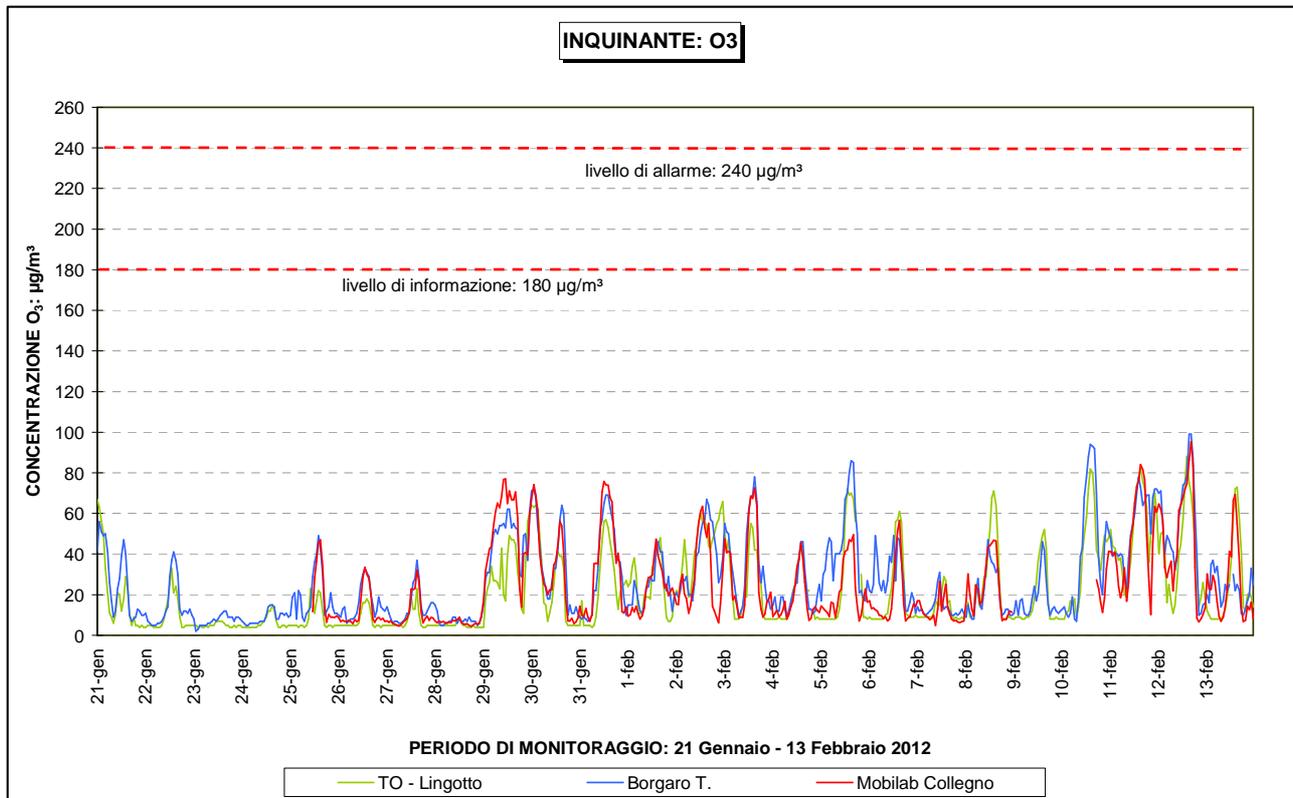
Sebbene il periodo invernale sia il meno problematico per tale inquinante, è interessante osservare come, a partire dai giorni nei quali sono iniziate le nevicate (dal 28 febbraio in avanti), i valori di ozono sono significativamente aumentati e l'andamento giornaliero presenta la classica "campana" che caratterizza tale parametro nella stagione estiva, con i valori medi orari massimi nelle ore centrali della giornata (quando l'insolazione e le temperature sono maggiori): tale condizione potrebbe essersi verificata a seguito della presenza di neve al suolo la quale, com'è noto, riflette fortemente la luce solare diretta (effetto albedo), ed in tale situazione potrebbero essersi instaurate condizioni particolari che hanno favorito le reazioni fotochimiche e quindi la formazione di ozono. Rispetto a queste ultime considerazioni il condizionale è d'obbligo visto che i fenomeni e i processi di formazione che riguardano questo inquinante secondario sono ancora oggetto di studio.

In generale è opportuno osservare che nella stagione fredda l'ozono non presenta situazioni problematiche per la salute umana.

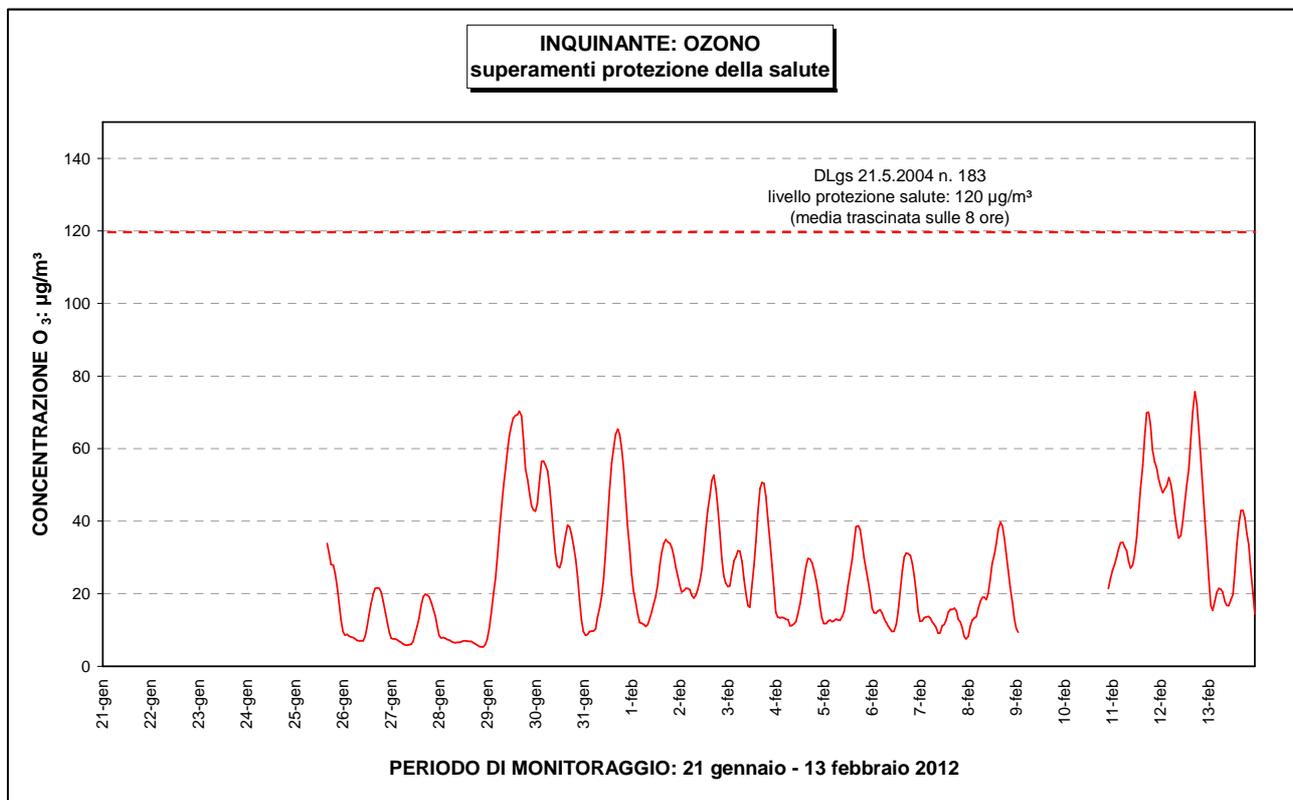
**Tabella 18** – Dati relativi all’ozono (O<sub>3</sub>) (µg/m<sup>3</sup>)

Minima media giornaliera	6.4
Massima media giornaliera	52.2
Media delle medie giornaliere	26.0
Giorni validi	17
Percentuale giorni validi	71%
Media dei valori orari	25.8
Massima media oraria	95.2
Ore valide	428
Percentuale ore valide	74%
Minimo medie 8 ore	5.3
Media delle medie 8 ore	26.0
Massimo medie 8 ore	75.6
Percentuale medie 8 ore valide	73%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (120)</u>	<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>
<u>Numero di superamenti livello informazione (180)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello informazione (180)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di valori orari superiori al livello allarme (240)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di superamenti livello allarme (240 per almeno 3 ore consecutive)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di giorni con almeno un valore superiore al livello allarme (240)</u>	<b>0</b>

**Figura 24** – O<sub>3</sub>: andamento della concentrazione oraria e confronto con i limiti di legge



**Figura 25** – O<sub>3</sub>: confronto con i limiti di legge (media trascinata sulle 8 ore)





## ***INFLUENZA DELLA DIREZIONE DEL VENTO SUI LIVELLI DEGLI INQUINANTI***

In prossimità del sito di monitoraggio di via Boves è posto un asse viario ad elevato traffico veicolare rappresentato dalla Tangenziale di Torino; il punto di minima distanza è posto a circa 500 m nel settore SE-SSE. La zona dove si trova la centrale termoelettrica dista dal sito di monitoraggio poco più di 1 km (Figura 1). Allo scopo di determinarne l'influenza delle fonti di inquinamento sulla qualità dell'aria del sito in esame, i dati di concentrazione sono stati elaborati in modo da ottenere i livelli medi degli inquinanti in funzione della direzione di provenienza del vento; generalmente gli inquinanti che vengono utilizzati per tale elaborazione sono il monossido di azoto e biossido di zolfo, due inquinanti primari, per i quali è con buona approssimazione ipotizzabile l'assenza di trasformazioni significative nell'intervallo temporale tra il momento dell'emissione e quello in cui vengono misurati in aria ambiente. Per effettuare l'elaborazione vengono utilizzati esclusivamente i valori orari di NO e SO<sub>2</sub> per i quali la velocità media oraria del vento era superiore o uguale a 0,5 m/s.

Per il monossido di azoto si osservano mediamente valori più elevati nel caso di venti con provenienza dalle direzioni sud (S), sud-est (SE) ed est (E) ovvero l'insieme delle direzioni rispetto alle quali il sito di misura risulta sottovento alla Tangenziale e per le quali si ha la minima distanza dalla tangenziale (Figura 26). Viceversa per il biossido di zolfo non si osservano direzioni prevalenti lungo le quali è maggiore l'afflusso di tale inquinante. In generale è opportuno notare che per alcune direzioni di provenienza del vento la frequenza degli accadimenti è molto bassa e quindi i corrispondenti livelli di inquinante possono avere una rappresentatività poco significativa (cfr. Figura 10).

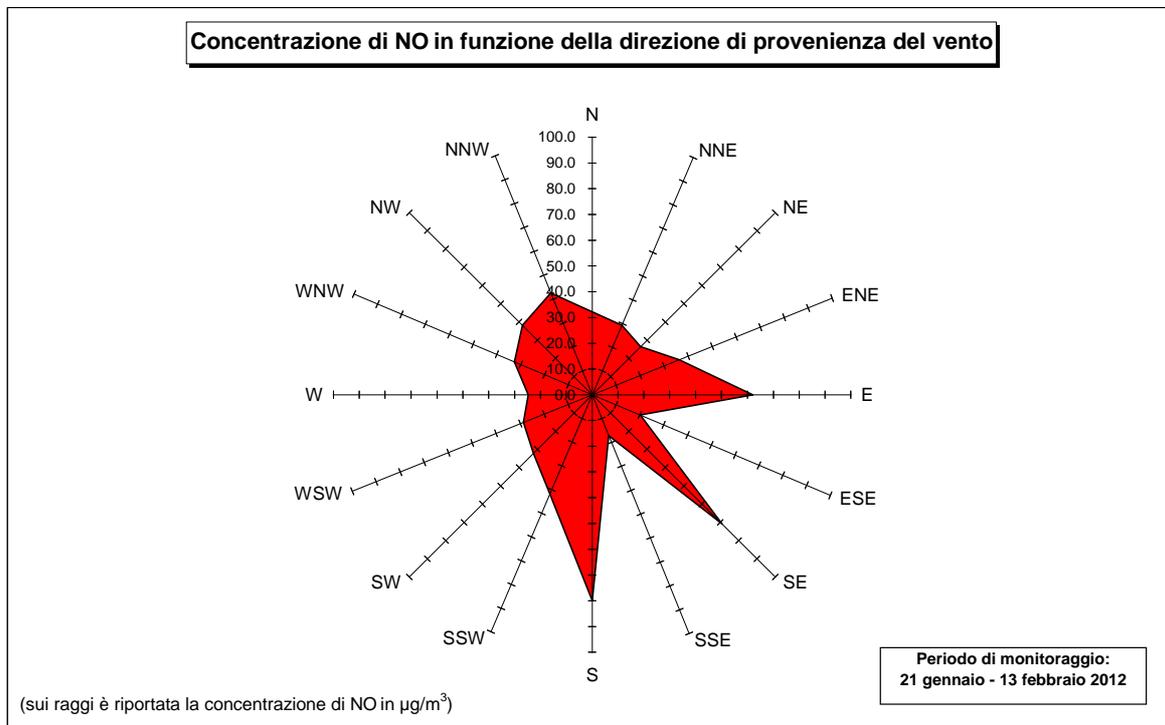
L'influenza dell'elevato traffico veicolare che caratterizza la Tangenziale di Torino sulla qualità dell'aria del sito in esame è stata evidenziata anche confrontando l'andamento del giorno medio del monossido di azoto e biossido di zolfo, nel caso in cui il sito risulti sottovento rispetto alla tangenziale (venti tra E e SW) e quando risulta sopravvento alla stessa (venti tra WSW e ENE); tale elaborazione è mostrata in Figura 27. Per monossido di azoto si nota un livello di concentrazione superiore nella situazione di sottovento con particolare evidenza per l'intervallo che va dalle ore 11 alle ore 13. Viceversa in serata si assiste ad un aumento delle concentrazioni quando il vento spira in condizioni di sopravvento.

Per il biossido di zolfo invece, considerata l'entità delle concentrazioni in gioco, non si evidenziano sostanziali differenze tra le due condizioni di sottovento-sopravvento.

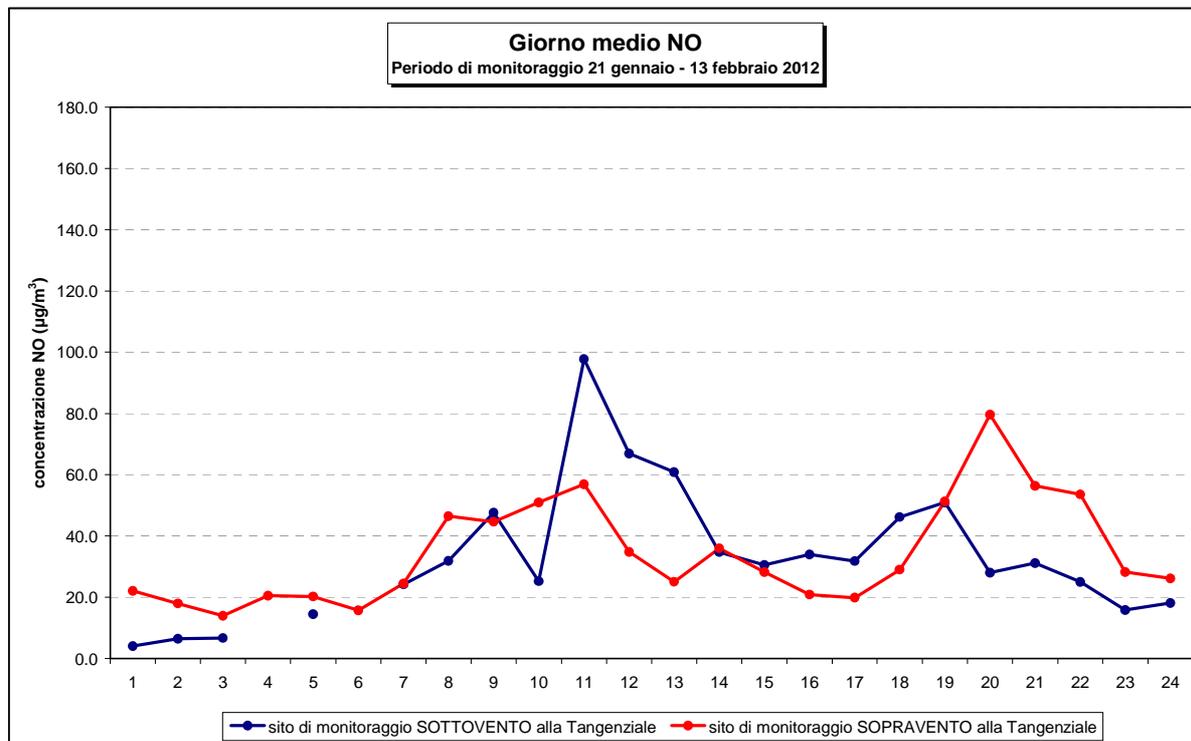
In generale per queste elaborazioni è opportuna una nota di cautela: vista la breve durata del monitoraggio, per alcune ore del giorno la frequenza degli accadimenti può essere molto sbilanciata verso una delle due situazioni, sottovento o sopravvento, quindi i corrispondenti livelli di inquinante possono avere una rappresentatività poco significativa. Ad esempio rispetto al totale delle ore disponibili per l'elaborazione dei dati di NO, solo il 29% di queste ultime rappresenta il sito di Collegno in condizioni di sottovento, mentre il restante 71% è riferito alle condizioni di sopravvento. Va inoltre considerato che, di norma, il regime dei venti, per quanto riguarda sia l'intensità che la direzione di provenienza, può presentare variazioni significative in termini di stagionalità.

Si sottolinea che non è possibile, con i soli dati del monitoraggio, attribuire un peso percentuale ai contributi delle singole sorgenti presenti nell'area di studio; pertanto a tale proposito si rimanda all'analisi modellistica che è in corso all'interno del progetto, la quale prenderà in considerazione anche il contributo della centrale Torino Nord, e che sarà oggetto di specifica relazione tecnica.

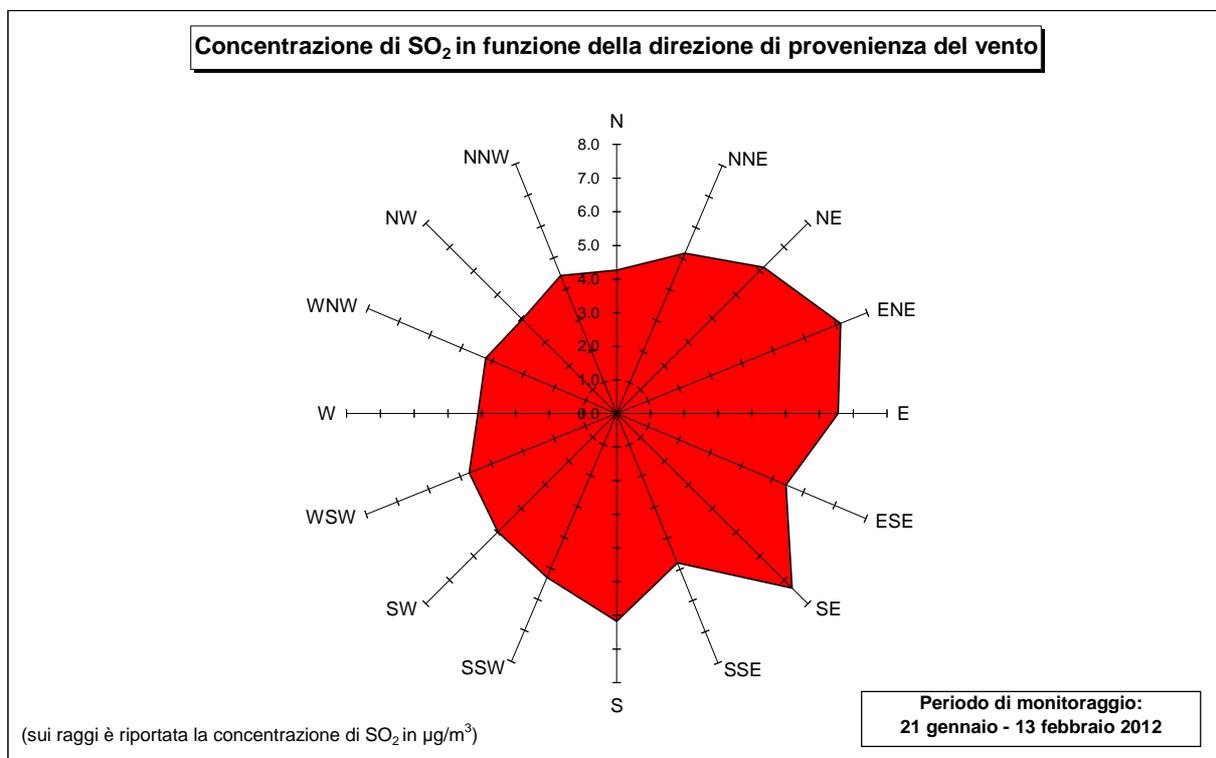
**Figura 26** – Concentrazioni di NO in funzione della direzione di provenienza del vento nel corso della campagna di monitoraggio nel Comune di Collegno



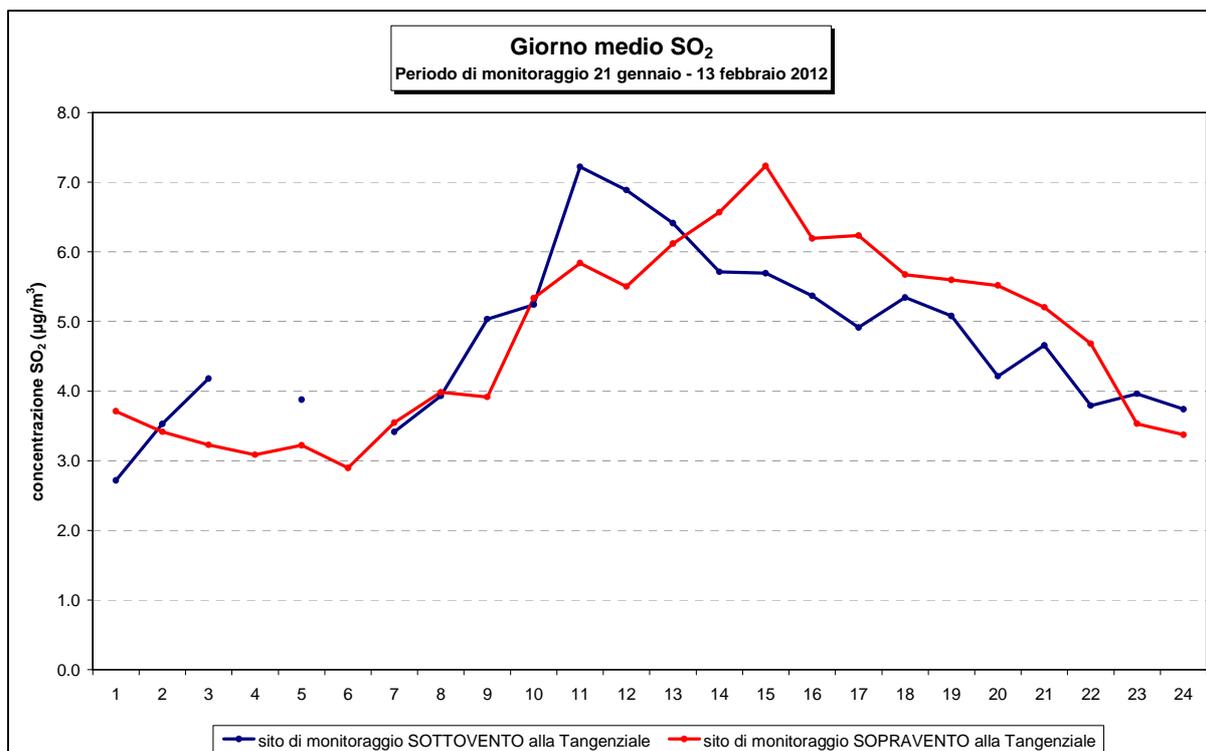
**Figura 27** – Andamento del giorno medio di NO per condizioni del sito di monitoraggio sopravento e sottovento alla Tangenziale



**Figura 28** – Concentrazioni di SO<sub>2</sub> in funzione della direzione di provenienza del vento nel corso della campagna di monitoraggio nel Comune di Collegno



**Figura 29** – Andamento del giorno medio di SO<sub>2</sub> per condizioni del sito di monitoraggio sopravento e sottovento alla Tangenziale





## **CONCLUSIONI**

Lo stato della qualità dell'aria emerso per il comune di Collegno 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, il benzene e l'ozono, ovvero tutti gli inquinanti per i quali sono previsti dalla normativa specifici valori di riferimento, ad eccezione del particolato sospeso PM<sub>10</sub>. Infatti per quest'ultimo su 22 giorni di misura validi sono stati registrati 17 superamenti del livello di protezione della salute calcolato come media giornaliera pari a 50 µg/m<sup>3</sup>. I dati disponibili evidenziano che la frazione che compone il PM<sub>10</sub> è costituita per una percentuale significativa di tipo secondario.

Nel loro insieme i dati presentati mostrano una situazione con criticità relativamente ridotte nonostante sia relativa ad un periodo di monitoraggio generalmente caratterizzato dai livelli più elevati dei diversi inquinanti (con l'eccezione dell'ozono che presenta i suoi massimi nei mesi estivi). Tale situazione trae la sua origine dalla elevata dinamicità atmosferica registrata nel periodo di monitoraggio con presenza di vento e precipitazioni (in questo caso di tipo nevoso); si conferma pertanto la notevole influenza dei meccanismi di diluizione e rimozione ad opera dei fenomeni meteorologici nel determinare i livelli degli inquinanti atmosferici.



## **APPENDICE - SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI**

- **Biossido di zolfo** **API 100 E**

Analizzatore a fluorescenza classificato da EPA (U.S. Environmental Protection Agency) per la misura della concentrazione di SO<sub>2</sub> nell'aria ambiente.

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

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

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

Analizzatore ad assorbimento ultravioletto classificato da EPA per la misura delle concentrazioni di O<sub>3</sub> nell'aria ambiente.

  - ✓ Campo di misura: 0 ÷ 20 ppm;
  - ✓ Limite inferiore di rivelabilità: 0.001 ppm.
  
- **Monossido di carbonio** **API 300 A**

Analizzatore a filtro a correzione di gas classificato da EPA quale metodo di riferimento per la misura della concentrazione di CO nell'aria ambiente.

  - ✓ Campo di misura: 0 ÷ 200 ppm;
  - ✓ Limite inferiore di rivelabilità: 0.1 ppm.
  
- **Particolato sospeso PM10** **TECORA CHARLIE AIR GUARD PM**

Campionatore di particolato sospeso PM10; campionamento delle particelle sospese con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm in aria ambiente, con testa di prelievo EPA.  
Analisi gravimetrica su filtri in fibra di quarzo MILLIPORE di diametro 47 mm.
  
- **Stazione meteorologica** **LSI LASTEM**

Stazione completa per la misura dei seguenti parametri: velocità e direzione vento, temperatura, umidità relativa, pressione atmosferica, irraggiamento solare.
  
- **Benzene, Toluene, Xileni** **SINTECH SPECTRAS CG 855 serie 600**

Gascromatografo con doppia colonna, rivelatore PID (fotoionizzazione)

  - ✓ Campo di misura benzene: 0 ÷ 324 µg/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>

