

**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 1<sup>a</sup> CAMPAGNA (01 Dicembre 2010 – 10 Gennaio 2011)**



<b>Redazione</b>	Funzione: Collaboratore Tecn. Professionale Nome: Ing. Milena Sacco	Data: 07/06/11	Firma: <i>Milena Sacco</i>
	Funzione: Collaboratore Tecn. Professionale Nome: Fabio Pittarello	Data: 07/06/11	Firma: <i>Fabio Pittarello</i>
<b>Verifica e approvazione</b>	Funzione: Dirigente con incarico professionale presso la S.S. di Produzione Nome: Dott. Francesco Lollobrigida	Data: 03/06/11	Firma: <i>Francesco Lollobrigida</i>

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

Si 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>	<i>6</i>
<i>Il Laboratorio Mobile .....</i>	<i>8</i>
<i>Il quadro normativo .....</i>	<i>8</i>
<b>LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO .....</b>	<b>13</b>
<i>Obiettivi della campagna di monitoraggio .....</i>	<i>14</i>
<i>Elaborazione dei dati meteorologici .....</i>	<i>17</i>
<b>Elaborazione dei dati relativi agli inquinanti atmosferici .....</b>	<b>26</b>
Biossido di zolfo .....	27
Monossido di carbonio .....	29
Ossidi d'azoto .....	32
Benzene e toluene .....	36
Particolato sospeso (PM <sub>10</sub> ) .....	38
Ozono .....	42
<i>Influenza della direzione del vento sui livelli degli inquinanti.....</i>	<i>45</i>
<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).

Nella

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

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

Per una descrizione completa dei singoli inquinanti, dei danni causati e dei metodi di misura si rimanda alla pubblicazione "Uno sguardo all'aria - Relazione annuale 2009", elaborata congiuntamente dalla Provincia di Torino e da Arpa Piemonte, e disponibile presso ARPA Piemonte e Provincia di Torino.

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

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

INQUINANTE	TRAFFICO AUTOVEICOLARE VEICOLI A BENZINA	TRAFFICO AUTOVEICOLARE VEICOLI DIESEL	EMISSIONI INDUSTRIALI	COMBUSTIONI FISSE ALIMENTATE CON COMBUSTIBILI LIQUIDI O SOLIDI	COMBUSTIONI FISSE ALIMENTATE CON COMBUSTIBILI GASSOSI
BIOSSIDO DI ZOLFO					
BIOSSIDO DI AZOTO					
BENZENE					
MONOSSIDO DI CARBONIO					
PARTICOLATO SOSPESO					
PIOMBO					
BENZO(a)PIRENE					

 = fonti primarie  
 = fonti secondarie

## ***IL LABORATORIO MOBILE***

Il controllo dell'inquinamento atmosferico nel territorio provinciale viene realizzato attraverso le stazioni della rete di monitoraggio della qualità dell'aria.

Le informazioni acquisite da tale rete sono integrate, laddove non siano presenti postazioni della rete fissa e si renda comunque necessaria una stima della qualità dell'aria, attraverso l'utilizzo di stazioni mobili gestite dalle sedi provinciali di Arpa Piemonte.

Il laboratorio mobile della Provincia di Torino è dotato di una stazione meteorologica e di analizzatori per la misura in continuo di inquinanti chimici quali biossido di zolfo, ossidi di azoto, monossido di carbonio, ozono, benzene, toluene e di un campionatore di particolato atmosferico PM<sub>10</sub>, la cui concentrazione è determinata in laboratorio per via gravimetrica.

## ***IL QUADRO NORMATIVO***

La normativa italiana in materia di qualità dell'aria impone dei limiti per quegli inquinanti che risultano essere quantitativamente più rilevanti dal punto di vista sanitario e ambientale.

La normativa quadro è rappresentata dal D.Lgs. 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 2009".

**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 <sup>(3)</sup>	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
	Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	24 ore	50 µg/m <sup>3</sup>	35 volte/anno civile	1-gen-2005
PARTICELLE (PM <sub>10</sub> )	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 µg/m <sup>3</sup>	---	1-gen-2005
	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 IRIDE "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 ante operam sono state calendarizzate in modo da acquisire informazioni ambientali in differenti condizioni meteorologiche; nello specifico è stata prevista una prima campagna, oggetto della presente relazione, nel periodo invernale 2010-2011, due campagne nel primo semestre 2011 ed un'ultima nell'autunno 2011.

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 periodo di monitoraggio è stato condotto a cavallo tra la stagione autunnale ed invernale, con il posizionamento del laboratorio mobile in data 01 dicembre fino al successivo 10 gennaio (41 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 02 dicembre al successivo 09 gennaio.

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.

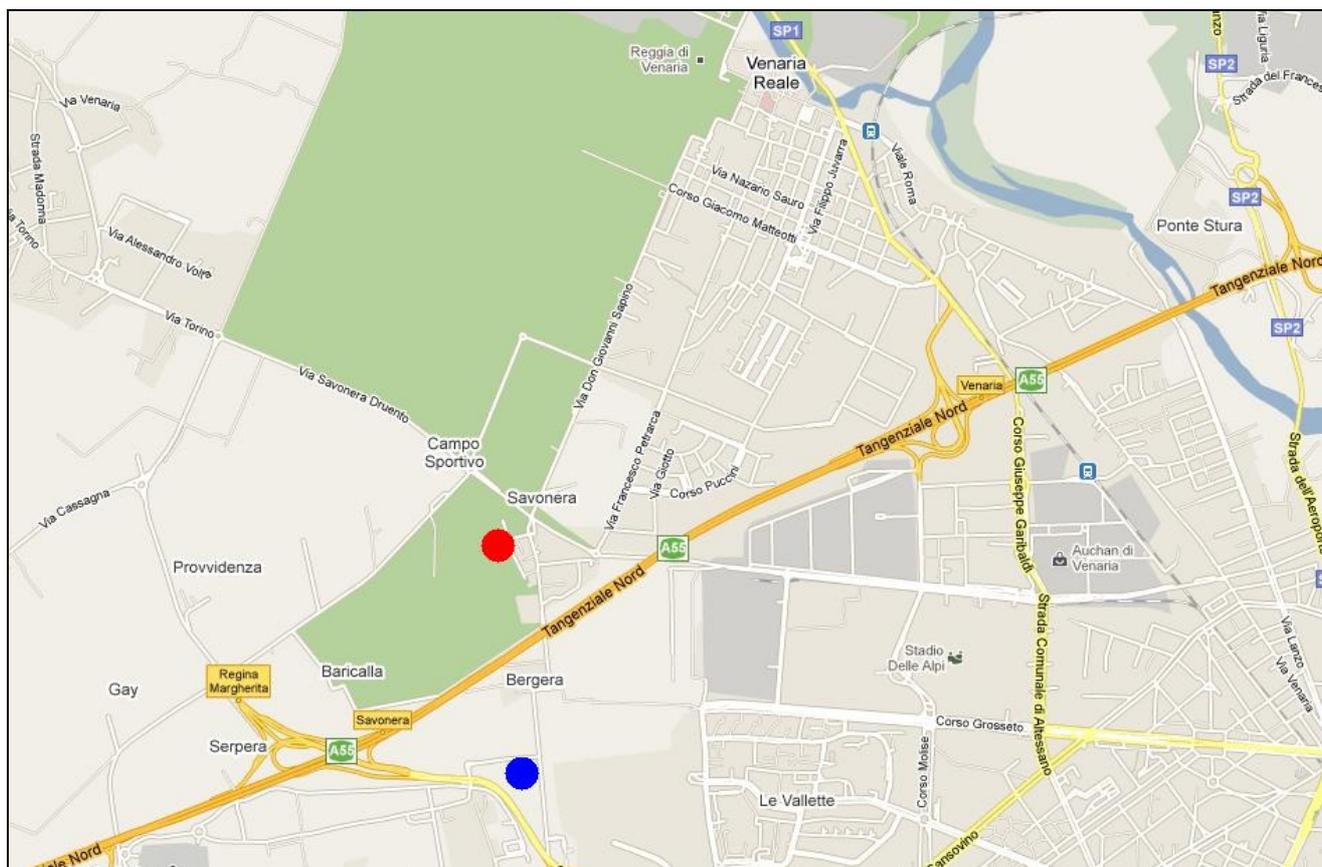
Una trattazione completa, secondo quanto previsto dalla normativa vigente (allegato I del DLgs 155/2010), dovrebbe prevedere, infatti, campagne di monitoraggio caratterizzate da una durata tale da comprendere almeno il 14% annuo di misurazioni (una misurazione in un giorno, scelto a caso, di ogni settimana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

I dati presentati forniscono quindi, 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.

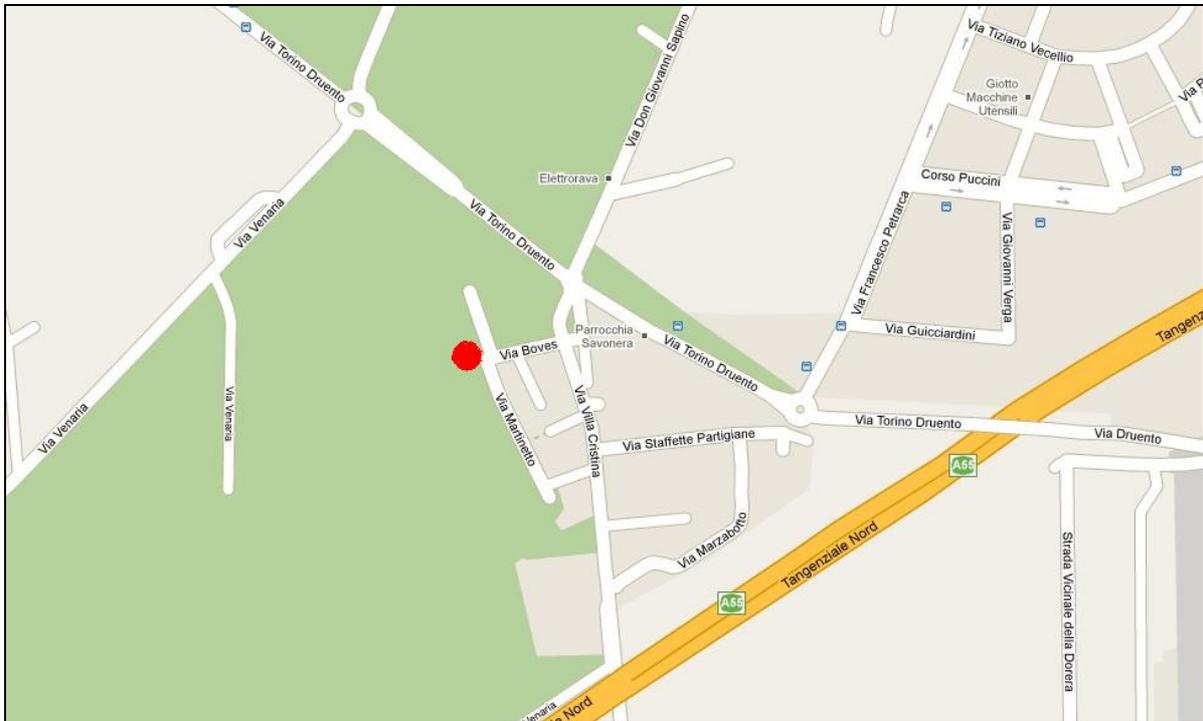
Al termine dell'effettuazione di tutte le campagne previste per il 2011, tenuto conto della disponibilità effettiva di dati validi, potranno essere effettuate valutazioni più generali della qualità dell'aria del sito esaminato.

La stazione 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 effettuate 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 in 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>

Osservando i dati meteorologici si nota che durante la campagna il tempo atmosferico è stato variabile, con alcuni fenomeni piovosi nei giorni centrali del mese.

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 sono quelli tipici per il periodo invernale (considerando l'eventuale nuvolosità), con valori massimi generalmente superiori o prossimi a 300 W/m<sup>2</sup>, tranne che per alcune giornate nelle quali i valori massimi raggiunti sono stati inferiori o prossimi a 150 W/m<sup>2</sup>. In particolare il minor valore di picco della radiazione si è avuto il 23 dicembre in concomitanza con uno dei due giorni di maggior piovosità (<50 W/m<sup>2</sup>)

La temperatura media di tutto il periodo (Figura 5) è stata di 0,7°C, un po' più basso del valore del mese di dicembre medio degli ultimi dieci anni; il valore minimo orario si è raggiunto il 18 dicembre con -8,6°C, mentre il valore massimo è stato rilevato il 9 dicembre con 14,8°C. Nel periodo compreso tra il 21 ed il 26 dicembre la temperatura è stata superiore agli zero gradi (con intorno ai 5°) pertanto le precipitazioni atmosferiche che hanno interessato il medesimo periodo si sono presentate sotto forma di pioggia anziché neve.

Per quanto riguarda l'umidità relativa (Figura 6), i valori massimi si sono raggiunti durante i giorni di pioggia mentre quelli minimi, corrispondenti a valori inferiori al 30%, sono stati registrati nelle giornate dal 9 al 13 dicembre. In particolare il 9 dicembre si nota un repentino abbassamento dei valori di umidità (si passa dal 95% al 24% nell'arco di due ore) in concomitanza con la presenza di venti di Föhn. A partire dai giorni nei quali ha piovuto fino a fine campagna, i valori misurati sono stati sempre superiori al 60%.

Nel corso di tutta la campagna il campo pressorio si è attestato tra i 960 ed i 995 mbar (Figura 7). I dati pluviometrici (Figura 8) della stazioni meteo di Torino Via Reiss Romoli (posta ad una distanza di circa 4 km dal sito di monitoraggio nel Comune di Collegno) indicano due giornate di pioggia intensa (27 mm il 23 dicembre e 28 mm il 24 dicembre); complessivamente sono caduti 67 mm di pioggia distribuiti tra il 21 e il 26 dicembre.

In generale la campagna è stata caratterizzata da una dinamicità atmosferica relativamente alta. 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 26%, con un lieve aumento della presenza di calme nelle ore notturne. In particolare la V.V. è risultata frequentemente superiore a 1 m/s, con alcuni valori anche maggiori di 2 m/s. Si osserva il 9 dicembre la presenza di venti di Föhn, caratterizzati da velocità elevate (il valore massimo registrato è superiore a 7 m/s), aumento della temperatura e soprattutto l'abbassamento repentino dell'umidità relativa (Figure Figura\_5, Figura\_6 e Figura\_9).

Le elaborazioni relative alla direzione dei venti (Figura 10) indicano che buona parte degli episodi è compresa tra il settore S-SSW ed il settore WNW-N. Esaminando più nel dettaglio la situazione è possibile evidenziare una rosa dei venti diversa fra periodo diurno e notturno (Figura 11 e Figura 12); nel primo caso si ha un numero significativo di accadimenti nel settore S-SSW mentre nelle ore notturne aumenta considerevolmente la percentuale di provenienza del vento nel settore WNW-N.

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

Minima media giornaliera	5.3
Massima media giornaliera	84.2
Media delle medie giornaliere	43.6
Giorni validi	39
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	44.0
Massima media oraria	390.8
Ore valide	936
Percentuale ore valide	100%

**Tabella 6** – Temperatura (°C)

Minima media giornaliera	-4.4
Massima media giornaliera	5.5
Media delle medie giornaliere	0.7
Giorni validi	39
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	0.7
Massima media oraria	14.8
Ore valide	934
Percentuale ore valide	100%

**Tabella 7** – Umidità relativa – Stazione Reiss Romoli (%)

Minima media giornaliera	48.9
Massima media giornaliera	100.0
Media delle medie giornaliere	82.4
Giorni validi	39
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	82.0
Massima media oraria	100.0
Ore valide	936
Percentuale ore valide	100%

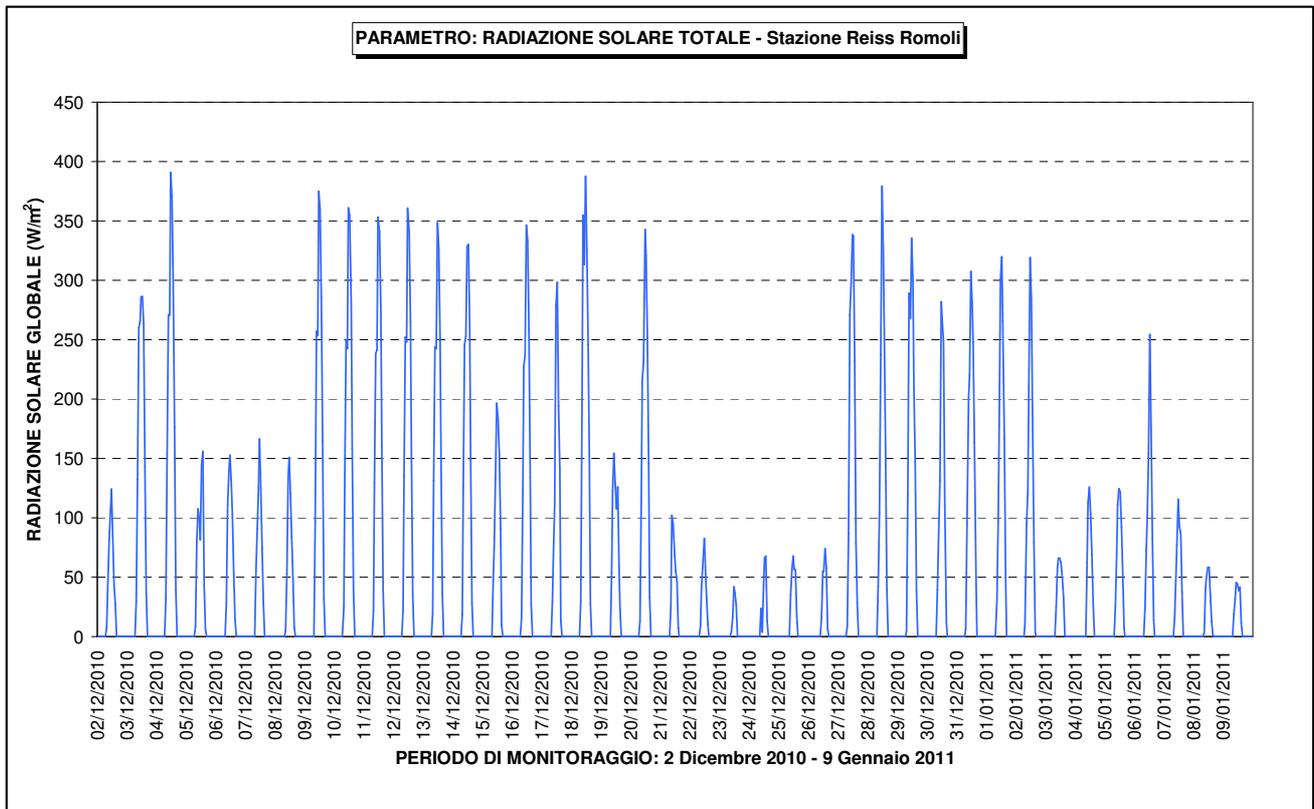
**Tabella 8** – Pressione atmosferica (mbar)

Minima media giornaliera	962
Massima media giornaliera	993
Media delle medie giornaliere	983
Giorni validi	39
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	983
Massima media oraria	994
Ore valide	934
Percentuale ore valide	100%

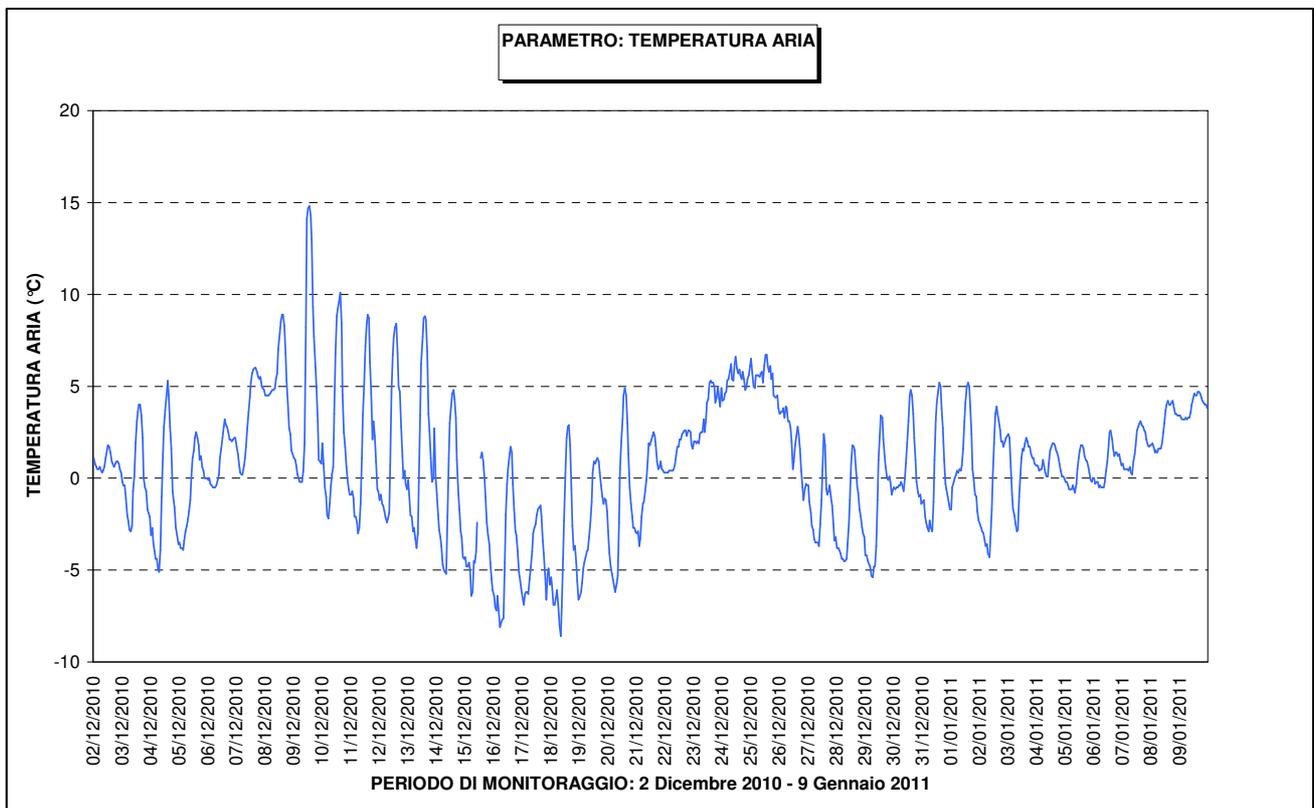
**Tabella 9** – Velocità vento (m/s)

Minima media giornaliera	0.45
Massima media giornaliera	1.22
Media delle medie giornaliere	0.77
Giorni validi	39
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	0.77
Massima media oraria	7.70
Ore valide	927
Percentuale ore valide	99%

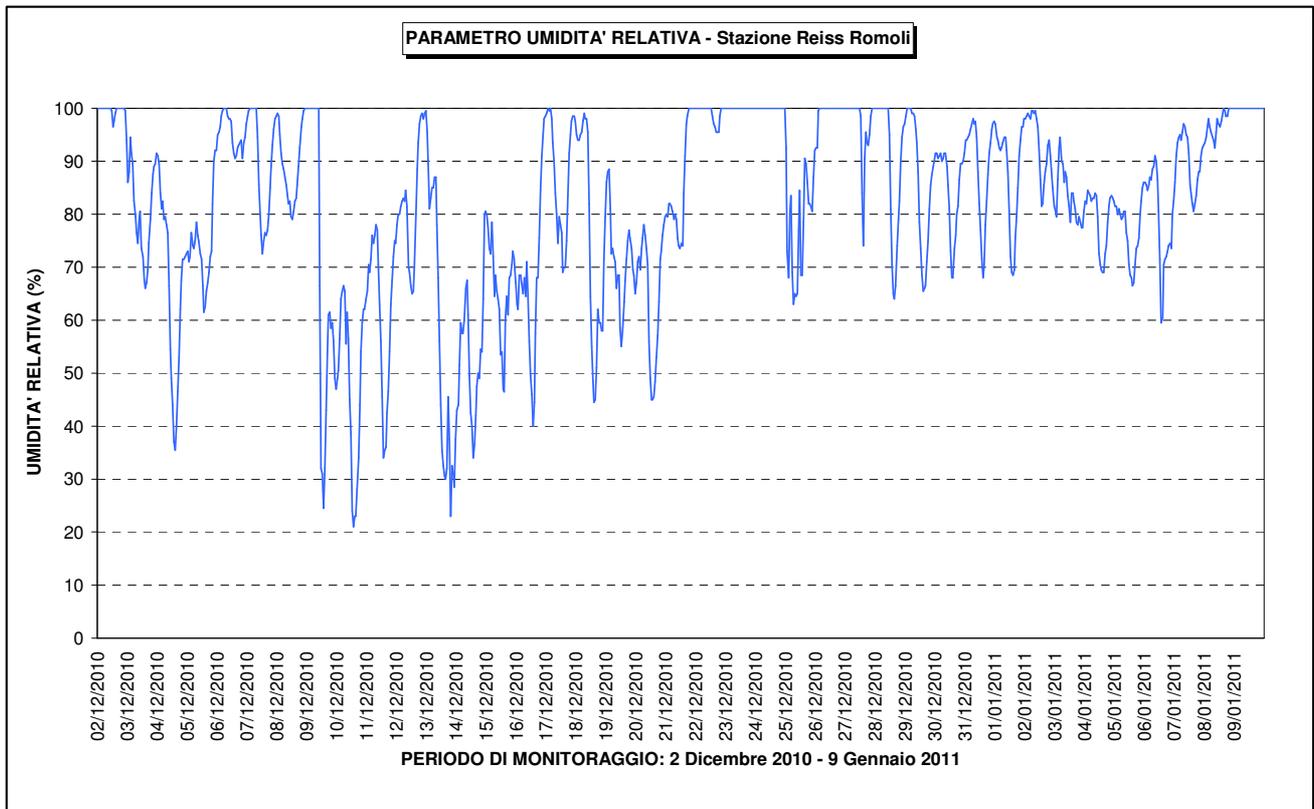
**Figura 4** – Andamento della radiazione solare globale nel corso della campagna di monitoraggio



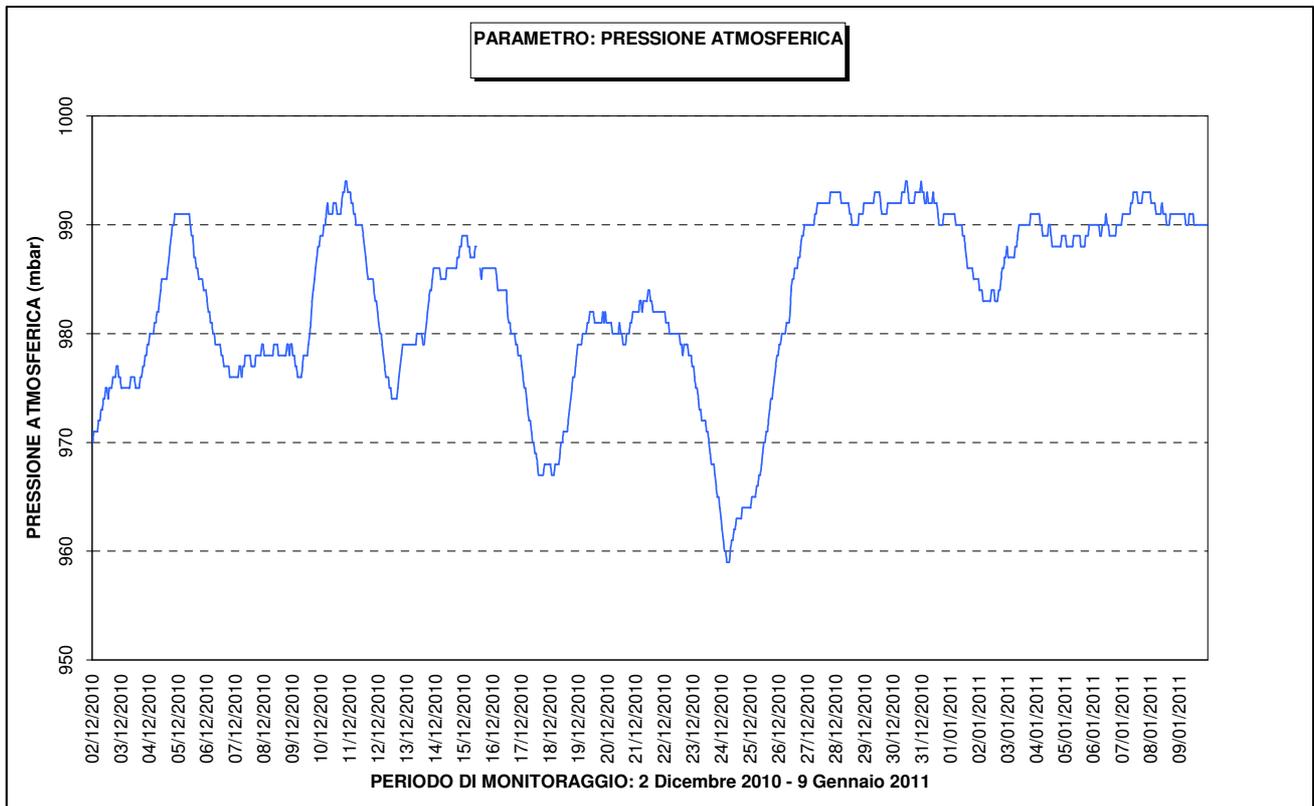
**Figura 5** – Andamento della temperatura nel corso della campagna di monitoraggio



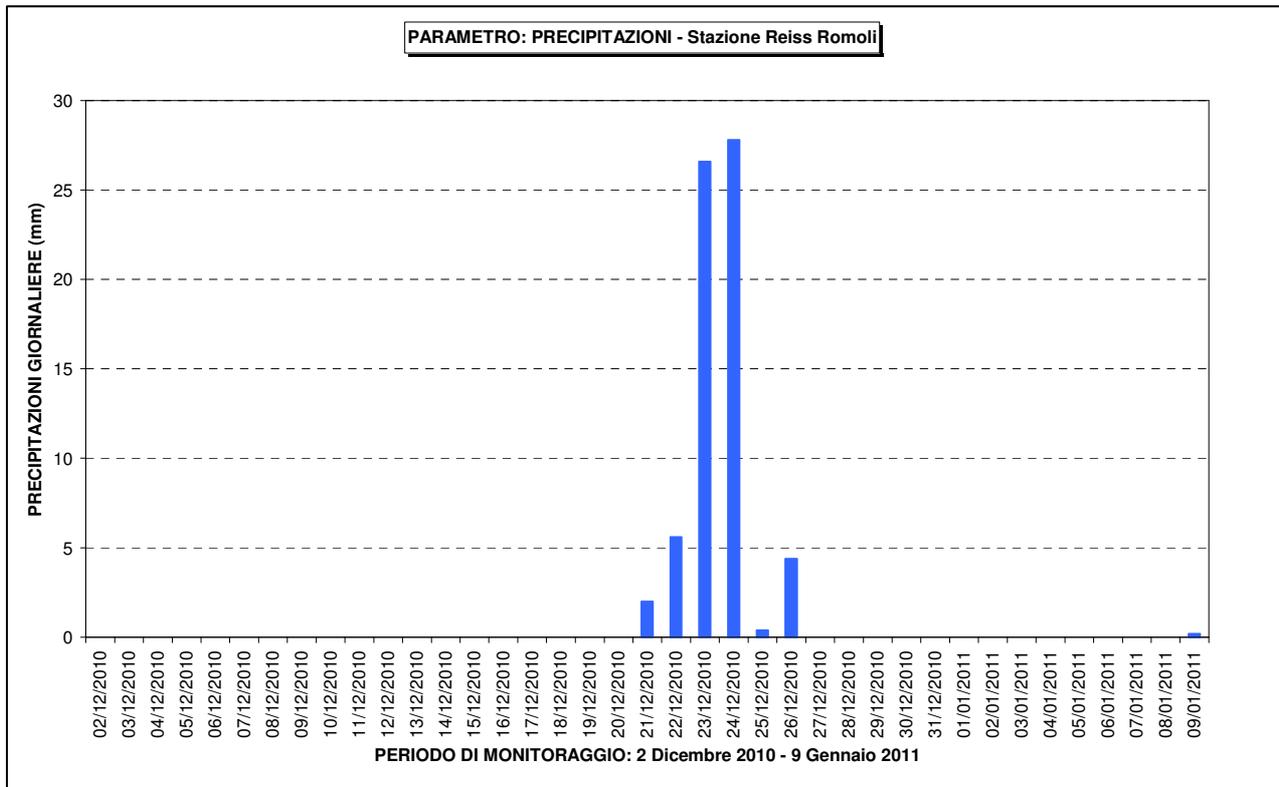
**Figura 6** – Andamento dell'umidità relativa nel corso della campagna di monitoraggio



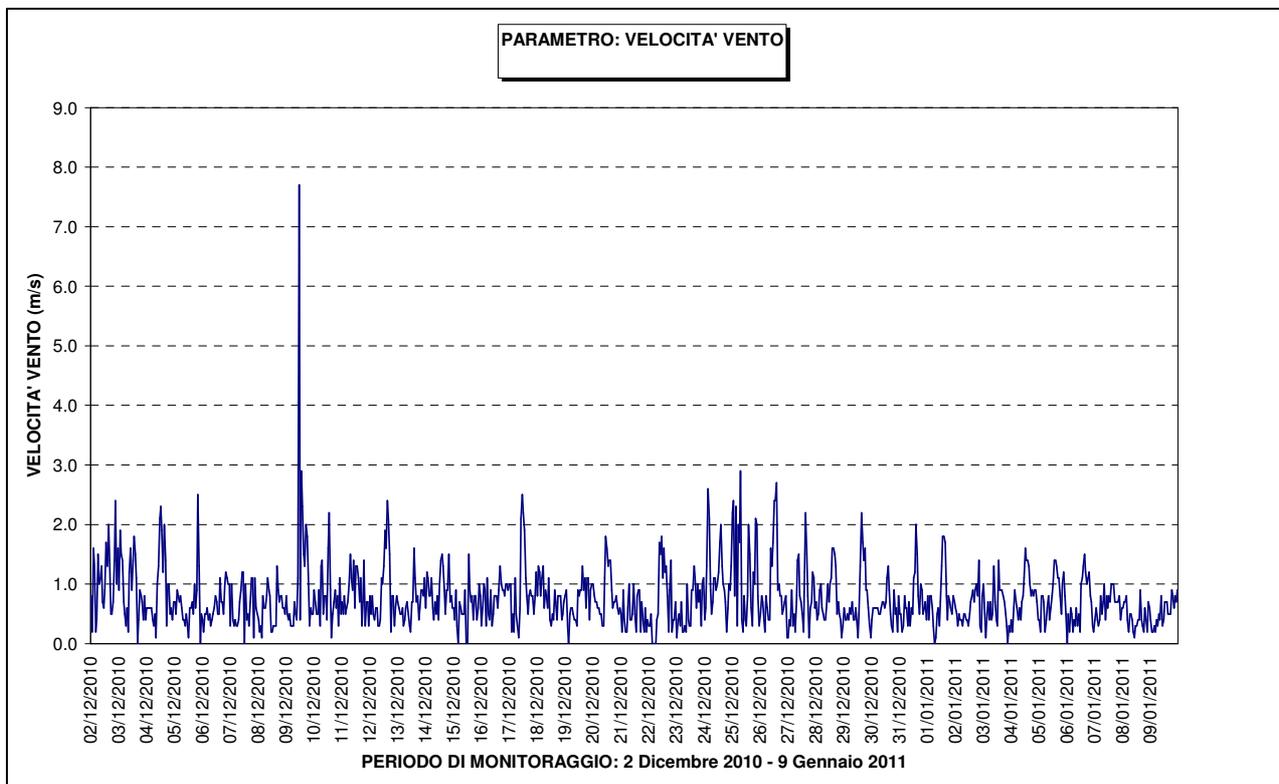
**Figura 7** – Andamento della pressione atmosferica nel corso della campagna di monitoraggio



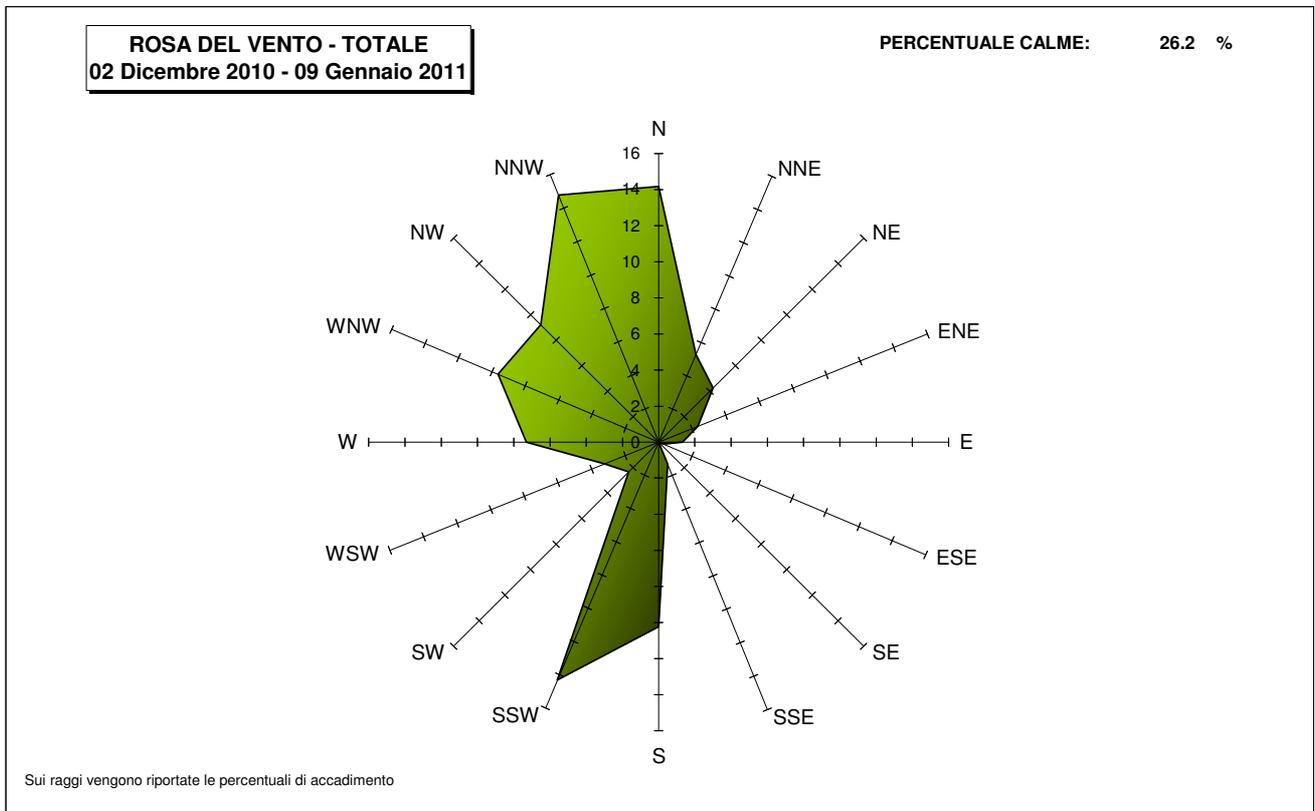
**Figura 8** – Precipitazioni cumulate nel corso della campagna di monitoraggio



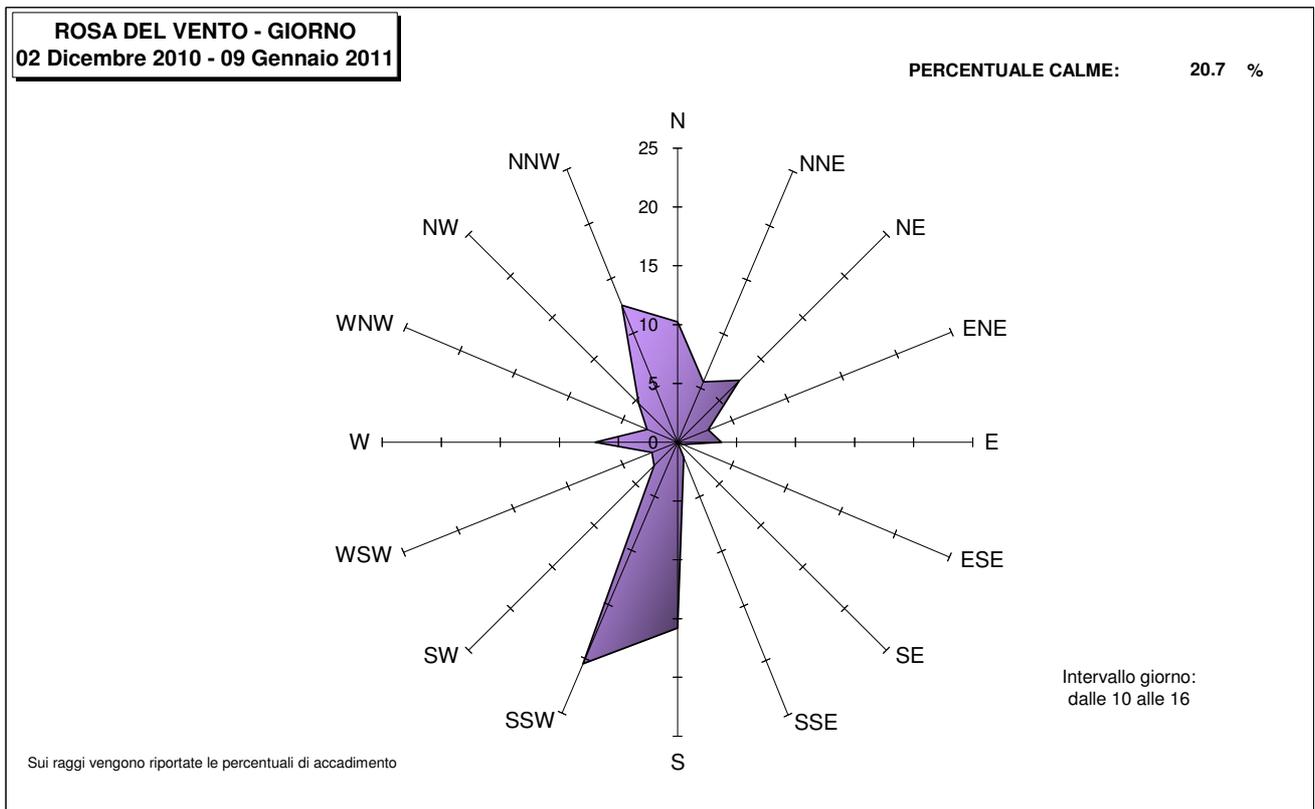
**Figura 9** – Andamento della velocità dei venti nel corso della campagna di monitoraggio



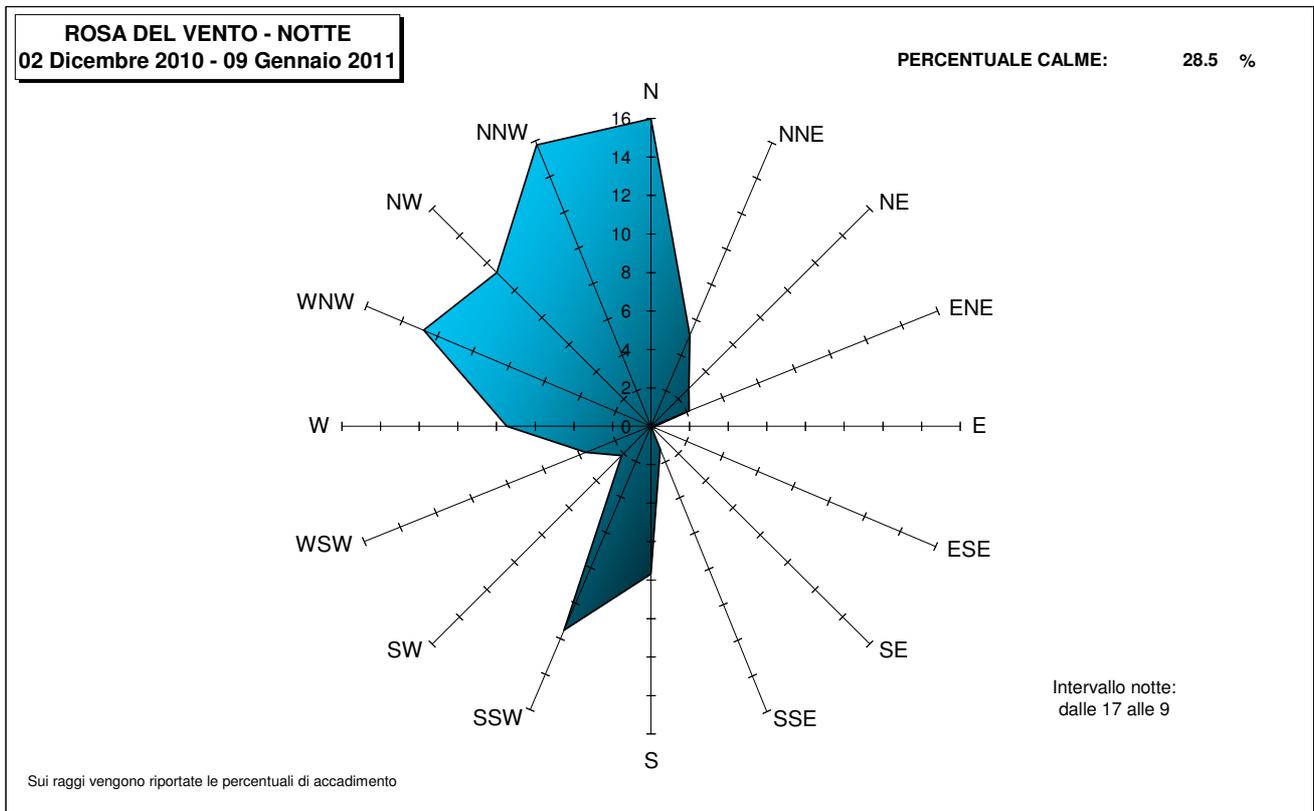
**Figura 10** – Rosa dei venti totale nel corso della campagna di monitoraggio



**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:

$C_6H_6$	BENZENE
$NO_2$	BIOSSIDO DI AZOTO
$SO_2$	BIOSSIDO DI ZOLFO
$NO$	MONOSSIDO DI AZOTO
$CO$	MONOSSIDO DI CARBONIO
$O_3$	OZONO
$PM_{10}$	PARTICOLATO SOSPESO $PM_{10}$
$C_6H_5CH_3$	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.

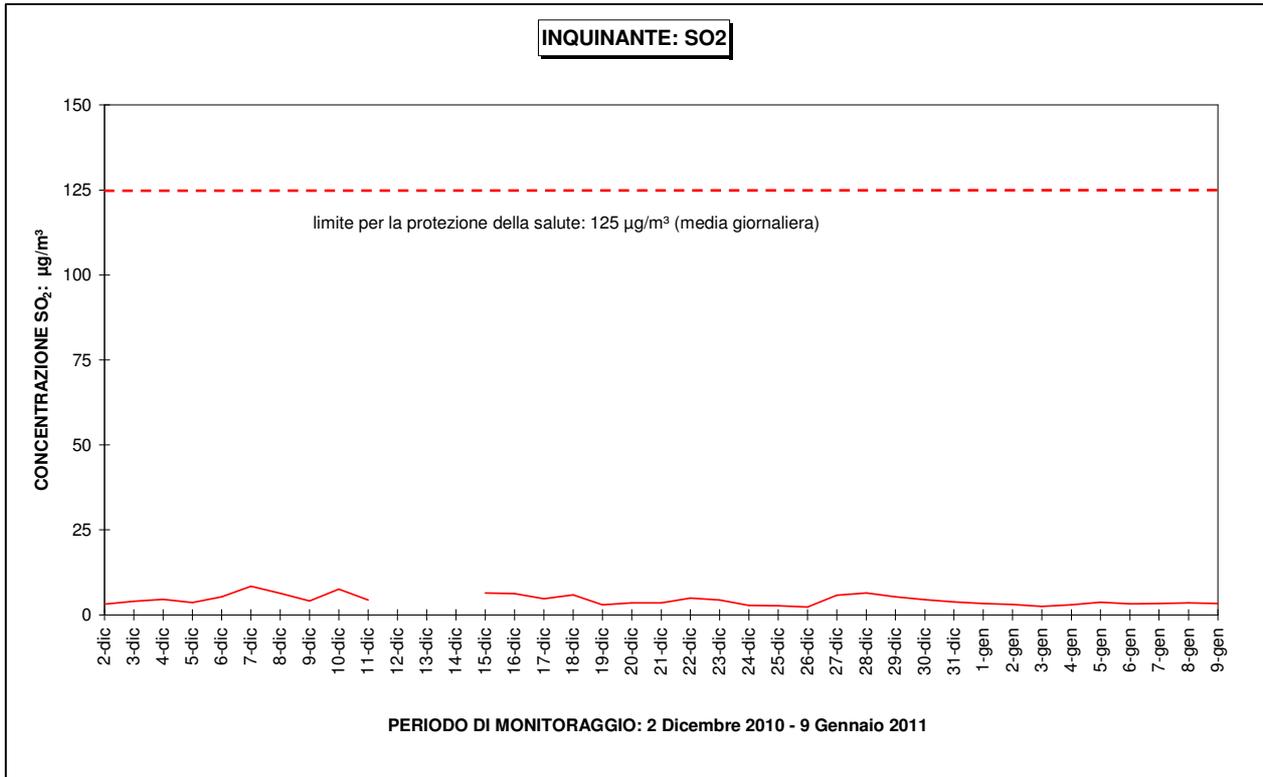
I dati inerenti la concentrazione di biossido di zolfo misurati nel Comune di Collegno, indicano come i livelli sia giornalieri sia orari di questo inquinante siano ampiamente al di sotto dei limiti (Tabella 10-Figura 13 e Figura 14). Il massimo valore giornaliero (calcolato come media giornaliera sulle 24 ore), è pari a 8,4 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 25,7 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 Figura 14 si evidenzia come i valori misurati a Collegno siano confrontabili con quelli rilevati dalla stazione fissa collocata nel comune di Grugliasco in via Roma (definita come stazione urbana-residenziale di traffico).

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.

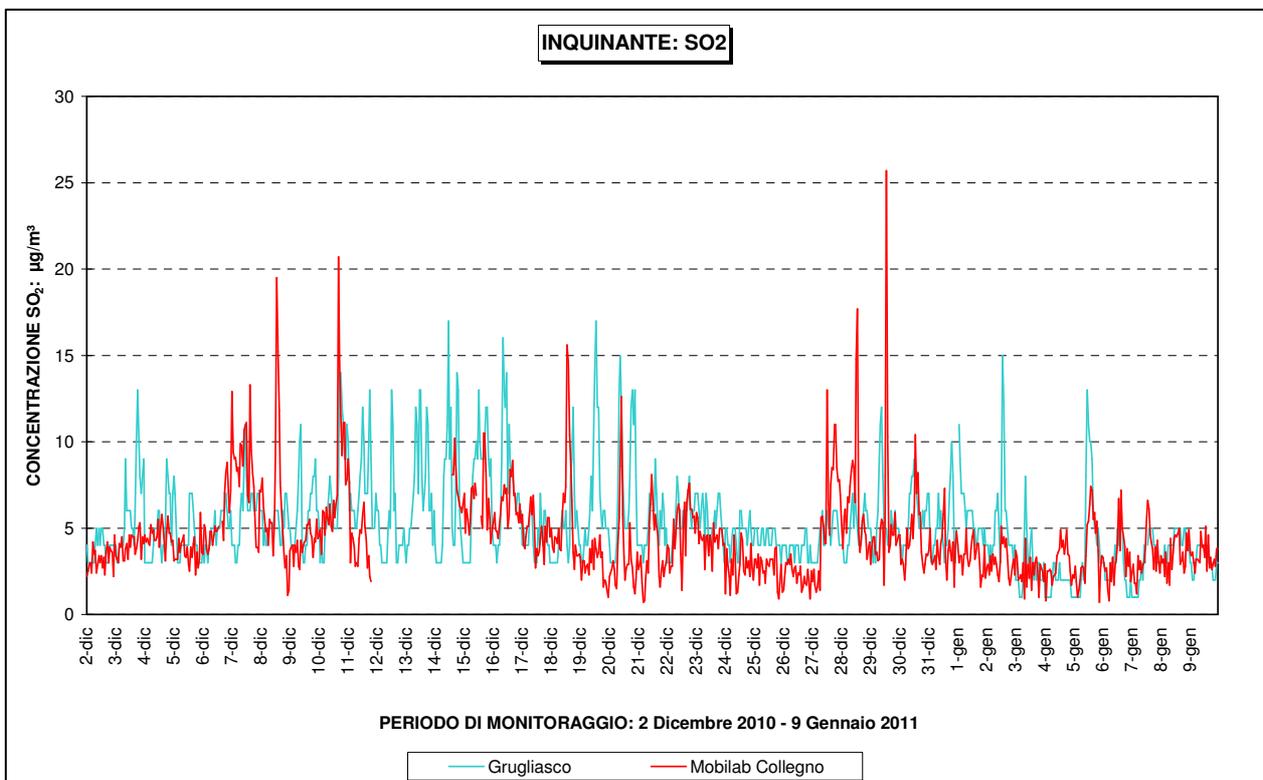
**Tabella 10** – Dati relativi al biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>) (µg/m<sup>3</sup>)

Minima media giornaliera	2.3
Massima media giornaliera	8.4
Media delle medie giornaliere	4.4
Giorni validi	36
Percentuale giorni validi	92%
Media dei valori orari	4.4
Massima media oraria	25.7
Ore valide	865
Percentuale ore valide	92%
<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>: 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

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) ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )

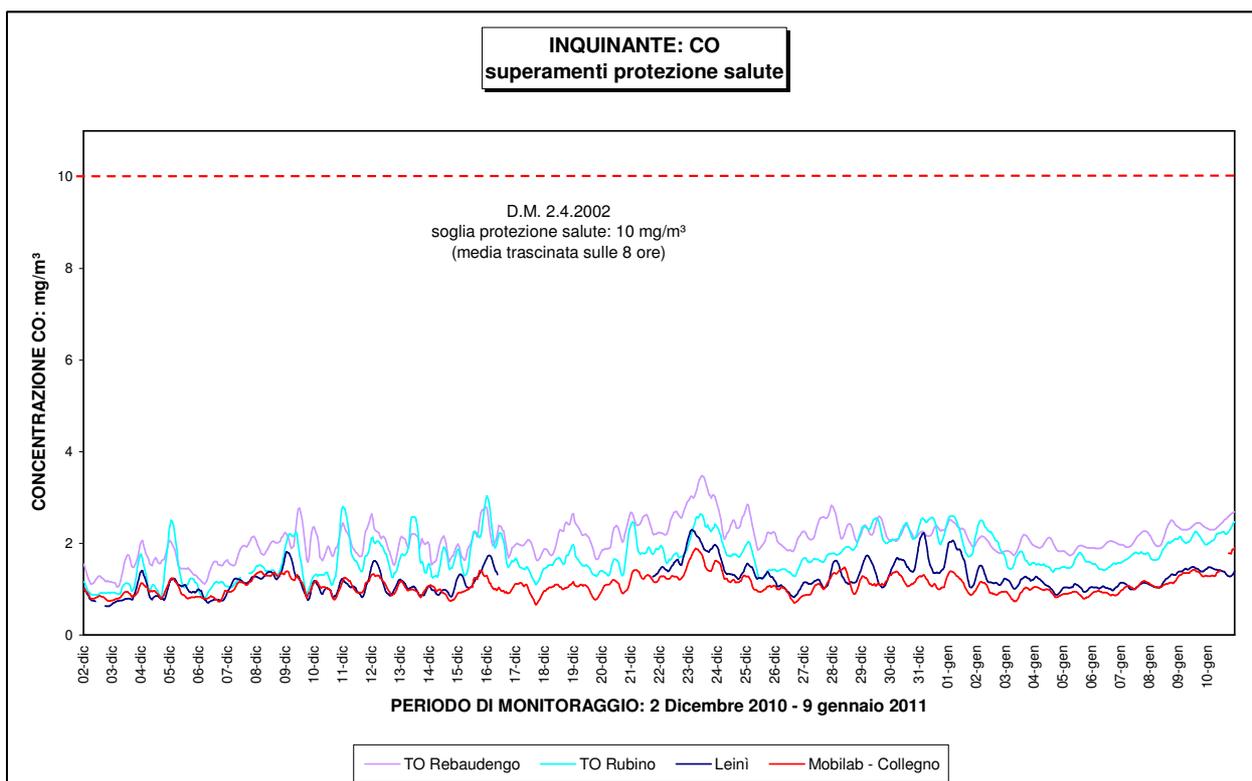
Minima media giornaliera	0.8
Massima media giornaliera	1.7
Media delle medie giornaliere	1.1
Giorni validi	39
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	1.1
Massima media oraria	2.0
Ore valide	932
Percentuale ore valide	100%
Minimo medie 8 ore	0.7
Media delle medie 8 ore	1.1
Massimo medie 8 ore	1.9
Percentuale medie 8 ore valide	100%
<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  $10 \text{ mg/m}^3$ , calcolato come media su otto ore consecutive, il quale è ampiamente rispettato visto che il valore massimo su otto ore è pari a  $1,9 \text{ mg/m}^3$  (Figura 15), e tale limite non è raggiunto neppure su base oraria (il massimo valore orario è pari a  $2 \text{ mg/m}^3$ ). Sempre in Figura 15 si nota l'andamento sovrapponibile tra i dati di Collegno e la stazione di Leinì definita come suburbana di fondo.

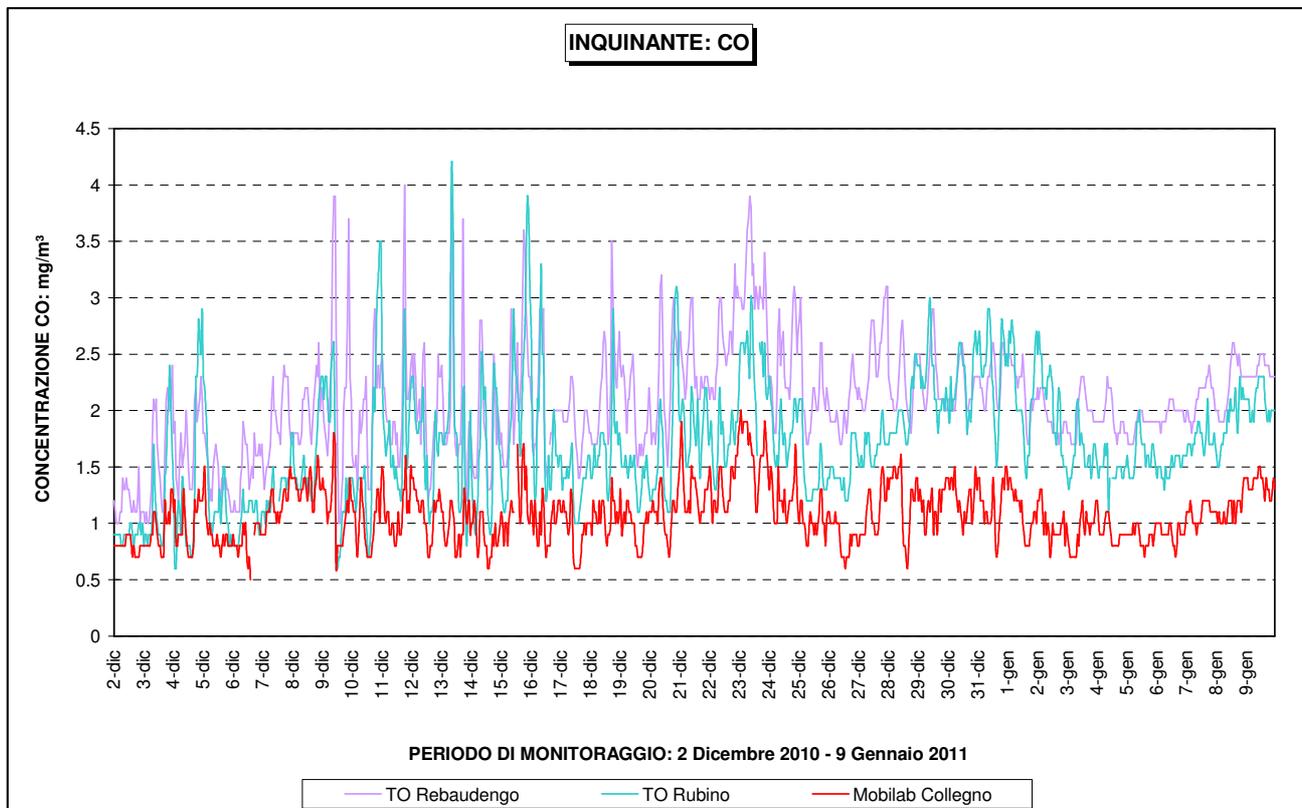
Nel grafico successivo viene riportato il confronto con le stazioni fisse urbane di Torino-Rubino e Torino-Rebaudengo, rispettivamente di fondo e di traffico (Figura 16); nel periodo indagato nessuna stazione ha raggiunto su base oraria il valore di  $10 \text{ mg/m}^3$ , inoltre i valori rilevati a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

In generale è possibile notare un lieve innalzamento dei valori (una lievissima curva a campana) in corrispondenza delle due festività che hanno caratterizzato il periodo monitorato, il Natale e San Silvestro.

**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; per tale inquinante la normativa non prevede dei limiti di concentrazione nell'aria.

I livelli di NO nel corso della campagna di monitoraggio nel Comune di Collegno (Tabella 12) sono risultati quasi sempre inferiori a 250  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , tranne in due giornate (9 e 15 dicembre) nelle quali per alcune ore sono stati raggiunti valori superiori a 300  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , con una massima media oraria di 332  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

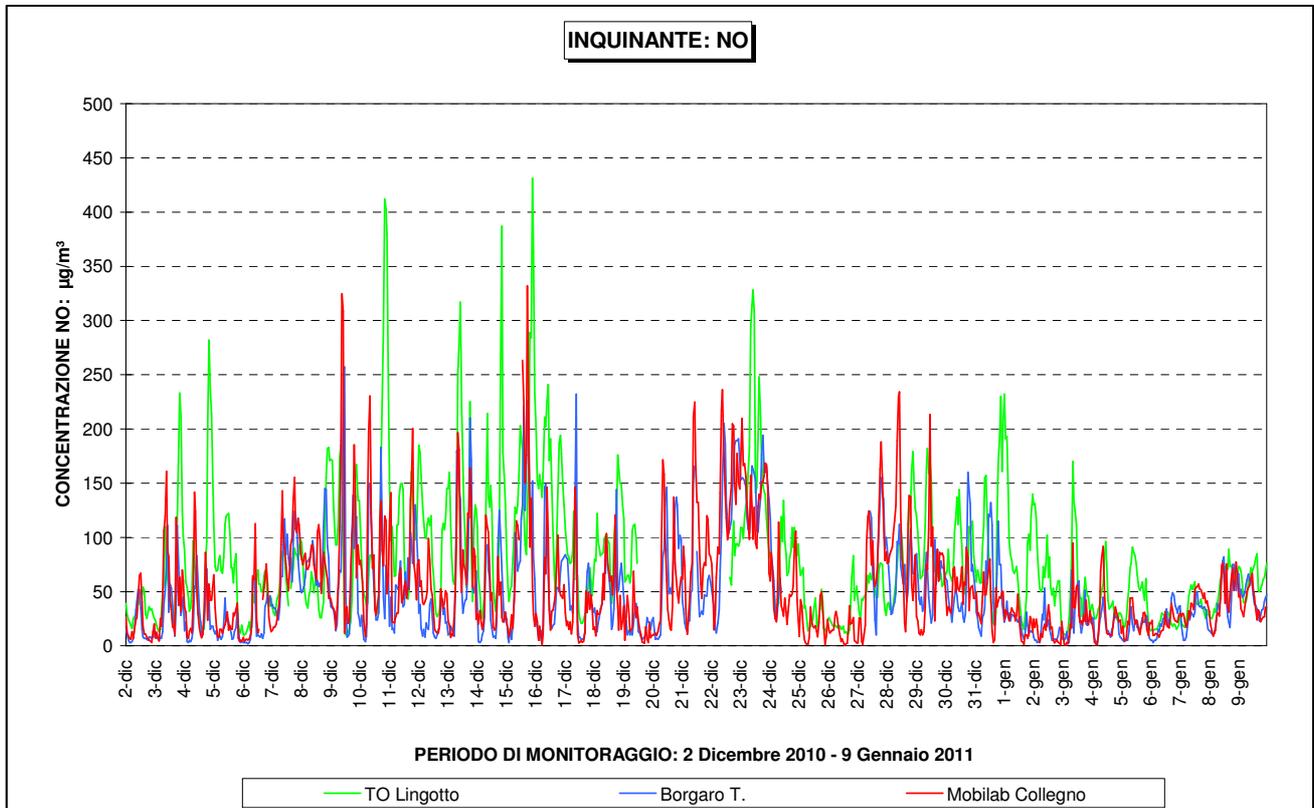
La Figura 17 evidenzia come sia l'andamento, sia i livelli di monossido di azoto presso il sito di monitoraggio nel comune di Collegno siano del tutto confrontabili con quelli della stazione fissa di monitoraggio ubicata nel comune di Borgaro e classificata come fondo suburbano. Invece la stazione di fondo urbano di TO-Lingotto presenta livelli più elevati, soprattutto per quello che riguarda i massimi giornalieri.

Anche in questo caso, come per il CO, si notano due incrementi dei valori misurati (due campane) in corrispondenza delle festività; in particolare nei giorni che precedono il Natale vi è un innalzamento della concentrazione di NO oltre a 200, che ritorna, dal 25 dicembre in avanti, a valori inferiori a 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , nonostante i giorni di maggiore piovosità siano stati proprio il 23 e 24 dicembre.

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

Minima media giornaliera	13.8
Massima media giornaliera	138.6
Media delle medie giornaliere	52.6
Giorni validi	39
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	52.6
Massima media oraria	332.1
Ore valide	932
Percentuale ore valide	100%

**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 invernale nel Comune di Collegno, la concentrazione media oraria di NO<sub>2</sub> si è sempre attestata di sotto dei 120 µg/m<sup>3</sup> (Figura 18), con una media oraria dell’intero periodo pari a 46 µg/m<sup>3</sup>. Durante i giorni di pioggia (dal 21 al 26 dicembre – cfr. Figura 8) vi è stata una progressiva riduzione dei livelli di NO<sub>2</sub>: il 26 dicembre si è raggiunto il valore medio giornaliero più basso di tutto il periodo monitorato pari a 32 µg/m<sup>3</sup>. Successivamente il biossido di azoto è ritornato alle concentrazioni che hanno caratterizzato la prima parte della campagna, con picchi orari fino a 96µg/m<sup>3</sup>.

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 e 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>)

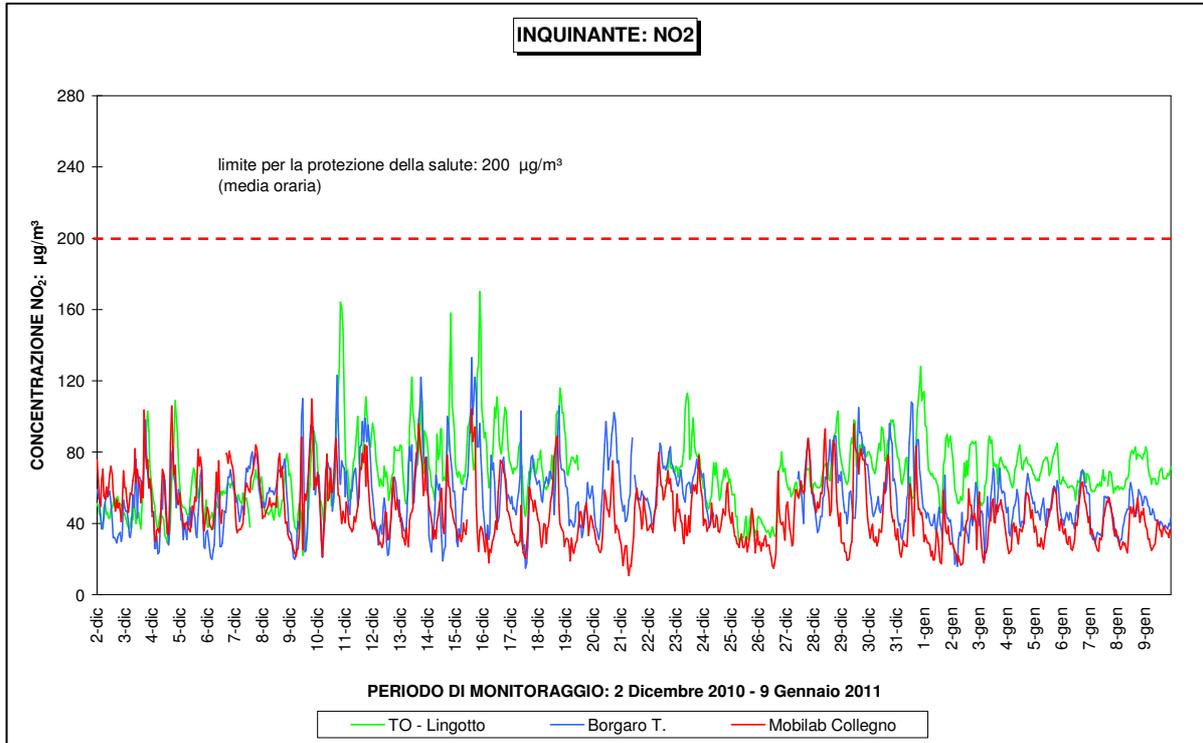
Minima media giornaliera	29.9
Massima media giornaliera	64.1
Media delle medie giornaliere	45.9
Giorni validi	39
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	45.8
Massima media oraria	109.7
Ore valide	932
Percentuale ore valide	100%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (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 al livello riscontrato nella stazione di Torino-Lingotto, soprattutto per quanto riguarda i minimi giornalieri.

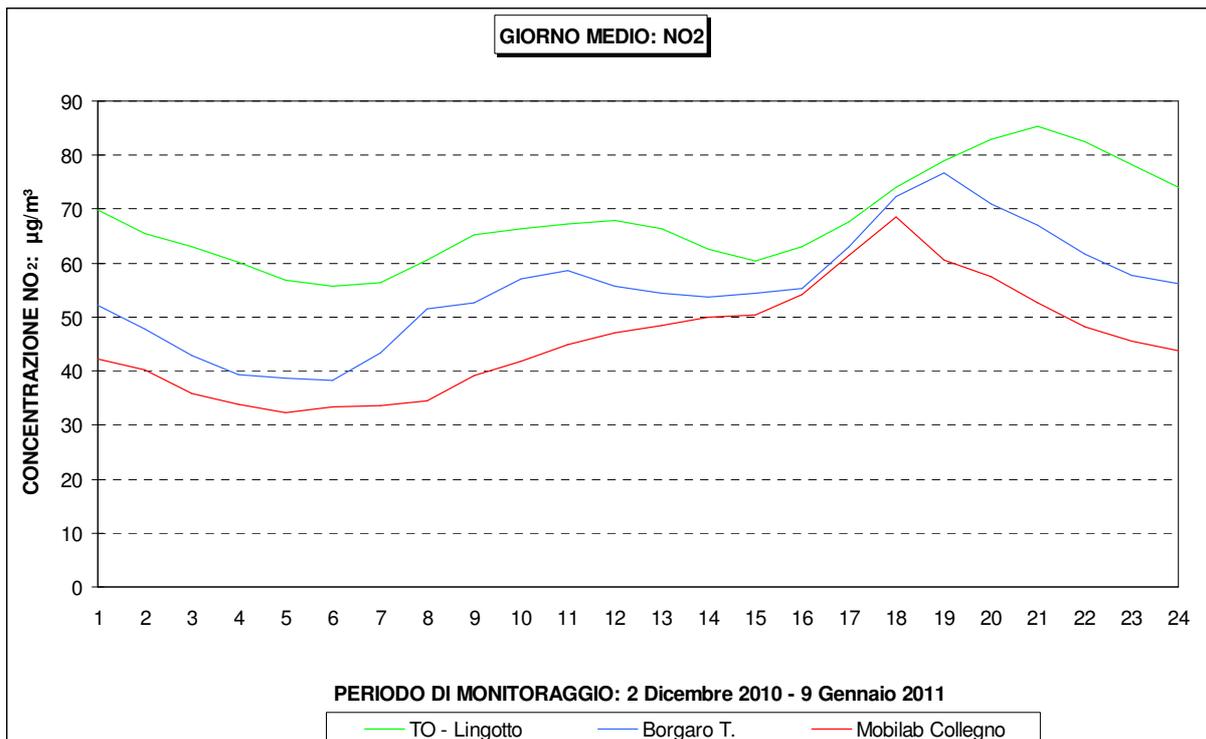
Osservando il grafico di Figura 19, che riporta il giorno medio (calcolato sul periodo esaminato, come indicato a pag.26), si nota che l’andamento del NO<sub>2</sub> nelle tre stazioni messe a confronto, è caratterizzato da una campana che coinvolge diverse ore del mattino e da un picco serale; i valori misurati a Collegno sono sempre inferiori alle altre due stazioni di confronto.

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  $2,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Tabella 14) ed in generale i valori sono ricompresi tra  $1$  e  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , con un picco pari a  $5,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  registrato il 5 dicembre. E' importante sottolineare che l'inverno è il periodo più critico per tale inquinante, mentre si registrano valori decisamente più bassi nel periodo estivo, e il limite imposto dalla normativa è calcolato su base annuale. Per confronto il valore medio rilevato presso la stazione di Torino Consolata, calcolato nel medesimo periodo della campagna a Collegno, è pari a  $5,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  con numerosi picchi orari superiori a  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mentre la media annuale della medesima stazione, per l'anno 2010 è pari a  $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 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  $3,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e la massima media oraria di  $15,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( Tabella 15), entrambe ben al di sotto del valore guida consigliato dall'OMS.

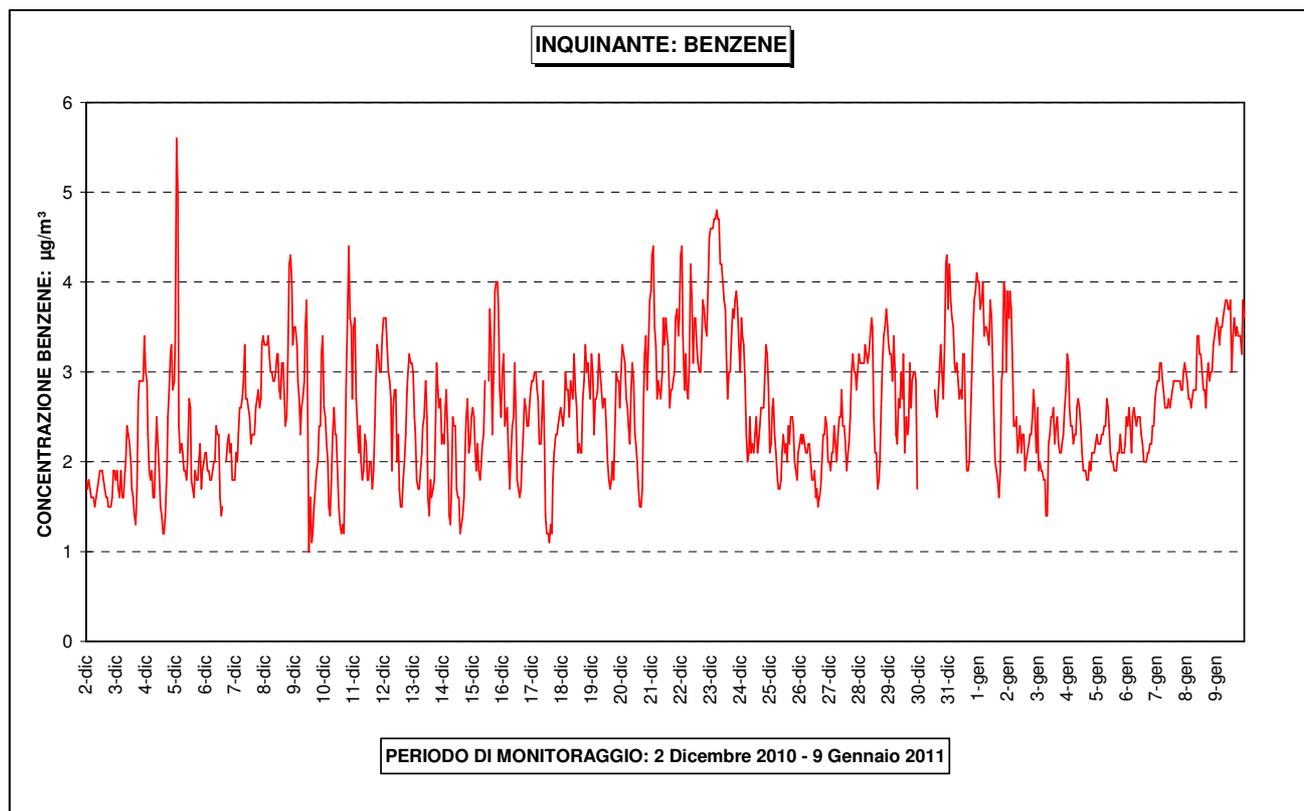
**Tabella 14** – Dati relativi al benzene ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Minima media giornaliera	1.7
Massima media giornaliera	3.9
Media delle medie giornaliere	2.6
Giorni validi	38
Percentuale giorni validi	97%
Media dei valori orari	2.6
Massima media oraria	5.6
Ore valide	919
Percentuale ore valide	98%

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

Minima media giornaliera	1.7
Massima media giornaliera	9.6
Media delle medie giornaliere	3.9
Giorni validi	38
Percentuale giorni validi	97%
Media dei valori orari	3.9
Massima media oraria	15.5
Ore valide	916
Percentuale ore valide	98%

**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 DM 60/2002 e successivamente con il DLgs 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 DLgs 155/2010 introduce 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 quest'ultimo sono disponibili 39 misure su 39 giornate di monitoraggio effettivo, mentre per il PM<sub>10</sub> sono disponibili 35 medie giornaliere. Dal monitoraggio risultano 19 giornate, su 35 disponibili, nelle quali è stato superato 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). La media dei valori di particolato PM<sub>2,5</sub> è pari a 50,8 µg/m<sup>3</sup>.

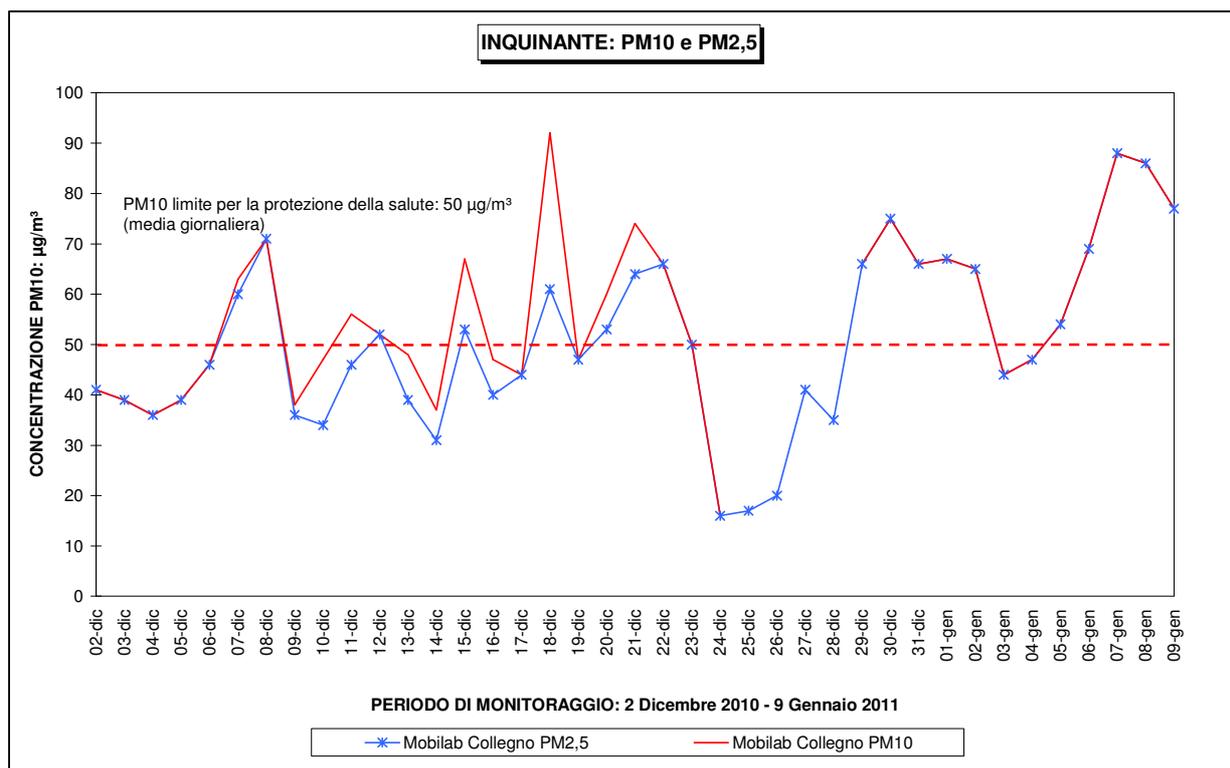
Osservando la Figura 21, dove vengono riportati gli andamenti dei due inquinanti, si nota una fortissima correlazione tra PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub> e in molti casi una completa sovrapposizione dei due andamenti; inoltre in Figura 22 si nota come gli andamenti del PM<sub>2,5</sub> di Collegno e della stazione di Borgaro siano sostanzialmente sovrapponibili. Tale situazione indica che la maggior 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 a quelli della stazione fissa di Borgaro classificata come suburbana di fondo. Si osserva inoltre che l'abbassamento dei valori medi di particolato si ha in corrispondenza dei giorni nei quali ha piovuto (dal 21 al 26 dicembre).

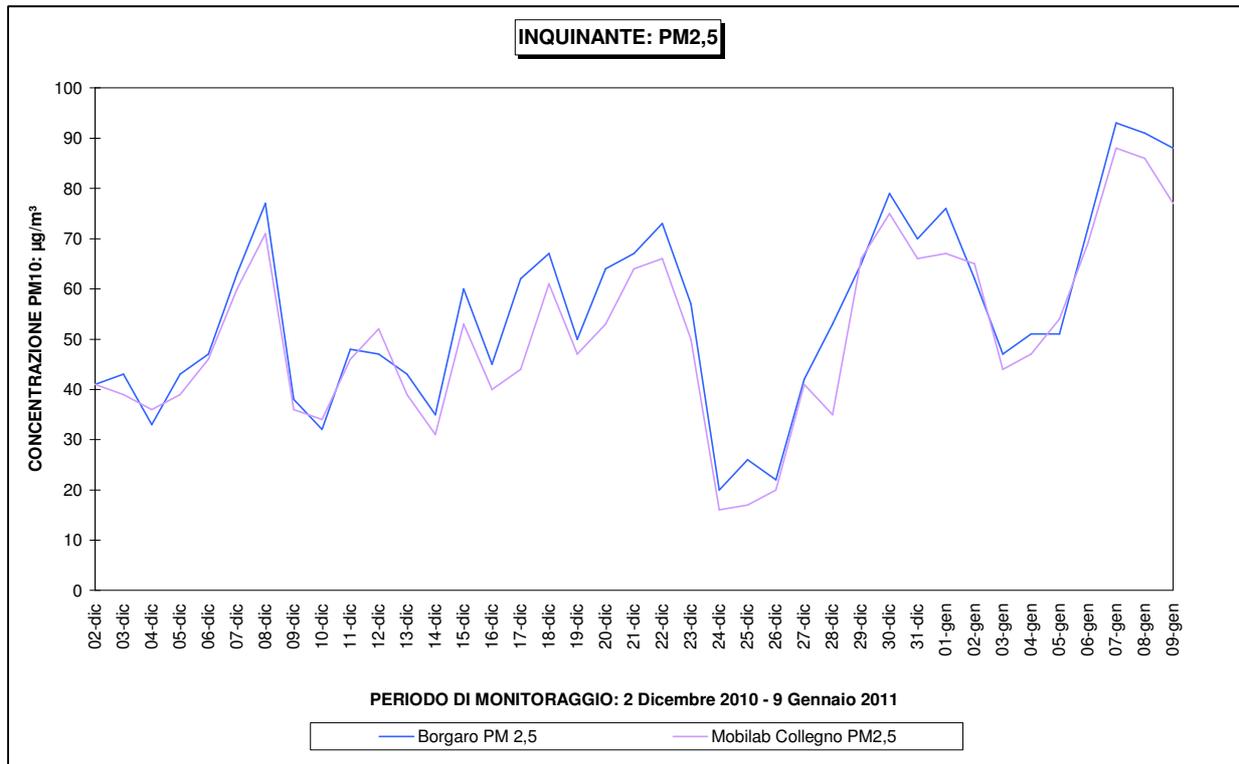
**Tabella 16** – Dati relativi al particolato sospeso PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>)

Minima media giornaliera	16.0
Massima media giornaliera	92.0
Media delle medie giornaliere	56.6
Giorni validi	35
Percentuale giorni validi	90%
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)</u>	<b>19</b>

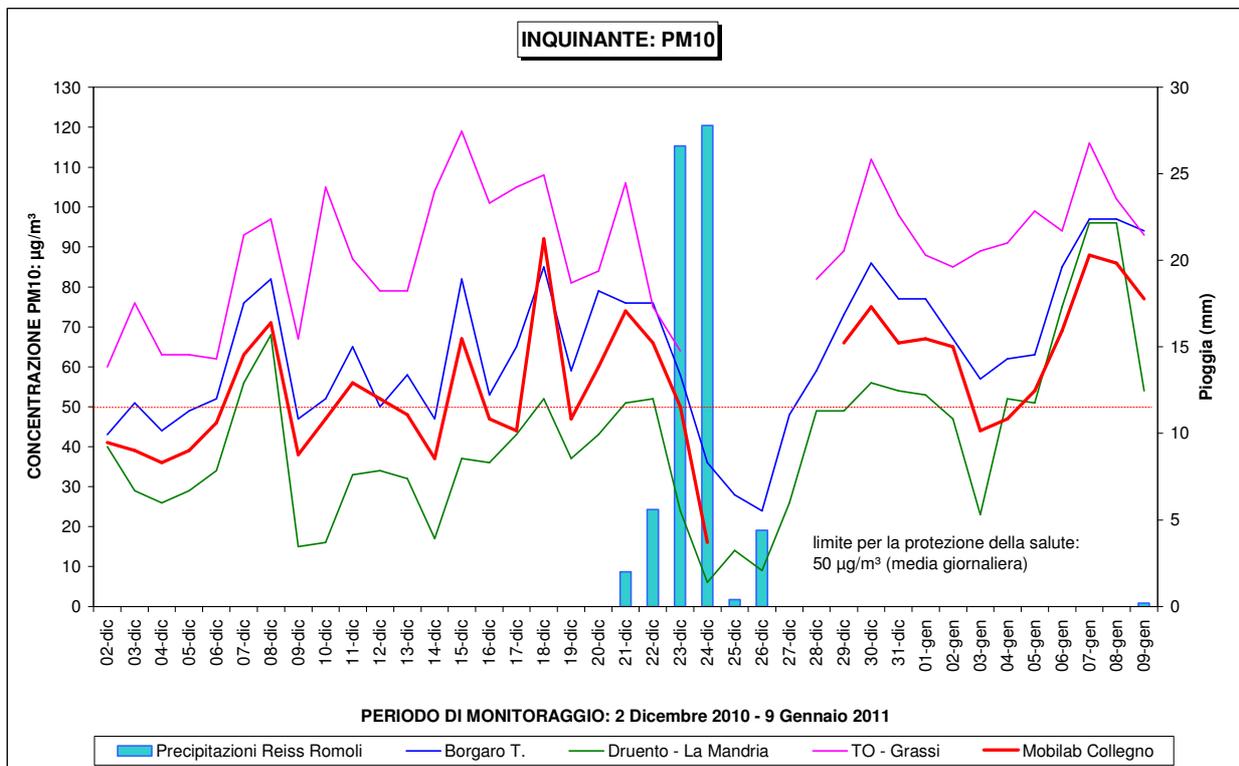
**Figura 21** – Particolato sospeso PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub> : confronto con il limite giornaliero per la protezione della salute



**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>)

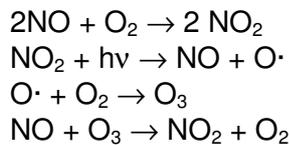
DATA	Collegno Via Boves PM10	Collegno Via Boves PM2.5
02-dic	41	41
03-dic	39	39
04-dic	36	36
05-dic	39	39
06-dic	46	46
07-dic	63	60
08-dic	71	71
09-dic	38	36
10-dic	47	34
11-dic	56	46
12-dic	52	52
13-dic	48	39
14-dic	37	31
15-dic	67	53
16-dic	47	40
17-dic	44	44
18-dic	92	61
19-dic	47	47
20-dic	60	53
21-dic	74	64
22-dic	66	66
23-dic	50	50
24-dic	16	16
25-dic	-	17
26-dic	-	20
27-dic	-	41
28-dic	-	35
29-dic	66	66
30-dic	75	75
31-dic	66	66
01-gen	67	67
02-gen	65	65
03-gen	44	44
04-gen	47	47
05-gen	54	54
06-gen	69	69
07-gen	88	88
08-gen	86	86
09-gen	77	77
<b>media</b>	<b>56,6</b>	<b>50,8</b>
massimo	92	88
minimo	16	16
n° di superamenti livello giornaliero protezione della salute PM10 (50 µg/m <sup>3</sup> )	19	-

## 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 80 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 71 µg/m<sup>3</sup> mentre la media dell'intero periodo è pari a 14 µg/m<sup>3</sup>.

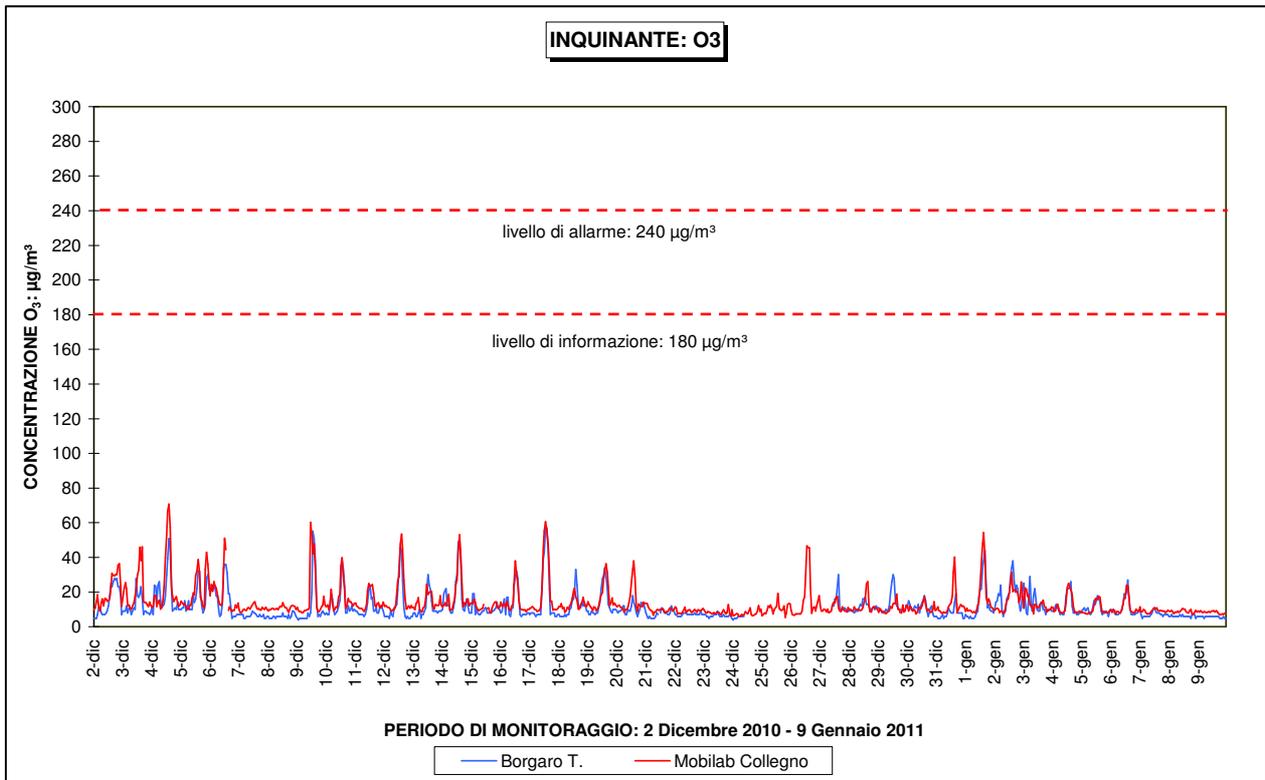
In Figura 24 viene riportato l'andamento orario della concentrazione di ozono, confrontata con le stazione fissa di Borgaro, dal quale risulta che i due siti sono comparabili per quanto concerne l'andamento; si può notare che vi sono tre momenti nei quali l'andamento dell'inquinante è pressoché una linea piatta (7-9 dic, 22-26 dic, 7-9 gen); in tali periodi il cielo si è presentato coperto e, nel caso del periodo pre-natalizio, vi sono state anche delle precipitazioni (Figura 4 e Figura 8).

In generale è opportuno osservare che nella stagione fredda l'ozono non presenta quasi mai situazioni problematiche, visto il ridotto irraggiamento solare e le basse temperature.

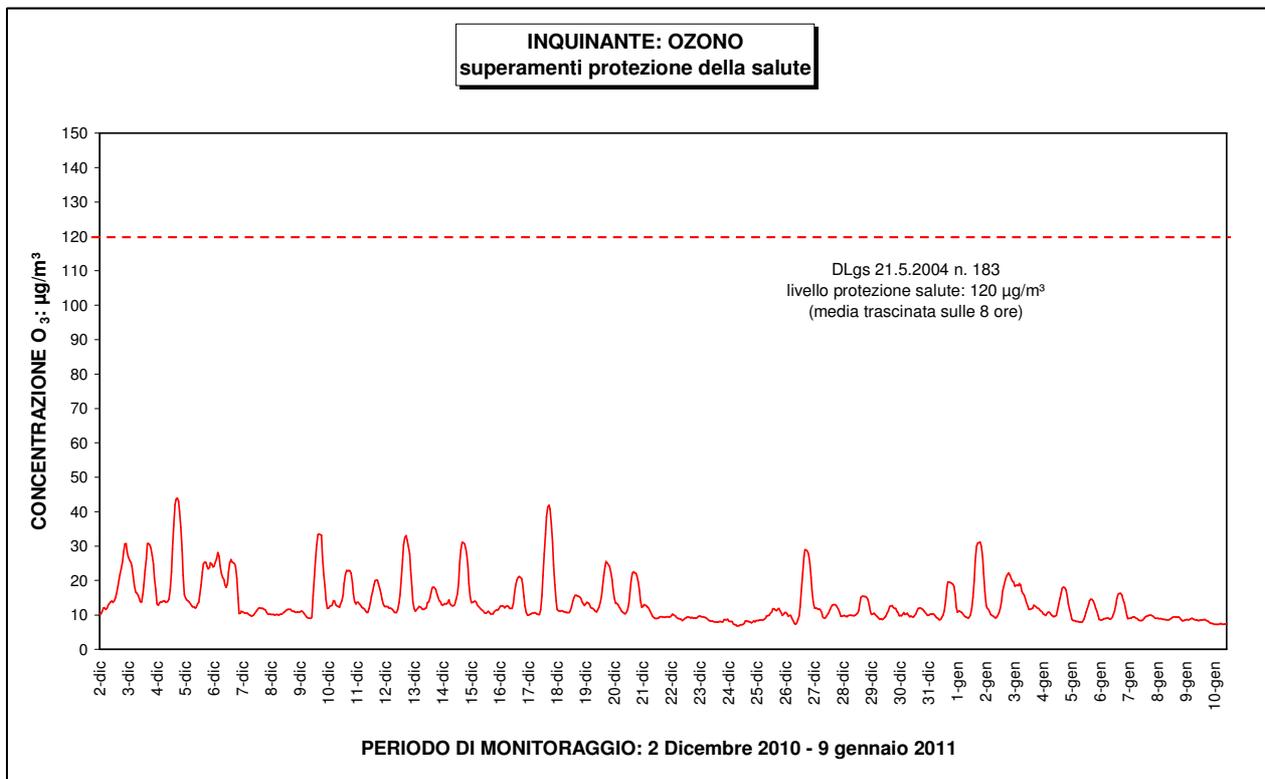
**Tabella 18** – Dati relativi all’ozono (O<sub>3</sub>) (µg/m<sup>3</sup>)

Minima media giornaliera	7.8
Massima media giornaliera	23.9
Media delle medie giornaliere	13.9
Giorni validi	39
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	13.9
Massima media oraria	70.7
Ore valide	933
Percentuale ore valide	100%
Minimo medie 8 ore	6.8
Media delle medie 8 ore	13.9
Massimo medie 8 ore	43.9
Percentuale medie 8 ore valide	100%
<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**

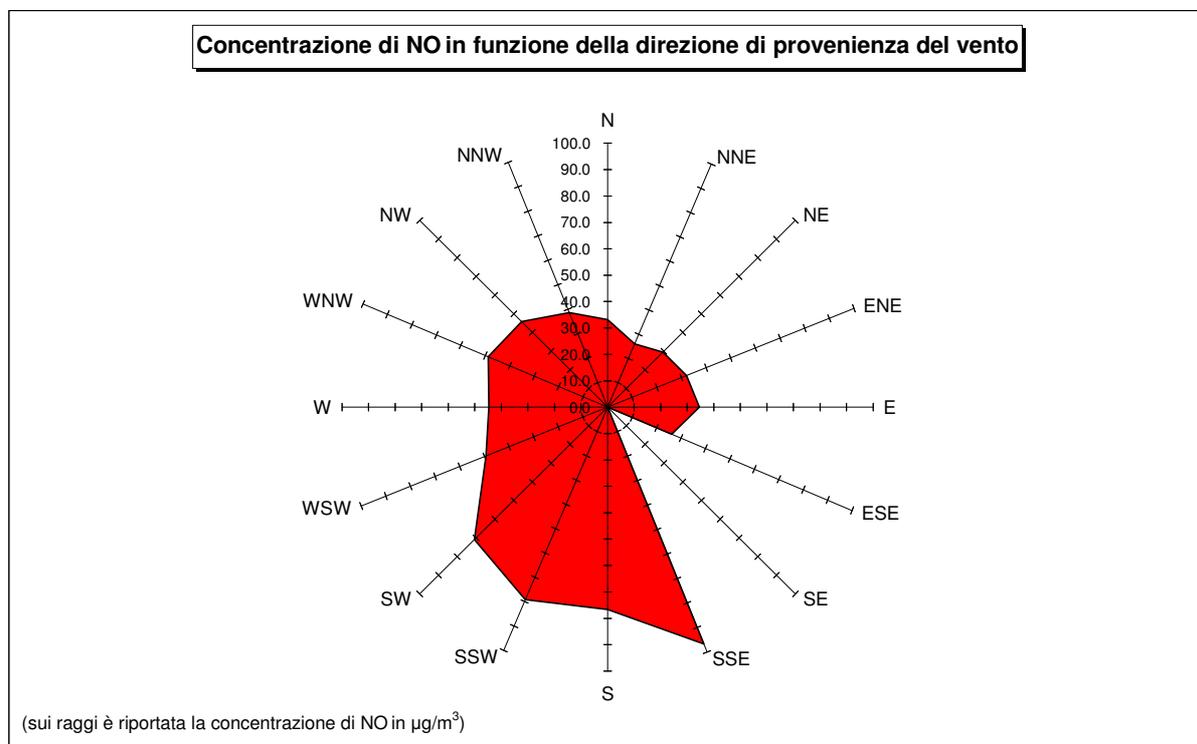
In prossimità del sito di monitoraggio di via Boves è posto un asse viario ad elevato traffico veicolare rappresentato dalla Tangenziale di Torino; il punto di minima distanza è posto a circa 500 m nel settore SE-SSE. La zona dove verrà costruita la centrale termoelettrica dista dal sito di monitoraggio 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 solamente 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.

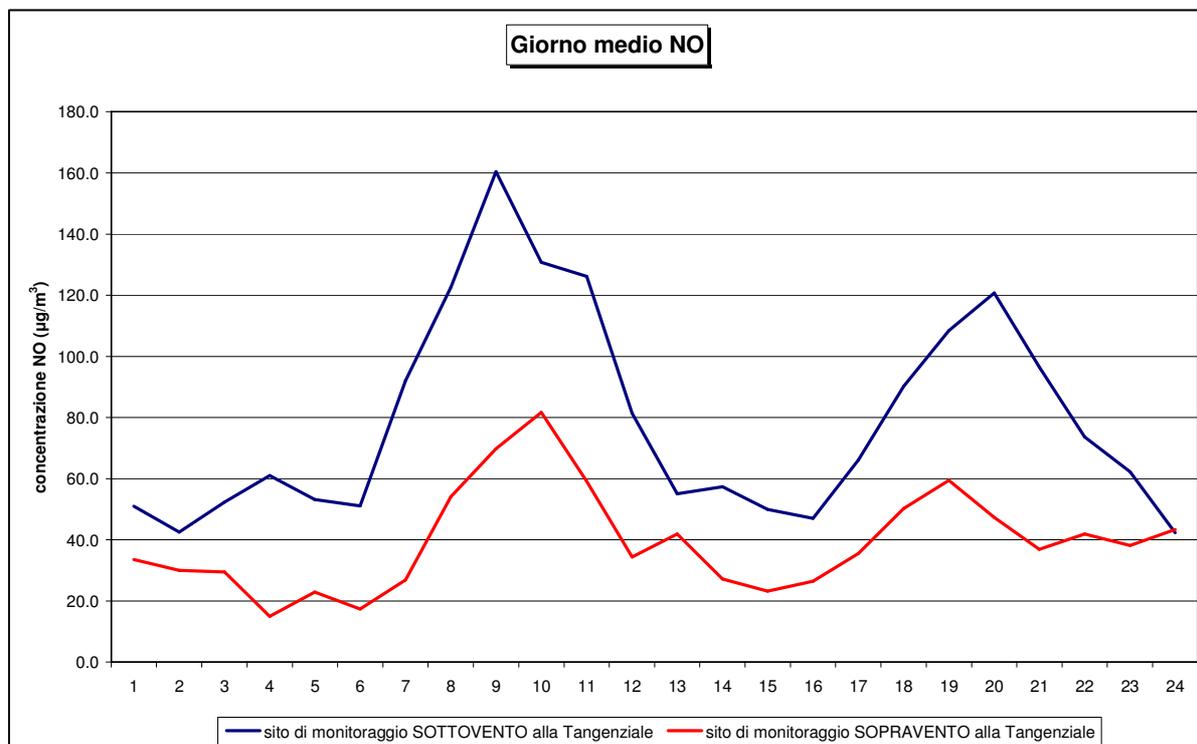
Per entrambi i parametri si osservano mediamente valori più elevati nel caso di venti con provenienza tra sud-sud-est (SSE) e sud-sud-ovest (SSW), ovvero l'arco di direzioni rispetto alle quali il sito di misura risulta sottovento alla Tangenziale. In particolare si osservi come i valori più elevati siano relativi alla direzione SSE, ovvero la direzione per la quale si ha la minima distanza dalla tangenziale (Figura 26 e Figura 28). Lungo la direzione sud-est (SE) non si sono mai registrati valori orari di velocità del vento superiori a 0,5 m/s pertanto non è possibile determinare la media oraria di NO e SO<sub>2</sub> lungo tale direzione; 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 e Figura 29. Osservando il giorno medio del monossido di azoto si nota un livello di concentrazione superiore nella situazione di sottovento con particolare evidenza per le fasce di maggior traffico veicolare, 8-11, con il picco massimo alle ore 9 (160 µg/m<sup>3</sup>), e 18-21. Per il biossido di zolfo invece si nota un livello di concentrazione superiore nella situazione di sottovento ma i valori risultano molto bassi in entrambe le situazioni (compresi tra 3 e 8 µg/m<sup>3</sup>), pertanto non si evidenzia un contributo significativo della tangenziale sui valori di SO<sub>2</sub> misurati a Collegno, come avviene invece per il monossido di azoto. Anche 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 30% di queste ultime rappresenta il sito di Collegno in condizioni di sottovento, mentre il restante 72% 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.

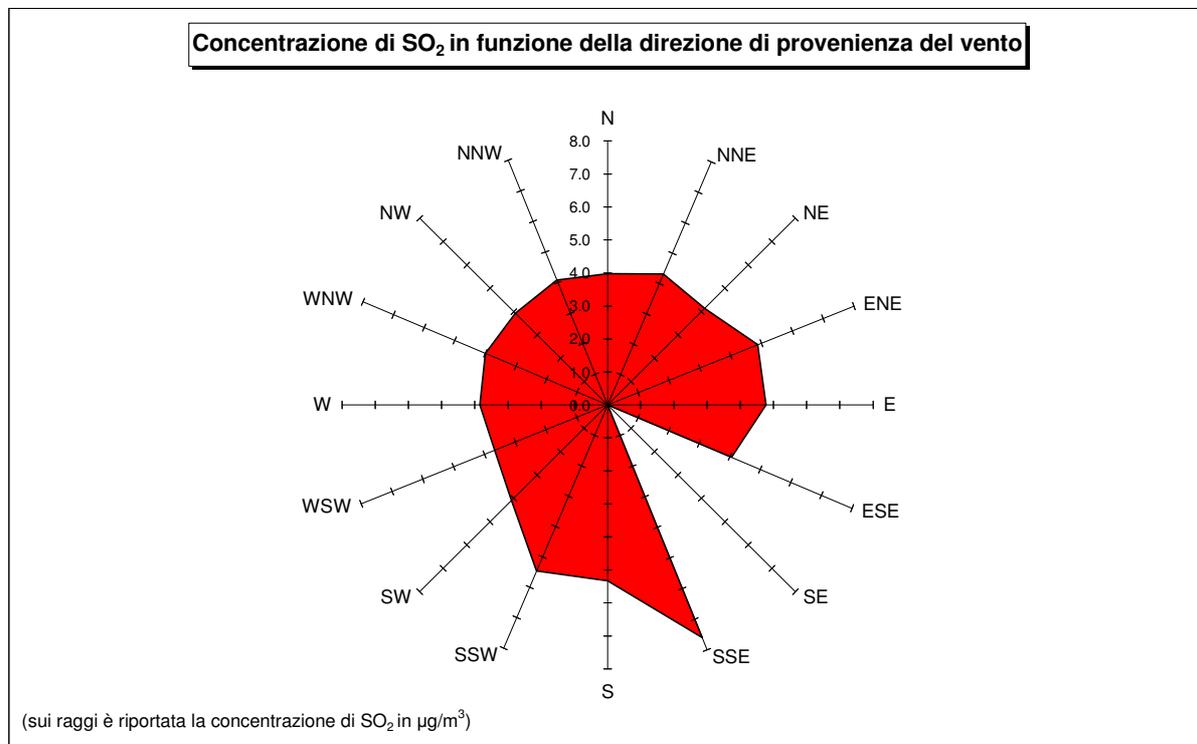
**Figura 26** – Concentrazioni di NO in funzione della direzione di provenienza del vento nel corso della campagna di monitoraggio nel Comune di Collegno



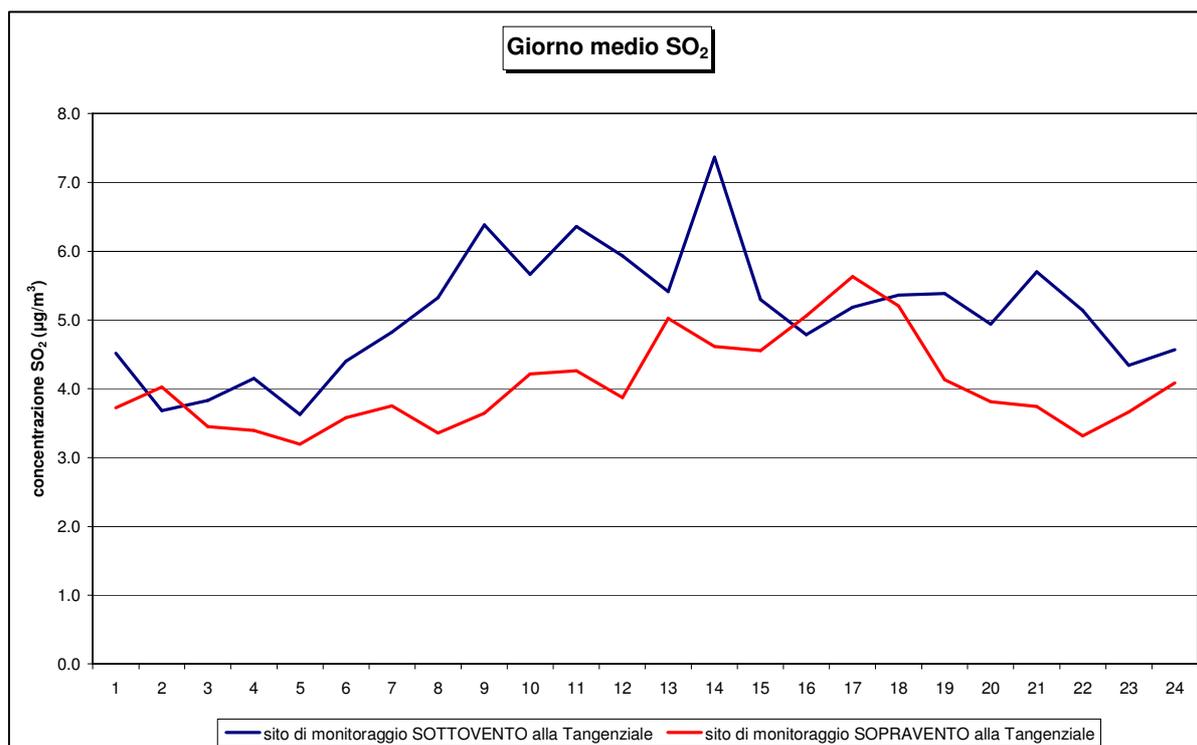
**Figura 27** – Andamento del giorno medio di NO per condizioni del sito di monitoraggio sopravento e sottovento alla Tangenziale



**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 nel caso di quest'ultimo su 35 giorni di misura validi si sono avuti 19 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 un percentuale significativa da particolato 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 ha la sua origine dalla dinamicità atmosferica relativamente elevata registrata nel periodo di monitoraggio, con presenza di vento e precipitazioni; si conferma pertanto la notevole influenza dei meccanismi di diluizione e rimozione ad opera dei fenomeni meteorologici nel determinare i livelli degli inquinanti atmosferici.

Infine la campagna di monitoraggio condotta ha permesso di evidenziare come, per il sito di Via Boves la vicina Tangenziale di Torino rappresenti una fonte che può determinare un significativo incremento dei livelli di inquinanti. Tale situazione si verifica quando il sito risulta sottovento alla stessa, ovvero per venti provenienti tra est e sud-ovest; va sottolineato che durante il periodo di monitoraggio tali direzioni di provenienza hanno avuto una frequenza relativamente limitata, rappresentando nel complesso circa il 30% degli accadimenti.



## **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**

Gasromatografo con doppia colonna, rivelatore PID (fotoionizzazione)

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

