

**STRUTTURA COMPLESSA 06 “Dipartimento Provinciale della Provincia di Torino”
Struttura Semplice 06.02 “Attività Istituzionali di Produzione”**

**OGGETTO: CAMPAGNA DI RILEVAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA CON UTILIZZO DEL
LABORATORIO MOBILE NEL COMUNE DI VENARIA REALE, V. Boccaccio, c/o Scuola “G. Di Vittorio”
RELAZIONE 1ª CAMPAGNA (14 Novembre – 15 Dicembre 2008)**



Redazione	Funzione: Assistente Tecnico Nome: Dott. Marco Pace	Data:	Firma:
Verifica	Funzione: Dirigente titolare di incarico professionale presso la S.S. 06.02 Nome: Dott. Francesco Lollobrigida	Data:	Firma:
Approvazione	Funzione: Responsabile S.C. 06.02 Nome: Dott. Carlo Bussi	Data:	Firma:



La Stazione Mobile di rilevamento della qualità dell'aria è messa a disposizione dall'Area Risorse Idriche e Qualità dell'Aria della Provincia di Torino.

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: sig. Giacomo Castrogiovanni, dott.ssa Marilena Maringo, dott. Marco Pace, sig. Francesco Romeo, ing. Milena Sacco, coordinati dal Dirigente con incarico professionale Dott. Francesco Lollobrigida

Si ringrazia il personale degli Uffici Tecnici del Comune di Venaria Reale per la collaborazione prestata.

CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO	3
<i>L'aria e i suoi inquinanti</i>	<i>4</i>
<i>Il Laboratorio Mobile</i>	<i>6</i>
<i>Il quadro normativo</i>	<i>6</i>
LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO	10
<i>Obiettivi della campagna di monitoraggio</i>	<i>11</i>
<i>Elaborazione dei dati meteorologici</i>	<i>15</i>
Elaborazione dei dati relativi agli inquinanti atmosferici	23
Biossido di zolfo	24
Monossido di carbonio	26
Ossidi d'azoto	29
Benzene e toluene	33
Particolato sospeso (PM ₁₀)	36
Ozono	40
<i>Influenza della direzione del vento sui livelli degli inquinanti.....</i>	<i>43</i>
CONCLUSIONI	47
APPENDICE – SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI	49

CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO

L'ARIA E I SUOI INQUINANTI

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

Oggi giorno è analiticamente possibile identificare nell'atmosfera numerosissimi composti di varia origine, presenti in concentrazioni che variano dal nanogrammo per metro cubo (ng/m^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 2007", elaborata congiuntamente dalla Provincia di Torino e da Arpa Piemonte, ed inviata a tutte le Amministrazioni comunali della Provincia.

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

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

 = 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 campionatori di particolato atmosferico PM₁₀, la cui concentrazione è determinata in laboratorio per via gravimetrica.

IL QUADRO NORMATIVO

La normativa italiana in materia di qualità dell'aria prevede limiti per gli inquinanti 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 (SO₂), ossidi di azoto (NO_x), materiale particolato PM₁₀, 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, PM₁₀, 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.

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 2007".

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 ₃) (D.Lgs. 21/05/04 n.183)	SOGLIA DI INFORMAZIONE	media oraria	180 µg/m ³	-	-
	SOGLIA DI ALLARME	media oraria	240 µg/m ³	-	-
	VALORE BERSAGLIO PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA	media su 8 ore massima giornaliera	120 µg/m ³ ⁽¹⁾	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 ³ *h come media su 5 anni ⁽²⁾		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 ³ *h ⁽²⁾		
BENZO(a)PIRENE (D.Lgs. 03/08/07, n. 152)	OBIETTIVO DI QUALITÀ	media mobile valori giornalieri (3)	1 ng/m ³ ⁽⁴⁾	-	-

(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/m³ e il valore di 80 µg/m³, 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 ₂)	Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	350 µg/m ³	24 volte/anno civile	1-gen-2005
	Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	24 ore	125 µg/m ³	3 volte/anno civile	1-gen-2005
	Valore limite per la protezione degli ecosistemi	anno civile	20 µg/m ³	--	19-lug-2001
		inverno (1 ott - 31 mar)			
Soglia di allarme	3 ore consecutive	500 µg/m ³	--	--	
BIOSSIDO DI AZOTO (NO ₂) e OSSIDI DI AZOTO (NO _x)	Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	200 µg/m ³ (NO ₂)	18 volte/anno civile	1-gen-2010
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 µg/m ³ (NO ₂)	--	1-gen-2010
	Soglia di allarme	3 ore consecutive	400 µg/m ³ (NO ₂)	--	--
	Valore limite annuale per la protezione della vegetazione	anno civile	30 µg/m ³ (NO _x)	--	19-lug-2001
MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)	Valore limite per la protezione della salute umana	media massima giornaliera su 8 ore	10 mg/m ³	---	1-gen-2005
PIOMBO (Pb)	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	0.5 µg/m ³	---	1-gen-2005
PARTICELLE (PM ₁₀)	Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	24 ore	50 µg/m ³	35 volte/anno civile	1-gen-2005
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 µg/m ³	---	1-gen-2005
BENZENE	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	5 µg/m ³	---	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 ⁽¹⁾
Arsenico	6.0 ng/m ³
Cadmio	5.0 ng/m ³
Nichel	20.0 ng/m ³

(1) Il valore obiettivo è riferito al tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione PM₁₀ 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 Venaria Reale, finalizzata al controllo della qualità dell'aria, è stata effettuata in seguito alla richiesta del Comune pervenuta ad Arpa Piemonte (protocollo Città di Venaria Reale n°24952 del 24/04/2008; protocollo Arpa n°52729 del 06/05/2008). Tale richiesta nasce dall'esigenza di conoscere le ricadute sulla qualità dell'aria delle trasformazioni che interesseranno alcune zone del Comune di Venaria Reale, tra queste il quartiere Salvo D'Acquisto e la zona a ridosso della confluenza del torrente Ceronda nella Stura di Lanzo in corrispondenza di Via Perino/Piazza Costituente. In particolare, nell'immediato, è prevista una ricollocazione nella zona industriale presso Via Cuneo delle ditte di lavorazione di materiale inerte attualmente ubicate all'altezza di V. Perino; inoltre, per il futuro, sono prevedibili la realizzazione di una Circonvallazione con conseguente variazione dei flussi viari e l'ubicazione di una centrale elettrica IRIDE in prossimità dei confini comunali.

A tale scopo si è programmata una campagna di monitoraggio da svolgersi in due periodi distinti dell'anno della durata di circa un mese ciascuno, prima della citata ricollocazione e delle altre eventuali trasformazioni. Si avranno così a disposizione dei dati utili per caratterizzare in modo puntuale l'attuale stato della qualità dell'aria e per valutare l'impatto delle trasformazioni indicate, una volta che queste siano intervenute e che si sia provveduto ad una nuova campagna di monitoraggio. Nel corso del sopralluogo preliminare alla realizzazione della campagna di monitoraggio dell'inquinamento atmosferico è stato individuato come idoneo al posizionamento della stazione mobile il seguente sito nel quartiere Salvo D'Acquisto:

V. Boccaccio – c/o Scuola elementare “G. Di Vittorio”

Contestualmente si è deciso di monitorare l'altra zona interessata dalla ricollocazione delle attività di lavorazione di materiale inerte mediante l'installazione di un campionatore di particolato atmosferico PM₁₀ nel seguente sito:

Piazza Costituente – c/o edificio ASL TO3

In figura 1 e 2 è riportata l'ubicazione sulle mappe del Comune di Venaria Reale dei siti in cui sono stati posizionati il Laboratorio Mobile (punto rosso) e il campionatore di PM₁₀ (punto verde) nel corso della campagna di monitoraggio; inoltre sono indicate le aree interessate alla ricollocazione delle ditte che svolgono attività di lavorazione di materiale inerte.

Il primo periodo di monitoraggio è stato condotto nella stagione tardo autunnale, tra il **14 novembre** e il **15 dicembre 2008** (31 giorni). Si noti che per ragioni tecniche le elaborazioni sono state effettuate considerando solo i giorni di campionamento completi e pertanto non vi è corrispondenza con le date di posizionamento e spostamento del laboratorio mobile. In particolare nel corso della presente campagna di monitoraggio si è verificato uno spegnimento della strumentazione del Laboratorio Mobile il giorno successivo al suo posizionamento e due giorni prima della conclusione del periodo si è manifestato un problema nell'acquisizione dei dati; in conseguenza di ciò la disponibilità di dati per le elaborazioni risulta limitata all'intervallo temporale dal 18 novembre al 12 dicembre per tutti i parametri ad eccezione del PM₁₀ per il quale si estende fino al 14 dicembre. Infine si consideri che, come conseguenza delle pratiche autorizzative, è stato possibile collocare il campionatore di PM₁₀ in piazza Costituente in data 24 novembre, pertanto tale monitoraggio ha avuto una durata di 20 giorni (25 novembre – 14 dicembre).

Va sottolineato che i dati acquisiti nel corso delle 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 X del D.M. 60/2002), dovrebbe prevedere, infatti, campagne di monitoraggio caratterizzate da una durata tale da comprendere almeno il 14% annuo di misurazioni (una misurazione in un giorno, scelto a caso, di

ogni settimana in modo che le misure siano uniformemente distribuite durante l'anno, oppure otto settimane di misurazione distribuite in modo regolare nell'arco dell'anno).

I dati presentati forniscono quindi unicamente un quadro generale della situazione di inquinamento atmosferico del sito in esame; il confronto con i dati rilevati 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.

Figura 1 – Ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria (punto rosso) e del campionatore di PM10 (punto verde) nel Comune di Venaria Reale



Figura 2 – particolare del sito ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria (alto) e del campionatore di PM10 (basso)



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; quest'ultima è più bassa per la velocità del vento rispetto agli altri parametri perché le forti raffiche intervenute tra il 21 e il 22 novembre hanno determinato la rottura del sensore per la misura della velocità del vento.

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 ²
R.S.N.	radiazione solare netta	W/m ²

Figura 3 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 tardo autunnale, con valori inferiori a 400 W/m² anche nelle giornate di cielo completamente sereno; si notano periodi con valori massimi inferiori a 200 W/m² corrispondenti a giornate con cielo coperto.

Nel corso della campagna di monitoraggio la temperatura (figura 4) è rimasta al di sotto dei 10°C, a parte l'evidente eccezione dei giorni 21 e 22 novembre durante i quali è stato raggiunto un valore massimo pari a 18.4°C, anomalo per il periodo tardo autunnale. Sette giornate, tutte caratterizzate da elevata escursione termica, hanno presentato una temperatura minima inferiore ai -3°C, invece una ridotta escursione termica è stata osservata nelle giornate caratterizzate da cielo coperto (cfr. figura 3).

Per quello che riguarda l'umidità relativa (figura 5), i valori massimi si collocano in prossimità del 95% e quelli minimi sono quasi sempre superiori al 50%. Anche in questo caso risulta significativo l'episodio intercorso tra 21 e 22 novembre, caratterizzato da intensi venti di föhn, con numerosi valori di U.R. inferiori al 30%.

Nel corso di tutta la campagna il campo pressorio si è attestato sempre al di sotto dei 990 mbar. In particolare figura 6 evidenzia tre brevi periodi di alta pressione alternati ad altrettanti di bassa pressione di durata maggiore. Questi ultimi corrispondono all'intenso episodio di föhn verificatosi tra 21 e 22 novembre (si considerino a tal proposito i dati di T, U.R. e velocità del vento) e a due fasi perturbate caratterizzate da precipitazioni moderate. Nel dettaglio (figura 7) i dati pluviometrici della stazioni meteo di Torino posta in Via Reiss Romoli (ad una distanza di circa 4 km dal sito di monitoraggio nel Comune di Venaria Reale) indicano 45 mm di precipitazioni distribuite tra il 28 novembre e il 1 dicembre e circa 25 mm caduti tra 10 e 11 dicembre; viste le temperature registrate nei due periodi, parte delle precipitazioni sono intervenute sotto forma di neve.

Nonostante il ridotto irraggiamento, proprio della stagione tardo autunnale, come emerso dall'analisi dei parametri meteorologici la campagna è stata caratterizzata da elevata dinamicità atmosferica. Infatti i dati di velocità del vento registrati (figura 8) indicano una bassa percentuale di calme (media oraria della V.V. inferiore a 0.5 m/s), pari a circa il 15%, equamente distribuite tra periodo diurno e periodo notturno. In particolare la V.V. è risultata frequentemente superiore a 1 m/s, con alcuni valori anche maggiori di 2 m/s; velocità più elevate (dieci ore consecutive con velocità media oraria superiore a 3m/s; si noti che a seguito della rottura del sensore dovuta alle raffiche molto intense non è stato possibile raccogliere dati per l'intero episodio ventoso) sono state registrate nel corso

dell'intenso episodio di föhn verificatosi tra 21 e 22 novembre durante il quale si è avuta la massima media oraria, corrispondente ad un valore di 7.4 m/s.

Le elaborazioni relative alla direzione dei venti (figura 9) indicano che più della metà degli episodi è compresa tra WNW e NW. Esaminando più nel dettaglio la situazione è possibile evidenziare una rosa dei venti significativamente diversa fra periodo notturno e diurno (figure 10 e 11); nel primo caso si ha un numero significativo di accadimenti per tre diversi settori (NE-ENE, SSW-SW, WNW-NW), mentre nelle ore notturne si ha una prevalenza dei venti dalle direzioni WNW-NW (circa il 70%).

Tabella 5 – Radiazione solare globale (W/m²)

Minima media giornaliera	14.2
Massima media giornaliera	93.1
Media delle medie giornaliere	64.8
Giorni validi	23
Percentuale giorni validi	85%
Media dei valori orari	63.5
Massima media oraria	398.7
Ore valide	605
Percentuale ore valide	93%

Tabella 6 – Radiazione solare netta (W/m²)

Minima media giornaliera	-28.1
Massima media giornaliera	3.2
Media delle medie giornaliere	-16.7
Giorni validi	23
Percentuale giorni validi	85%
Media dei valori orari	-15.9
Massima media oraria	181.1
Ore valide	605
Percentuale ore valide	93%

Tabella 7 – Temperatura (°C)

Minima media giornaliera	0.1
Massima media giornaliera	9.3
Media delle medie giornaliere	2.7
Giorni validi	23
Percentuale giorni validi	85%
Media dei valori orari	2.9
Massima media oraria	18.7
Ore valide	605
Percentuale ore valide	93%

Tabella 8 – Umidità relativa (%)

Minima media giornaliera	26.3
Massima media giornaliera	94.3
Media delle medie giornaliere	73.9
Giorni validi	23
Percentuale giorni validi	85%
Media dei valori orari	74.6
Massima media oraria	95.6
Ore valide	605
Percentuale ore valide	93%

Tabella 9 – Pressione atmosferica (mbar)

Minima media giornaliera	961.1
Massima media giornaliera	987.8
Media delle medie giornaliere	973.6
Giorni validi	22
Percentuale giorni validi	81%
Media dei valori orari	973.6
Massima media oraria	989.5
Ore valide	583
Percentuale ore valide	90%

Tabella 10 – Velocità vento (m/s)

Minima media giornaliera	0.4
Massima media giornaliera	2.1
Media delle medie giornaliere	0.9
Giorni validi	20
Percentuale giorni validi	74%
Media dei valori orari	0.9
Massima media oraria	7.4
Ore valide	546
Percentuale ore valide	84%

Figura 3 – Andamento della radiazione solare globale nel corso della campagna di monitoraggio

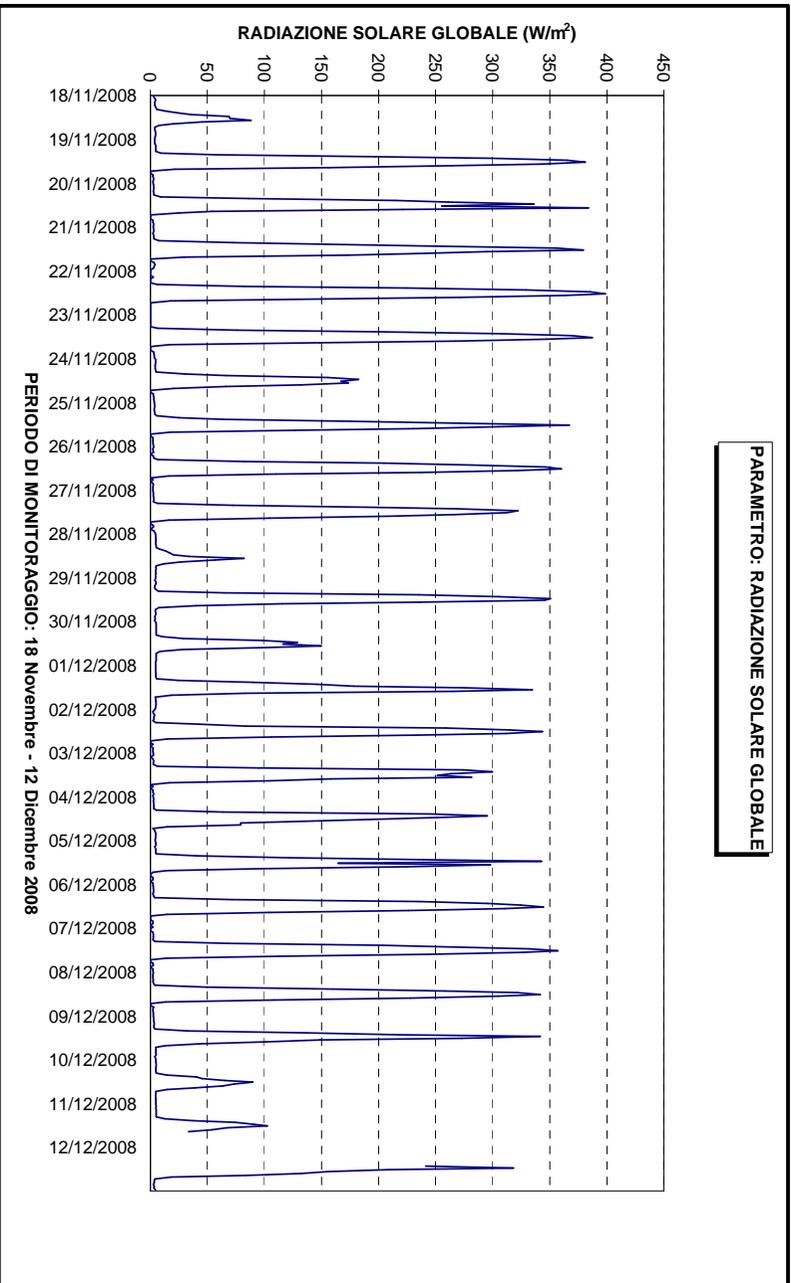


Figura 4 – Andamento della temperatura nel corso della campagna di monitoraggio

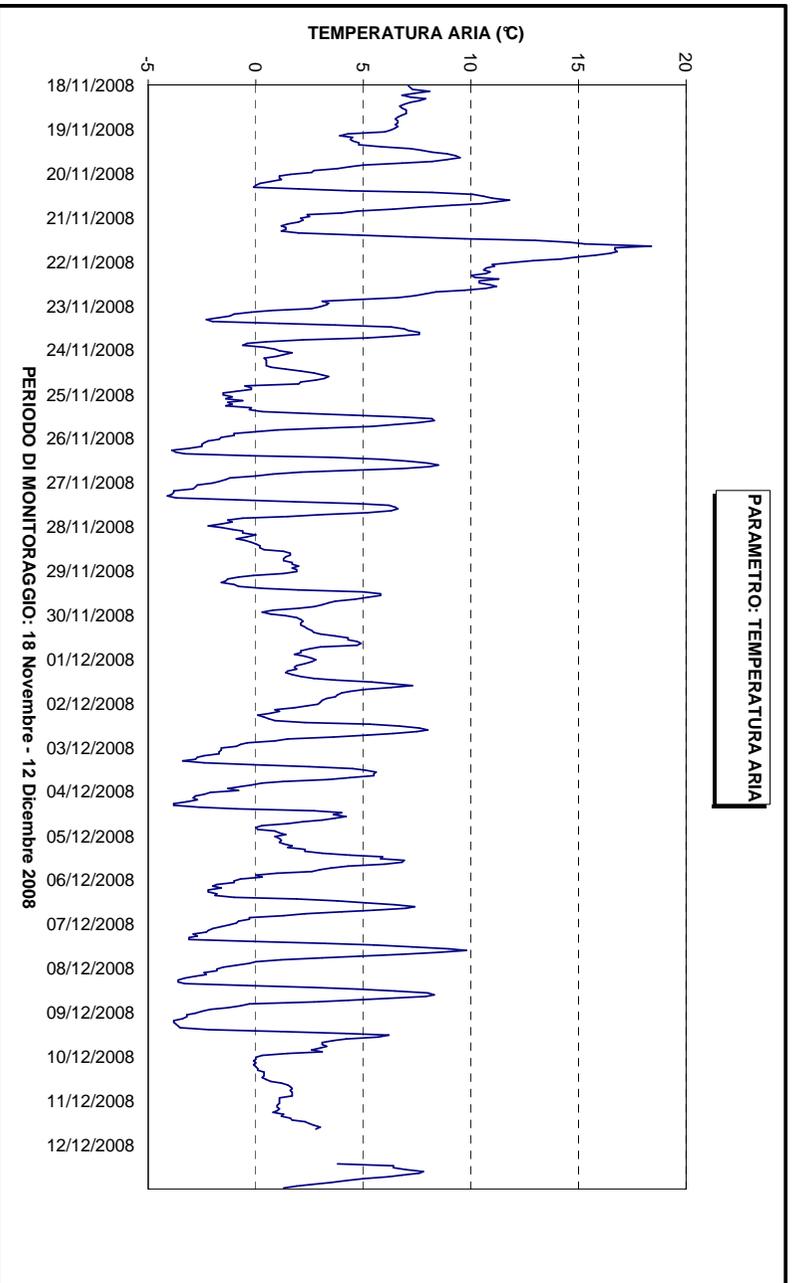


Figura 5 – Andamento dell'umidità relativa nel corso della campagna di monitoraggio

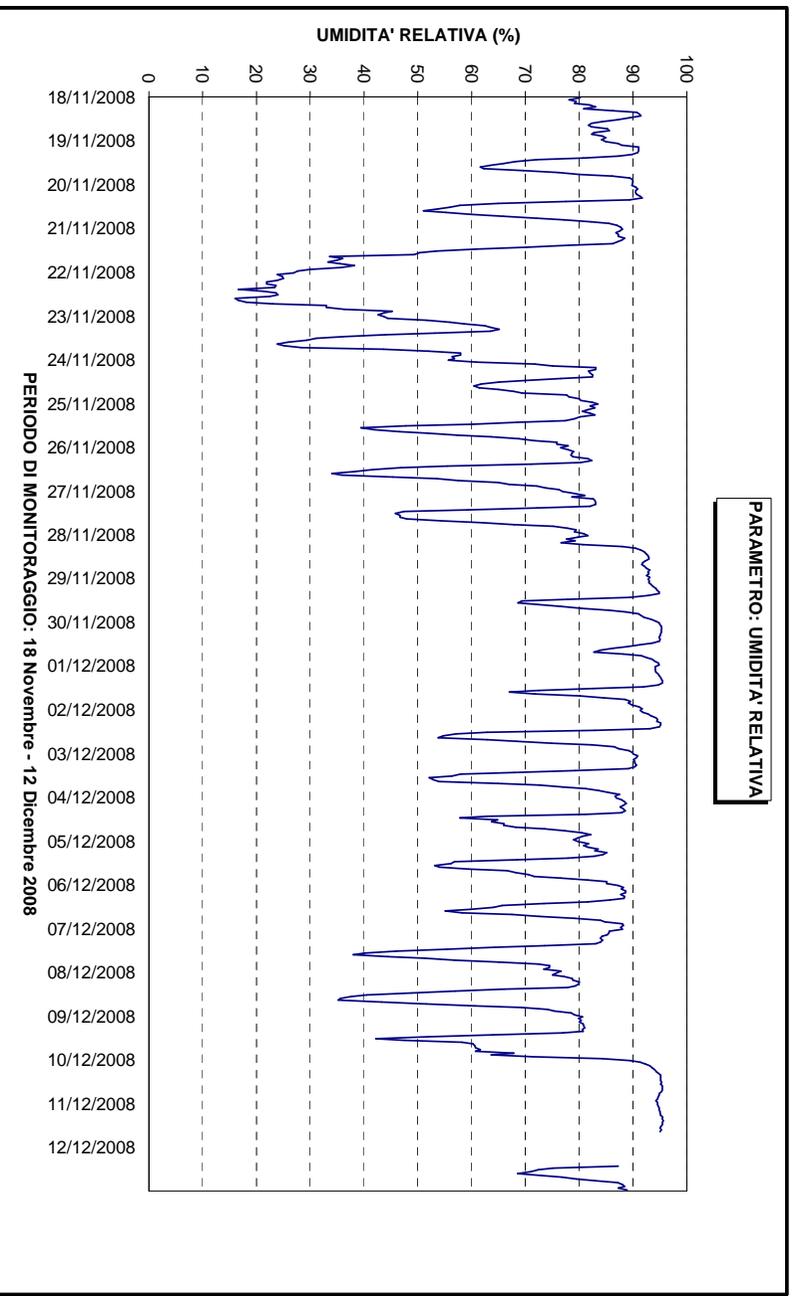


Figura 6 – Andamento della pressione atmosferica nel corso della campagna di monitoraggio

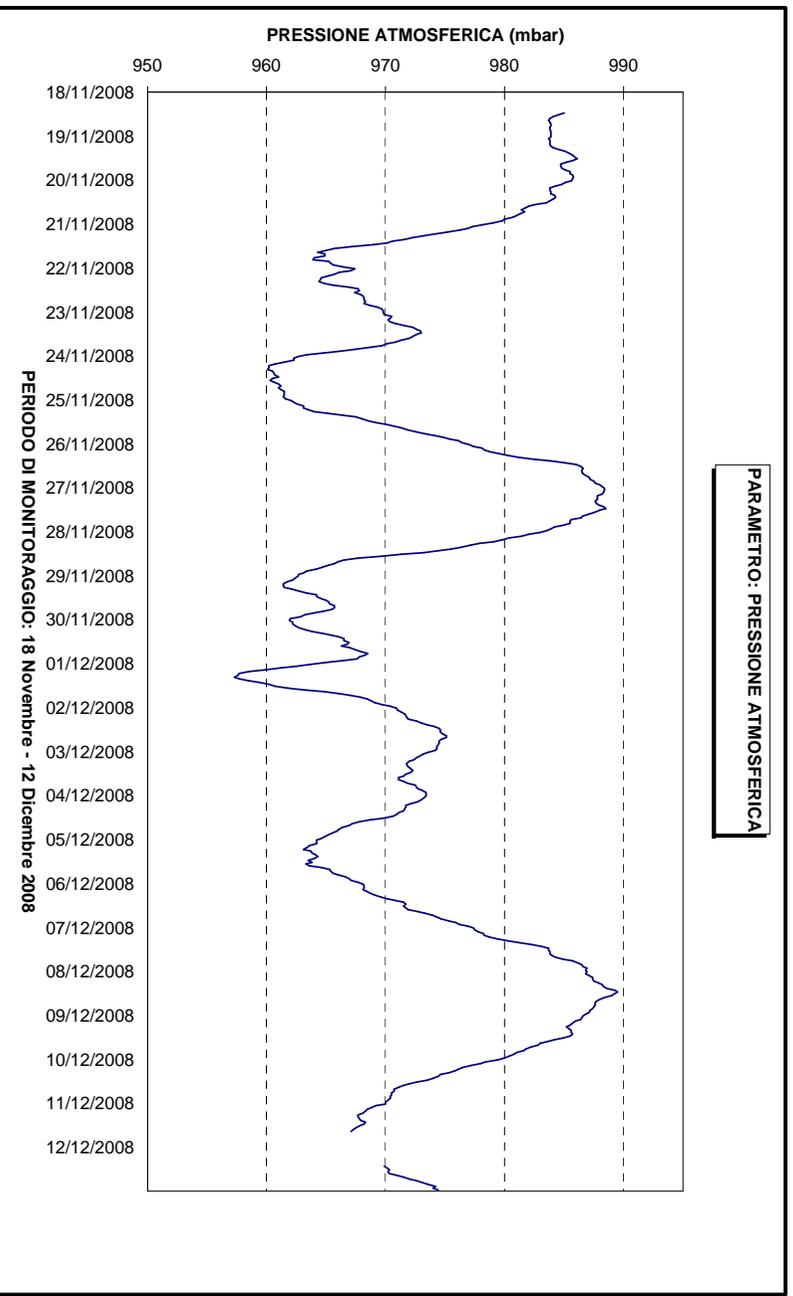


Figura 7 – Precipitazioni accumulate presso la stazione meteorologica di Torino – V. Reiss Romoli

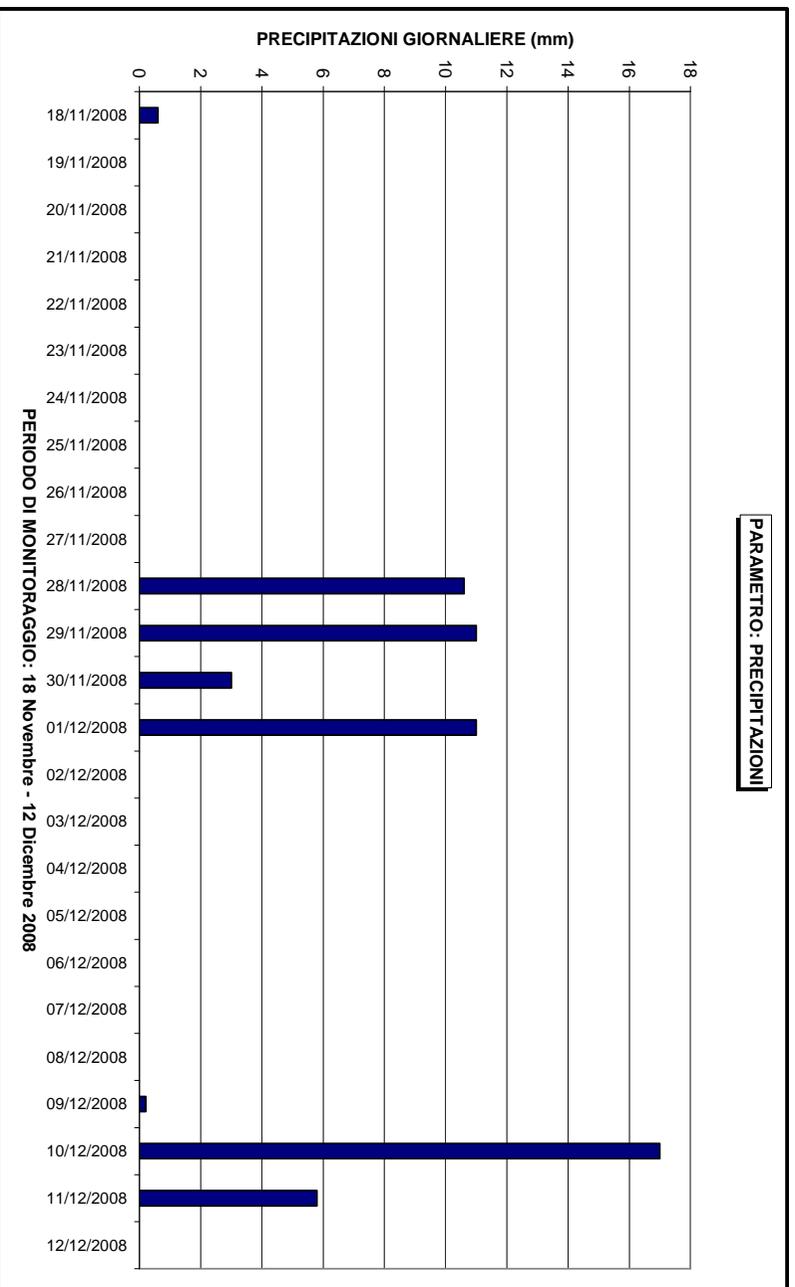


Figura 8 – Andamento della velocità dei venti nel corso della campagna di monitoraggio

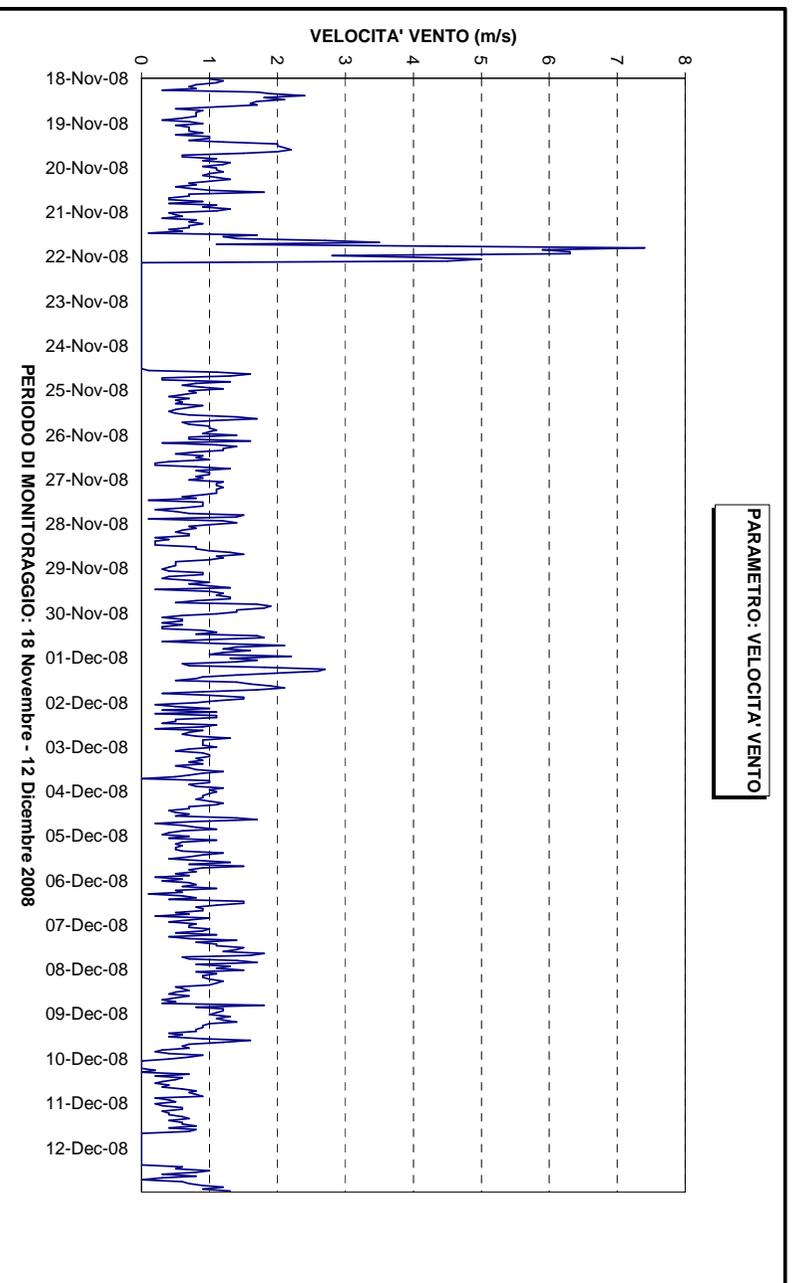


Figura 9 – Rosa dei venti totale nel corso della campagna di monitoraggio

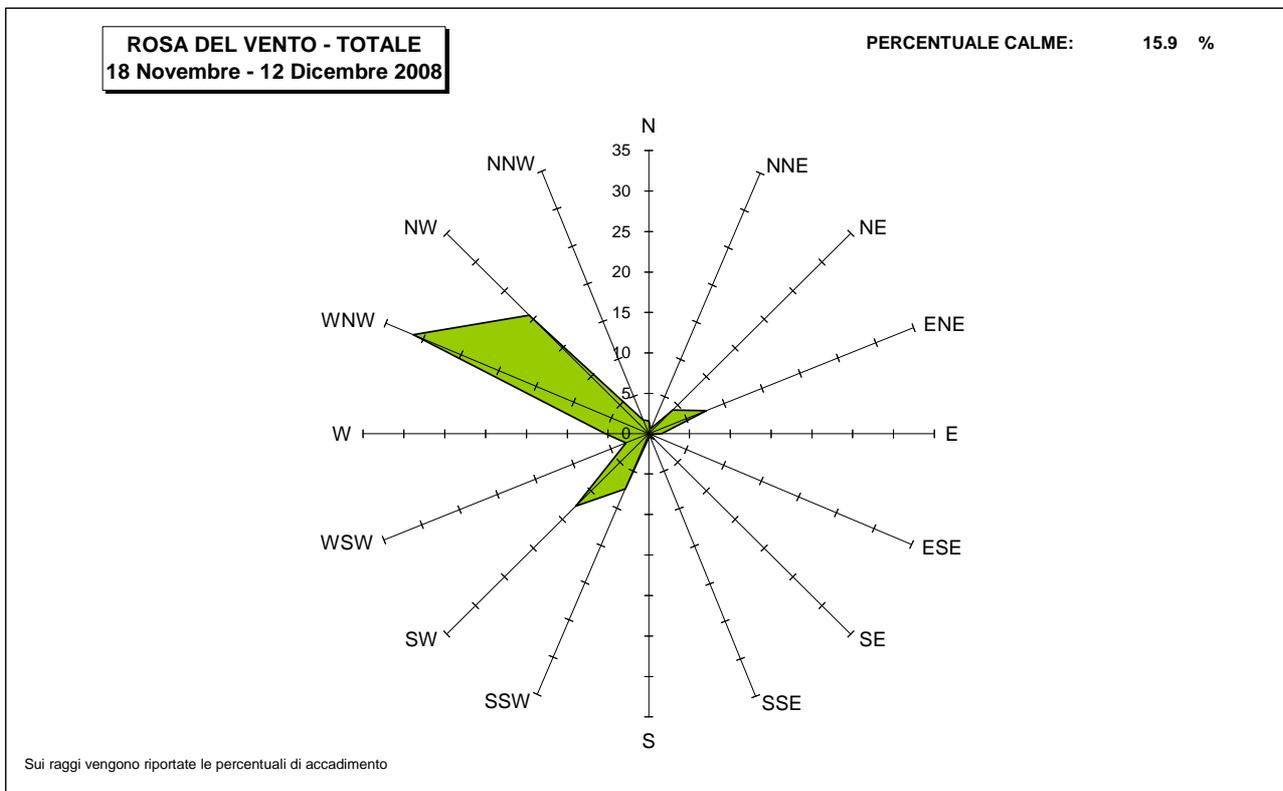


Figura 10 – Rosa dei venti diurna nel corso della campagna di monitoraggio

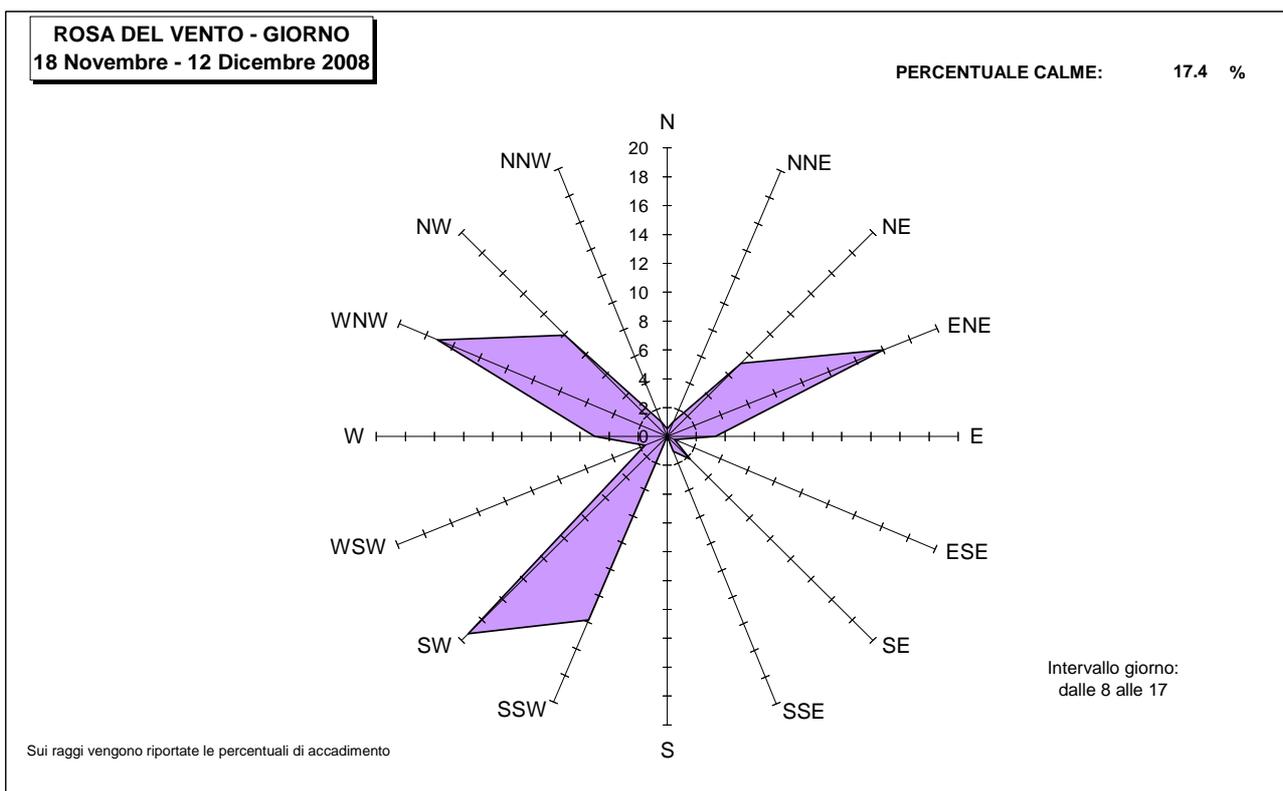
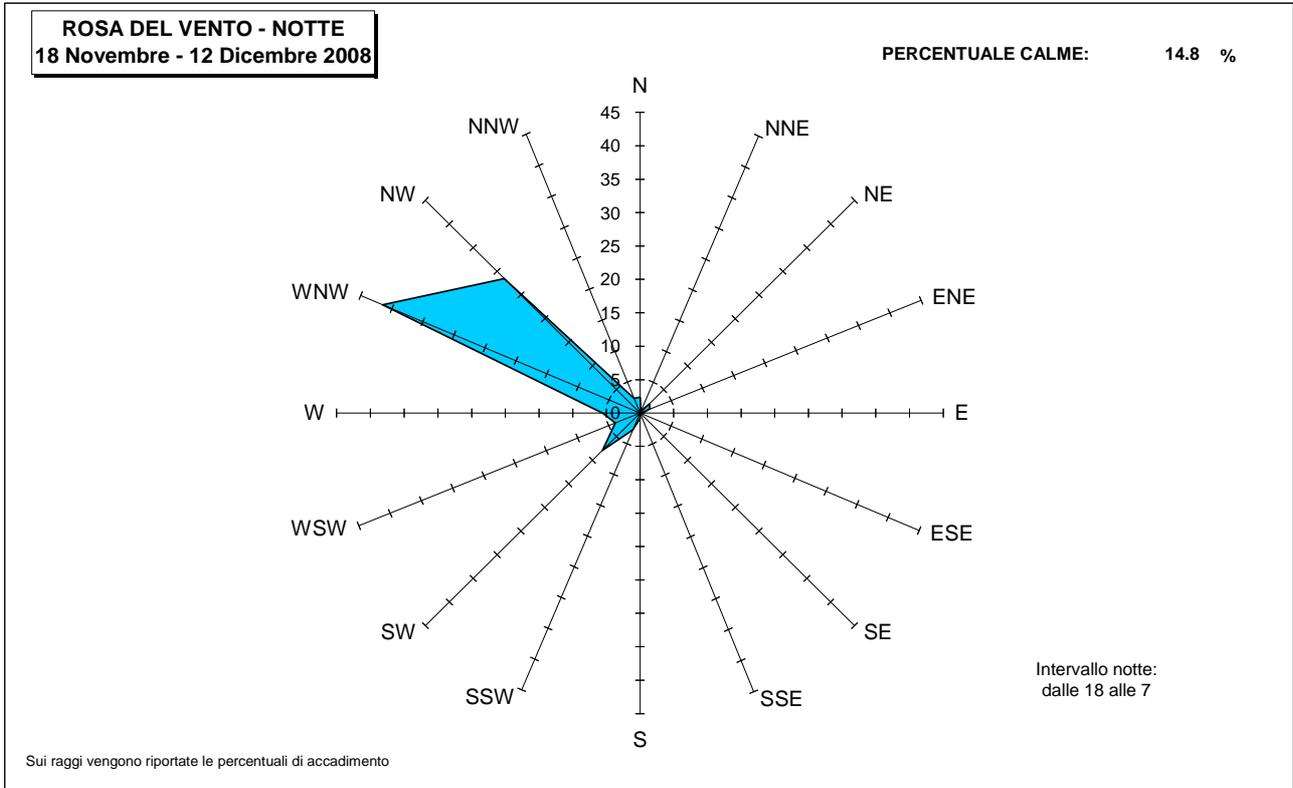


Figura 11 – Rosa dei venti notturna nel corso della campagna di monitoraggio



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://www.regione.piemonte.it/ambiente/aria/rilev/datiarea2.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 SO₂ 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 della campagna di monitoraggio condotta nel Comune di Venaria Reale relativamente alla concentrazione di biossido di zolfo indicano come i livelli sia giornalieri sia orari di questo inquinante siano ampiamente al di sotto dei limiti (tabella 11 e figura 12 e 13). Il massimo valore giornaliero è pari a 9 µg/m³ (calcolato come media giornaliera sulle 24 ore), di molto inferiore al limite per la protezione della salute di 125 µg/m³. La massima media oraria è pari a 28 µg/m³, quindi è ampiamente rispettato il livello orario per la protezione della salute fissato dal D.M. 60/2002 in 350 µg/m³.

Si può concludere che 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 SO₂ sono sempre ampiamente al di sotto dei limiti.

Tabella 11 – Dati relativi al biossido di zolfo (SO₂) (µg/m³)

Minima media giornaliera	3
Massima media giornaliera	9
Media delle medie giornaliere	7
Giorni validi	23
Percentuale giorni validi	85%
Media dei valori orari	7
Massima media oraria	28
Ore valide	601
Percentuale ore valide	93%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (350)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (350)</u>	0
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (125)</u>	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (500)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (500)</u>	0

Figura 12 – SO₂: confronto con il livello di protezione della salute (media giornaliera)

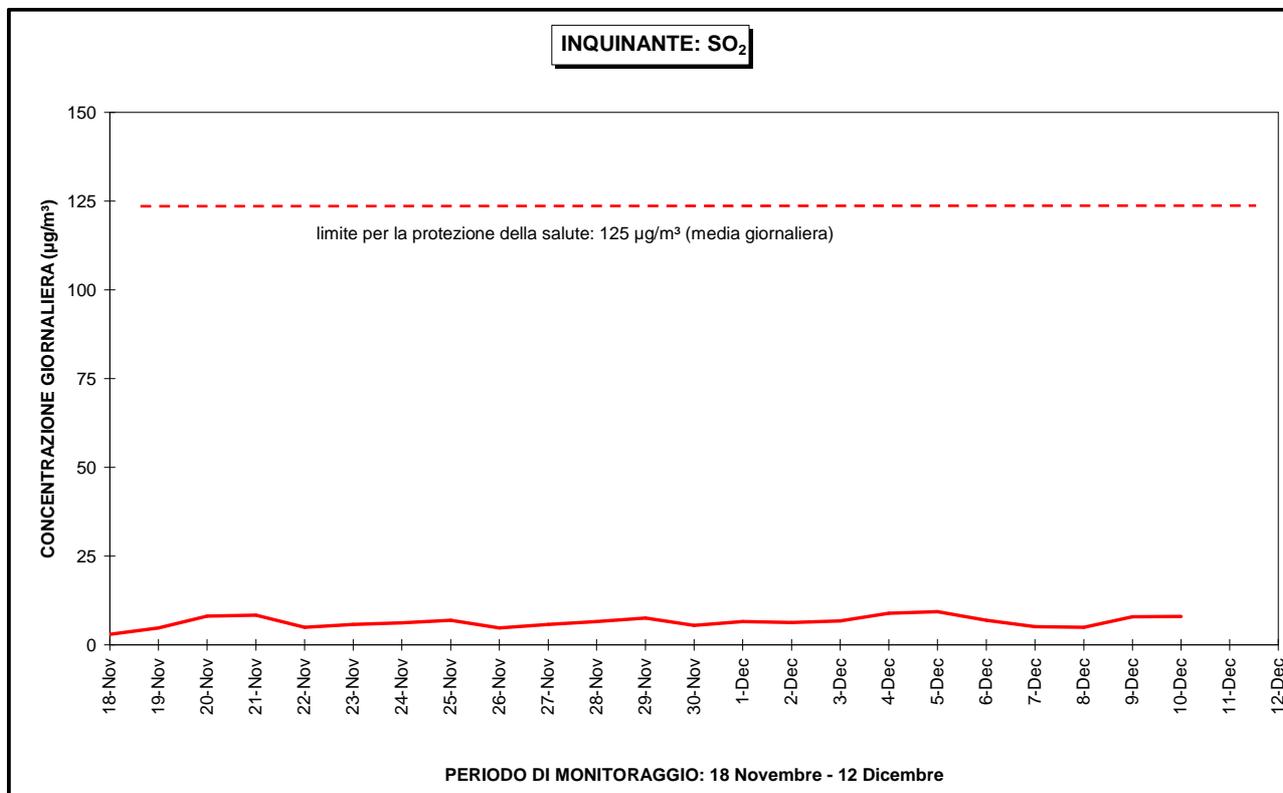
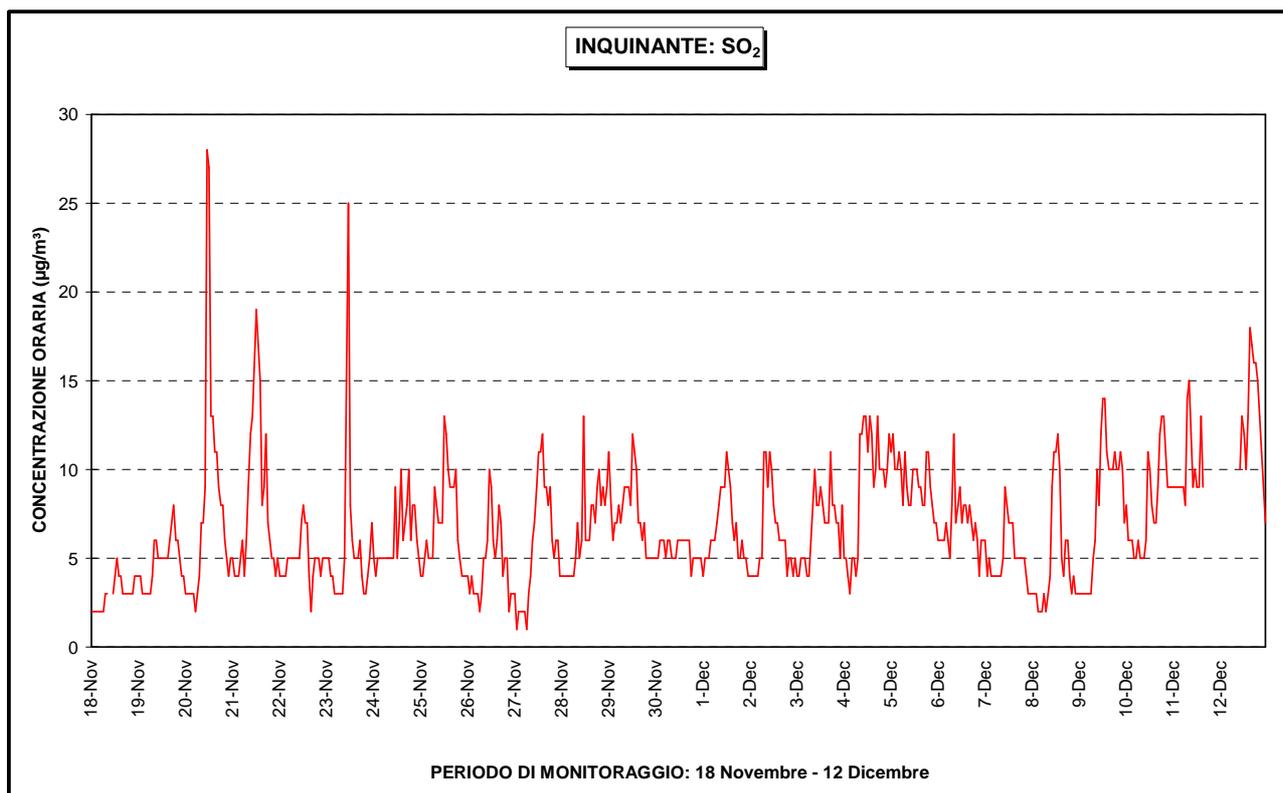


Figura 13 – SO₂: andamento della concentrazione oraria



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 (mg/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 carbossemoglobina, 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.

I dati misurati durante la campagna autunnale nel Comune di Venaria Reale (tabella 12) confermano quanto osservato su scala regionale in merito al rispetto dei limiti normativi. Infatti, il D.M. 60 del 2/04/02, prevede un limite di $10 \text{ mg}/\text{m}^3$, calcolato come media su otto ore consecutive, il quale è ampiamente rispettato visto che il valore massimo su otto ore è pari a $1.4 \text{ mg}/\text{m}^3$ (figura 14) e tale limite non è raggiunto neppure su base oraria (il massimo valore orario è pari a $1.7 \text{ mg}/\text{m}^3$).

Il confronto con i dati della stazione fissa ubicata nel Comune di Venaria Reale (piazza Garibaldi), dotata di un analizzatore di CO, mostra un andamento del tutto confrontabile (figura 15); si noti però che i massimi risultano più elevati nella stazione fissa, come conseguenza della sua ubicazione in un sito di maggior traffico veicolare. Il confronto è limitato al periodo 18/11 – 04/12/2008 perché dopo tale data la stazione fissa di Piazza Garibaldi è stata dismessa, 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

Tabella 12 – Dati relativi al monossido di carbonio (CO) (mg/m³)

Minima media giornaliera	0.5
Massima media giornaliera	0.8
Media delle medie giornaliere	0.6
Giorni validi	23
Percentuale giorni validi	85%
Media dei valori orari	0.7
Massima media oraria	1.7
Ore valide	600
Percentuale ore valide	93%
Minimo delle medie 8 ore	0.3
Media delle medie 8 ore	0.7
Massimo delle medie 8 ore	1.4
Percentuale medie 8 ore valide	91%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore(10)</u>	0
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 10)</u>	0

Figura 14 – CO: confronto con il limite di legge (media trascinata sulle 8 ore)

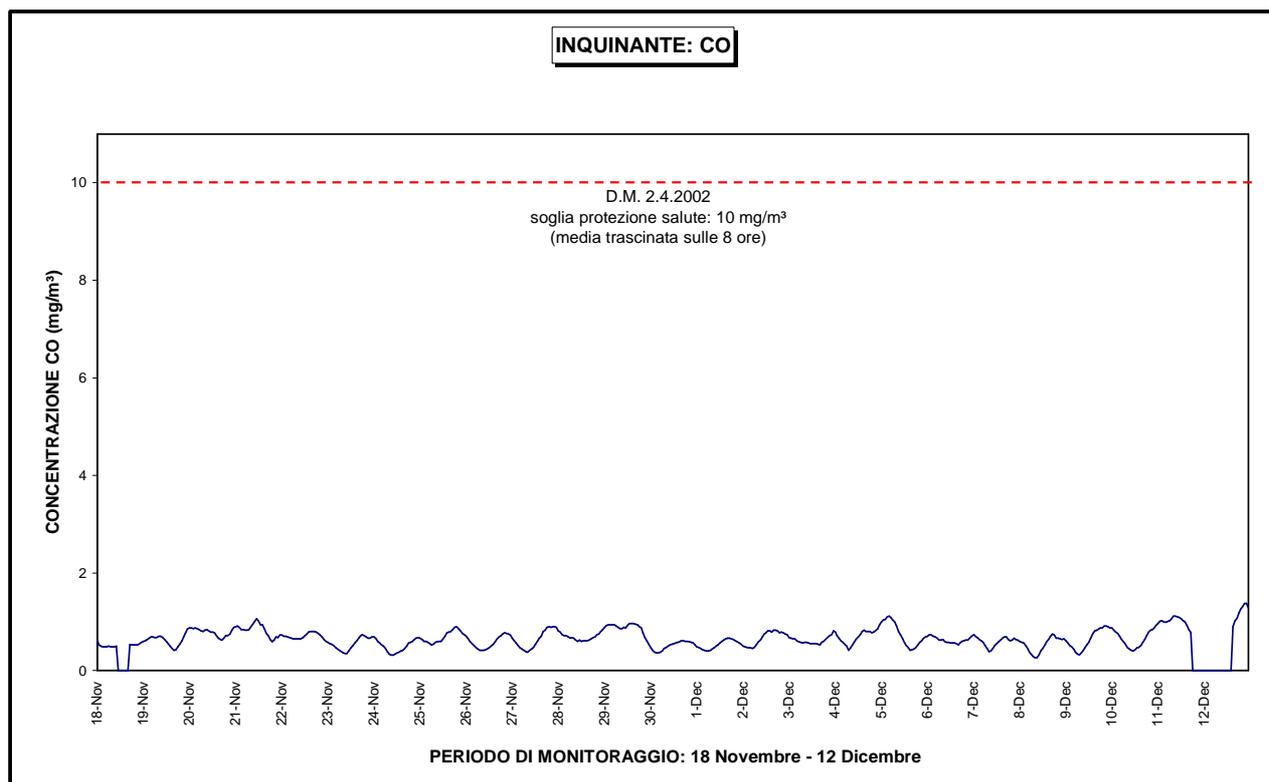
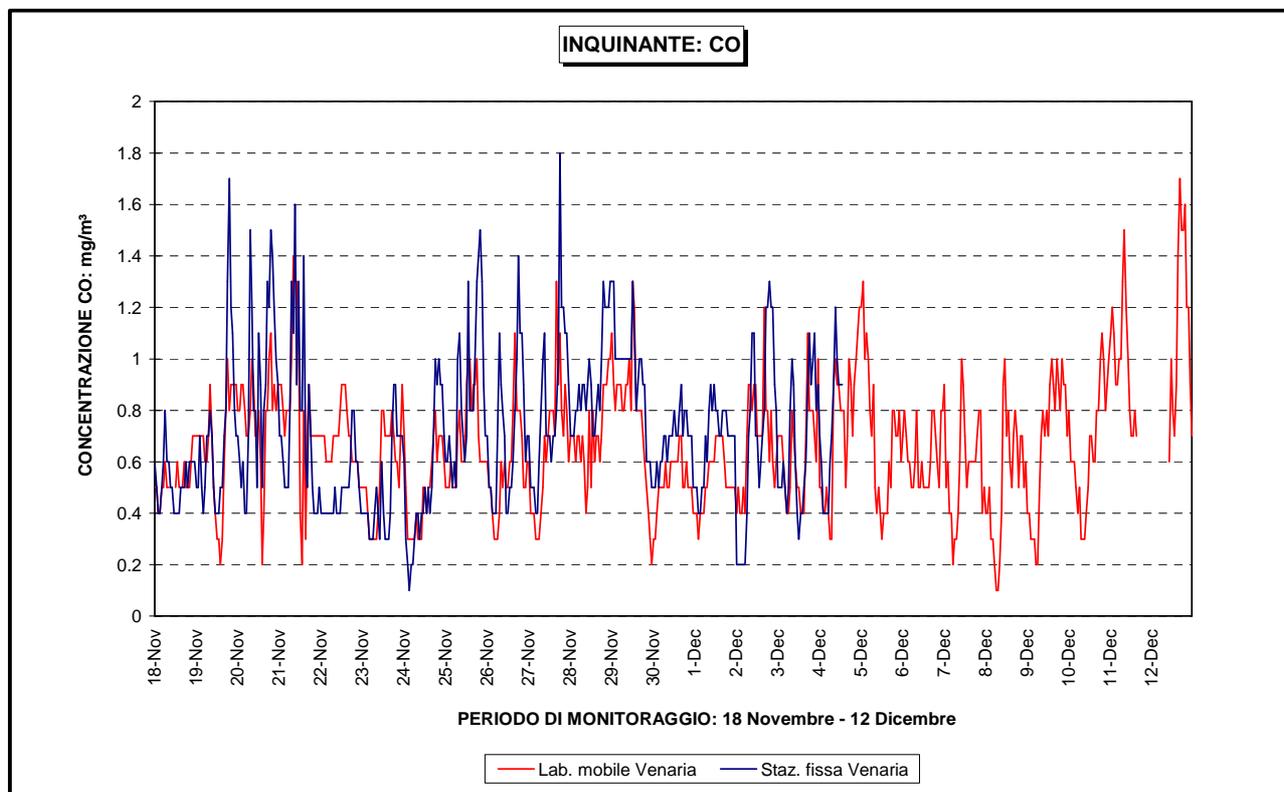


Figura 15 – CO: andamento della concentrazione oraria nel corso della campagna di monitoraggio e confronto con la stazione fissa ubicata nel comune di Venaria Reale



Ossidi di Azoto

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

Il **monossido di azoto** non è tossico, ma viene 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.

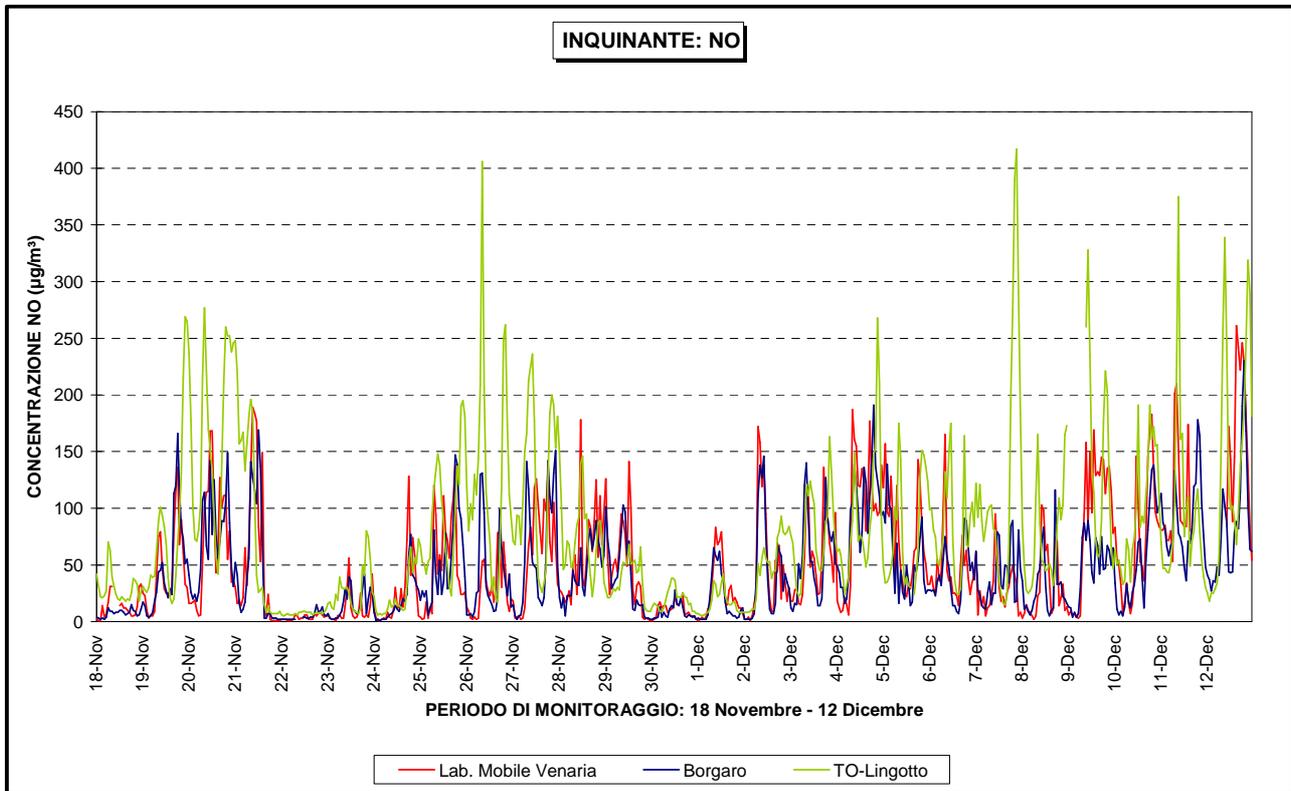
I livelli di NO nel corso della campagna di monitoraggio nel Comune di Venaria Reale (tabella 13) sono risultati quasi sempre inferiori a 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, con una massima media oraria di 261 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Più nel dettaglio si possono osservare valori piuttosto bassi, inferiori a 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per numerose ore consecutive, in corrispondenza dell'episodio di föhn intervenuto tra 21 e 22 novembre e del periodo compreso tra fine novembre e inizio dicembre caratterizzato da frequenti precipitazioni; per contro i valori più elevati, con un evidente aumento soprattutto dei valori minimi, si possono osservare negli ultimi due giorni di monitoraggio.

Figura 16 evidenzia come sia l'andamento, sia i livelli di monossido di azoto presso il sito di monitoraggio nel comune di Venaria Reale siano del tutto confrontabili con quelli della stazione fissa di monitoraggio ubicata nel comune di Borgaro e classificata come di fondo suburbano. Invece la stazione di fondo urbano di TO-Lingotto presenta livelli più elevati, soprattutto per quello che riguarda i massimi giornalieri.

Tabella 13 – Dati relativi al monossido di azoto (NO) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Minima media giornaliera	4
Massima media giornaliera	89
Media delle medie giornaliere	45
Giorni validi	23
Percentuale giorni validi	85%
Media dei valori orari	49
Massima media oraria	261
Ore valide	601
Percentuale ore valide	93%

Figura 16 – 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 NO₂ 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 estiva nel Comune di Venaria Reale la concentrazione media oraria di NO₂ si è sempre attestata entro i 150 µg/m³ (figura 17), con valori minimi registrati negli stessi periodi già evidenziati per il monossido d’azoto. Pertanto non si è avuto alcun superamento del limite orario di 200 µg/m³ (che la normativa prevede che non venga superato più di 18 volte in un anno), sebbene la campagna sia relativa ad un periodo dell’anno che presenta maggiori emissioni, visto il contributo degli impianti per il riscaldamento domestico. Tale situazione si è determinata 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.

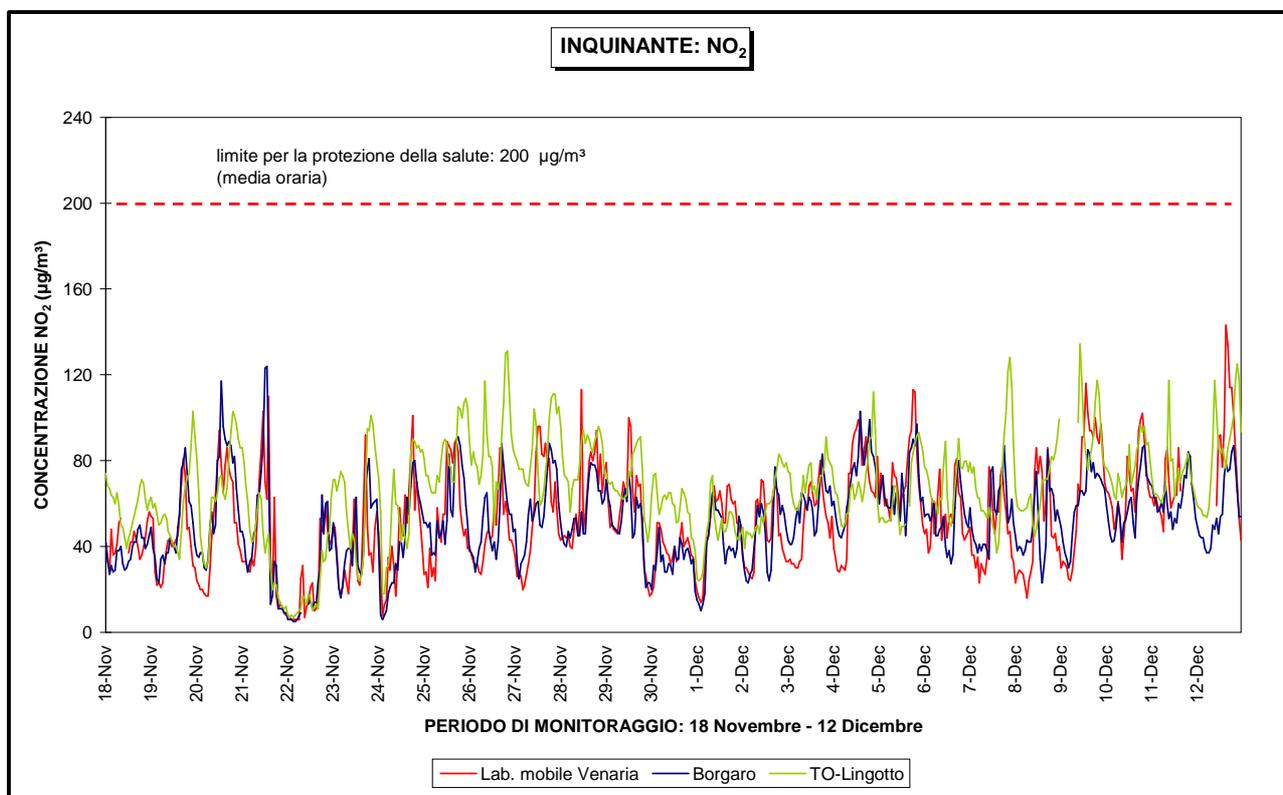
Anche nel caso di NO₂ l’andamento e i livelli relativi alla stazione di Borgaro sono del tutto comparabili; salvo alcune limitate differenze che si registrano in corrispondenza di alcuni massimi, tendenzialmente più elevati nel caso del sito di Venaria Reale, o per brevi periodi di tempo (cfr. livelli più elevati a Venaria Reale nei giorni 01/12 e 09/12).

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.

Tabella 14 – Dati relativi al biossido di azoto (NO₂) (µg/m³)

Minima media giornaliera	23
Massima media giornaliera	72
Media delle medie giornaliere	51
Giorni validi	23
Percentuale giorni validi	85%
Media dei valori orari	52
Massima media oraria	143
Ore valide	601
Percentuale ore valide	93%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (200)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (200)</u>	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (400)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (400)</u>	0

Figura 17 – NO₂: confronto con i limiti di legge e 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.

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.

La normativa vigente (D.M.60 del 2/4/2002) prevede per il benzene per l'anno 2008 un valore limite annuale di $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, che verrà ridotto progressivamente fino a raggiungere i $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nel 2010.

Durante la campagna di monitoraggio nel Comune di Venaria Reale è stata determinata una concentrazione media (media delle medie giornaliere) pari a $2.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (tabella 15). Come per altri inquinanti si osservano valori particolarmente bassi in corrispondenza dell'episodio di föhn verificatosi tra 21 e 22 novembre e del periodo compreso tra fine novembre e inizio dicembre caratterizzato da frequenti precipitazioni (figura 18).

La stagione fredda è la più critica per le concentrazioni di benzene, quindi sulla base dei dati disponibili è possibile supporre che per il sito in esame il valore limite annuale venga rispettato.

Per il toluene la massima media giornaliera è risultata essere di $15.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e la massima media oraria di $67.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (tabella 16), entrambe ben al di sotto del valore guida consigliato dall'OMS.

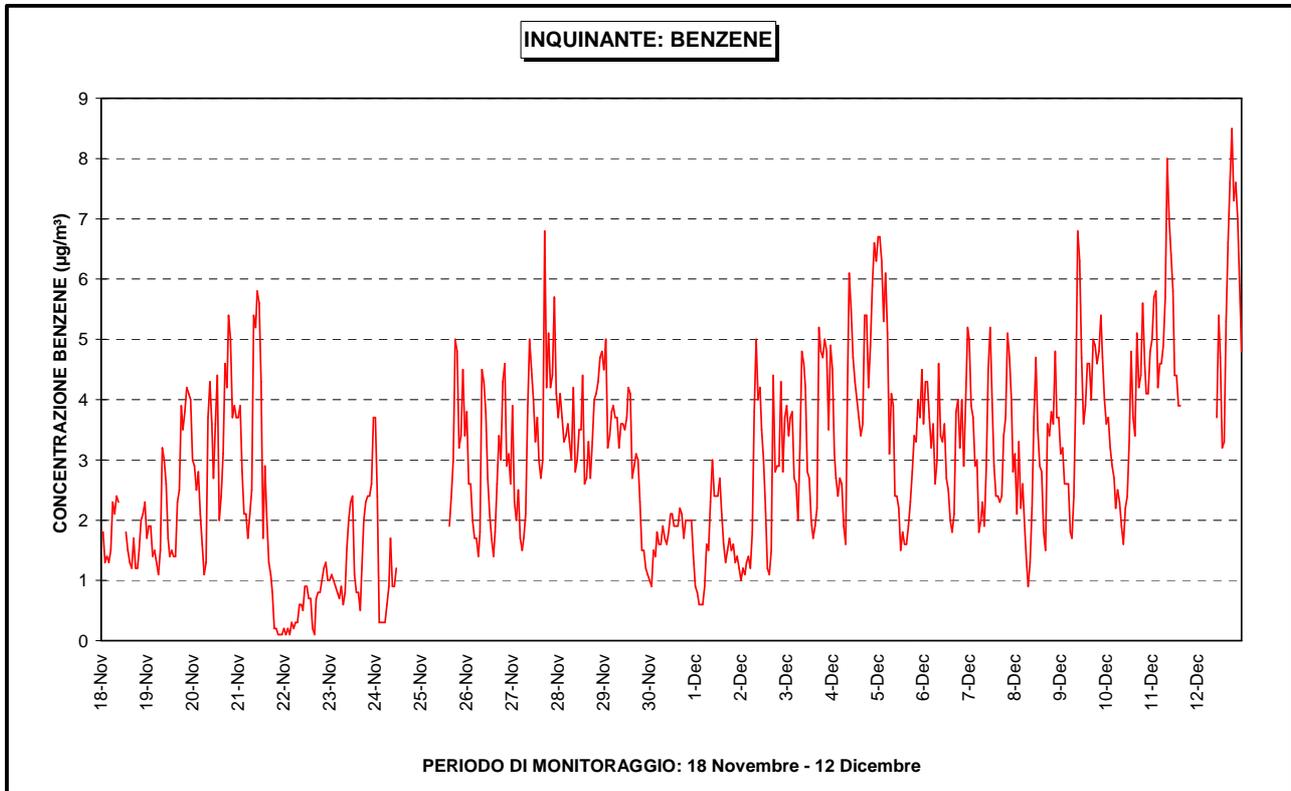
Tabella 15 – Dati relativi al benzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Minima media giornaliera	0.6
Massima media giornaliera	4.2
Media delle medie giornaliere	2.8
Giorni validi	21
Percentuale giorni validi	78%
Media dei valori orari	2.9
Massima media oraria	8.5
Ore valide	574
Percentuale ore valide	89%

Tabella 16: Dati relativi al toluene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Minima media giornaliera	1.6
Massima media giornaliera	15.0
Media delle medie giornaliere	9.3
Giorni validi	21
Percentuale giorni validi	78%
Media dei valori orari	10.0
Massima media oraria	67.9
Ore valide	574
Percentuale ore valide	89%

Figura 18 – Benzene: andamento della concentrazione oraria nel corso della campagna di monitoraggio nel Comune di Venaria Reale



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 con il DM 60/2002 ha previsto dei limiti esclusivamente per il particolato PM₁₀, 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.

Il DM 60/2002 ha inoltre indicato che venga misurata la concentrazione di polveri con diametro aerodinamico inferiore ai 2.5 µm (PM_{2.5}), per il quale attualmente non sono ancora previsti dei limiti normativi a livello nazionale. Recentemente a livello europeo è stata emanata la direttiva 2008/50/CE (non ancora recepita in Italia) che fissa un valore obiettivo per la concentrazione media annuale di PM_{2.5} pari a 25 µg/m³ da raggiungere entro il 1 gennaio 2010.

Nel monitoraggio eseguito con il Laboratorio Mobile nel comune di Venaria Reale si è avuto superamento del valore limite giornaliero di 50 µg/m³ in 9 dei 26 giorni di misura validi; bisogna tuttavia notare che la quasi totalità dei dati è compresa entro i 65 µg/m³, con un valore massimo pari a 81 µg/m³. Infatti la media delle medie giornaliere di PM₁₀ è pari a 43 µg/m³, un valore appena al di sopra del limite di legge di 40 µg/m³ (tabella 17). Tenuto conto dei livelli che mediamente tale parametro presenta nell'area torinese nel corso della stagione fredda, quella emersa da questa campagna di monitoraggio è da ritenersi una situazione priva di significative criticità; la causa di ciò va ricercata nella elevata dinamicità atmosferica che ha caratterizzato tutto il periodo di monitoraggio. Figura 19 mostra come l'andamento e i livelli di PM₁₀ determinati per il sito di Venaria Reale siano del tutto confrontabili con quelli di stazioni di monitoraggio della cintura torinese poste in contesti di tipo residenziale e quindi classificate come suburbane di fondo.

Tabella 17 – Dati relativi al particolato sospeso PM₁₀ (µg/m³)

Minima media giornaliera	8
Massima media giornaliera	81
Media delle medie giornaliere	43
Giorni validi	26
Percentuale giorni validi	96%
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)</u>	9

Figura 19 – Particolato sospeso PM₁₀: confronto con il limite giornaliero per la protezione della salute e con i dati relativi alla stazione di monitoraggio di Borgaro

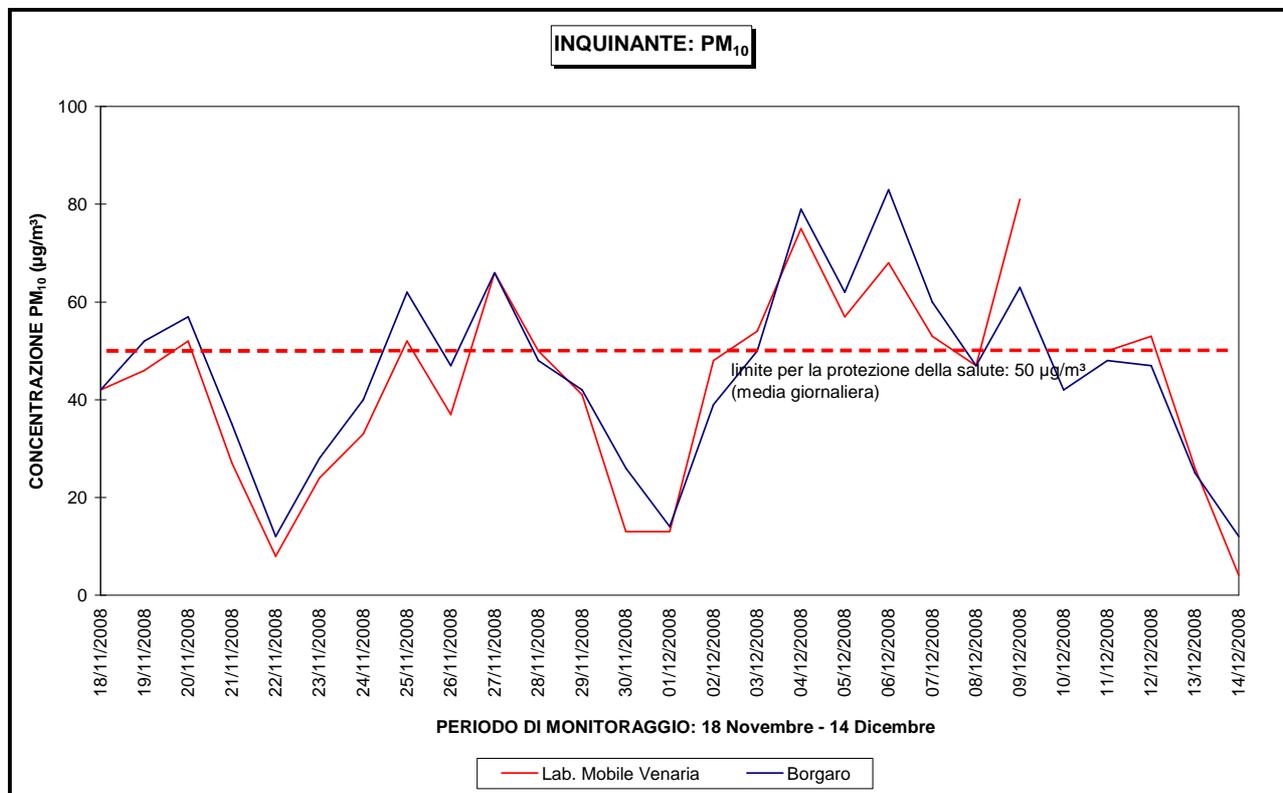


Tabella 18 e figura 20 consentono di comparare le concentrazioni di PM₁₀ registrate nei due siti di misura nel comune di Venaria Reale (presso V. Boccaccio e P.zza Costituente) tra loro e con quelle relative alla stazione di monitoraggio di Borgaro.

I livelli e l'andamento della concentrazione di PM₁₀ sono generalmente confrontabili per tutti e tre i siti nel corso dell'intero periodo di monitoraggio (25/11 – 14/12/09); così pure la media dei valori medi giornalieri, i valori massimo e minimo e il numero di superamenti del valore limite giornaliero di 50 µg/m³ non sembrano indicare una differenza sostanziale per il parametro PM₁₀ nei tre punti di misura considerati. Si può tuttavia osservare che per il sito di Piazza Costituente i valori della media relativa all'intero periodo e del numero di superamenti sono di qualche unità superiori rispetto a quelli degli altri siti; una tale situazione, al di là delle vicine attività di lavorazione di materiale inerte, è attesa, in virtù dei maggiori flussi veicolari che caratterizzano questo punto di misura.

Al fine di una valutazione rigorosa dei risultati ottenuti si è applicato un test statistico per il confronto tra serie di dati appaiati (test T di Wilcoxon). Sulla base dei risultati ottenuti è possibile affermare che, ad un livello di confidenza del 95%, non vi è una differenza significativa tra le due serie di dati relative ai due siti nel comune di Venaria e tra ciascuna di queste e la serie di dati relativa al comune di Borgaro. Questo risultato è coerente con quanto conosciuto a proposito della frazione di particolato PM₁₀: essa ha una capacità di diffusione assimilabile a quella di un gas, tale quindi da avvenire anche in zone lontane rispetto alle fonti; una significativa porzione ha origine secondaria.

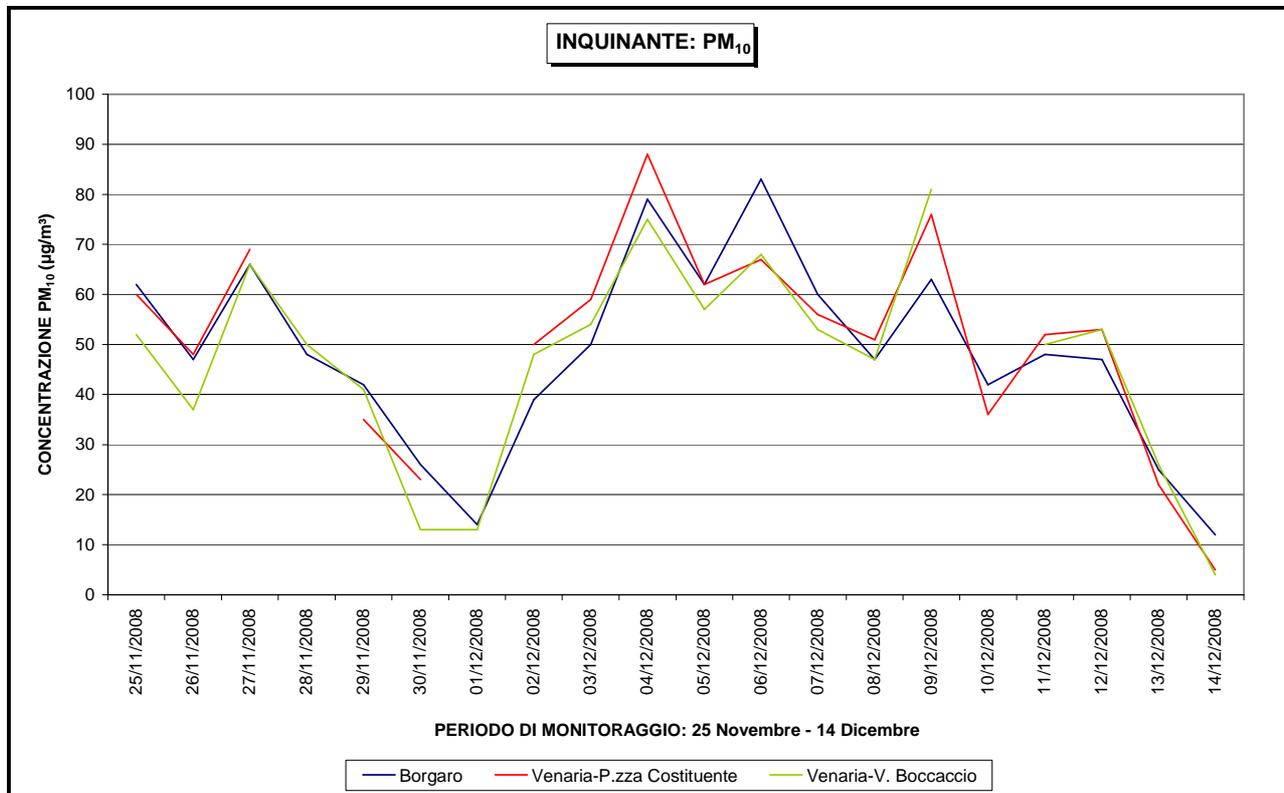
I risultati ottenuti e le elaborazioni statistiche condotte indicano che i livelli di PM₁₀ nel sito di Piazza Costituente sono del tutto confrontabili con quelli di siti con caratteristiche analoghe ubicati nello stesso comune o in altri comuni della cintura torinese; pertanto si può affermare che tali livelli non risultano incrementati dalle attività di lavorazione di materiale inerte attualmente localizzate nei pressi del sito.

Si ritiene che tali attività determinino la dispersione in atmosfera essenzialmente di particolato con granulometria superiore ai 10 μm , la cui misura non è prevista dalla normativa vigente in quanto non comporta un rischio sanitario analogo a quello del PM_{10} . Tuttavia il sollevamento di polvere grossolana può provocare nelle aree limitrofe al sito di origine situazioni di molestia

Tabella 18 – Dati relativi al particolato sospeso PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

DATA	Venaria Reale Via Boccaccio	Venaria Reale Piazza Costituente	Borgaro
25/11/2008	52	60	62
26/11/2008	37	48	47
27/11/2008	66	69	66
28/11/2008	50	-	48
29/11/2008	41	35	42
30/11/2008	13	23	26
01/12/2008	13	-	14
02/12/2008	48	50	39
03/12/2008	54	59	50
04/12/2008	75	88	79
05/12/2008	57	62	62
06/12/2008	68	67	83
07/12/2008	53	56	60
08/12/2008	47	51	47
09/12/2008	81	76	63
10/12/2008	-	36	42
11/12/2008	50	52	48
12/12/2008	53	53	47
13/12/2008	26	22	25
14/12/2008	4	5	12
media	47	51	48
massimo	81	88	83
minimo	4	5	12
n° di superamenti livello giornaliero protezione della salute ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	9	11	7

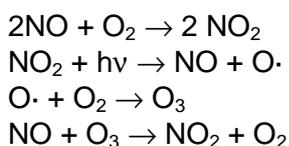
Figura 20 – Particolato sospeso PM₁₀: confronto tra siti di monitoraggio



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_x) e i composti organici volatili (VOC).

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 Venaria Reale i livelli di ozono sono sempre risultati inferiori a 70 µg/m³ (tabella 19 e figura 21), pertanto non si sono registrati superamenti del livello di protezione della salute (120 µg/m³ calcolata come massima media trascinata sulle 8 ore), né superamenti del livello d'informazione (pari a 180 µg/m³ come media oraria) né, tantomeno, del livello di allarme (pari a 240 µg/m³ per almeno tre ore consecutive).

I livelli più elevati (la massima media oraria è stata di 69 µg/m³) si sono registrati in corrispondenza dell'intenso episodio di föhn verificatosi tra 21 e 22 novembre; a quest'ultimo sono infatti associati valori elevati di temperatura e il massimo irraggiamento solare, compatibilmente con la stagione, entrambe condizioni favorevoli alla formazione di ozono, inoltre i venti di föhn sono in grado di determinare fenomeni di trasporto verso il suolo dell'ozono presente alle quote più elevate.

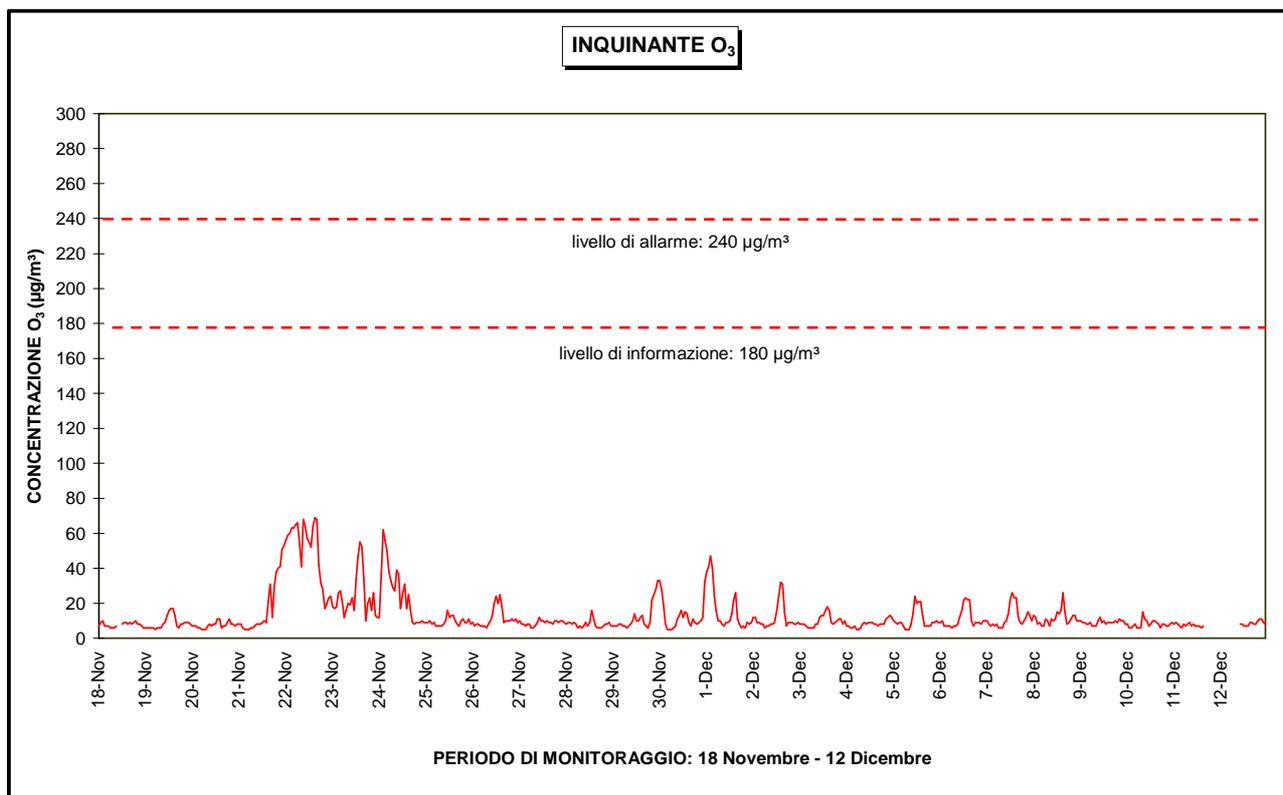
In generale è opportuno osservare che nella stagione fredda l'ozono non presenta quasi mai situazioni problematiche, visto il ridotto irraggiamento solare e le basse temperature. Per una completa valutazione di questo inquinante è quindi opportuno prevedere un periodo di monitoraggio nel corso della stagione calda.

Tabella 19 – Dati relativi all'ozono (O₃) (µg/m³)

Minima media giornaliera	7
Massima media giornaliera	50
Media delle medie giornaliere	14
Giorni validi	23
Percentuale giorni validi	85%
Media dei valori orari	13
Massima media oraria	69
Ore valide	601
Percentuale ore valide	93%

Minimo delle medie 8 ore	6
Media delle medie 8 ore	13
Massimo delle medie 8 ore	62
Percentuale medie 8 ore valide	92%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore(120)</u>	0
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 120)</u>	0
<u>Numero di superamenti livello informazione (180)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello informazione (180)</u>	0
<u>Numero di valori orari superiori al livello allarme (240)</u>	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (240 per almeno 3 ore consecutive)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un valore superiore al livello allarme (240)</u>	0

Figura 21 – O₃: andamento della concentrazione oraria e confronto con i limiti di legge



INFLUENZA DELLA DIREZIONE DEL VENTO SUI LIVELLI DEGLI INQUINANTI

In prossimità del sito di monitoraggio di V. Boccaccio è posto un asse viario ad elevato traffico veicolare rappresentato dalla Tangenziale di Torino, il punto di minima distanza è posto a circa 400 m in direzione sud-est (figure 1 e 2).

Allo scopo di determinarne l'influenza 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; i risultati ottenuti sono rappresentati in figura 22, relativamente a monossido di azoto e biossido di zolfo, due inquinanti primari, che 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 entrambi i parametri si osservano mediamente valori più elevati nel caso di venti con provenienza tra est (E) e ovest-sud-ovest (WSW), 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 alle direzioni SE e SSE, quelle rispetto alle quali si ha la minima distanza dalla Tangenziale (è opportuno notare che, vista la breve durata del monitoraggio, 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).

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 di alcuni inquinanti nel caso in cui il sito risulti sottovento rispetto alla Tangenziale (venti tra E e WSW) e quando risulta sopravvento alla stessa (venti tra W e ENE); tale elaborazione è mostrata in figura 23 per monossido di azoto e biossido di zolfo. Per entrambi gli inquinanti i livelli sono generalmente superiori nel caso di situazioni sottovento, con particolare evidenza per le fasce di maggior traffico veicolare, 8-10 e 18-20. Anche per questa elaborazione 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.

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; nel caso specifico occorrerebbe quindi verificare anche nella stagione calda l'influenza delle emissioni della tangenziale sul sito di Via Boccaccio.

Figura 22 – Concentrazioni di NO (sopra) e di SO₂ (sotto) in funzione della direzione di provenienza del vento nel corso della campagna di monitoraggio nel Comune di Venaria Reale

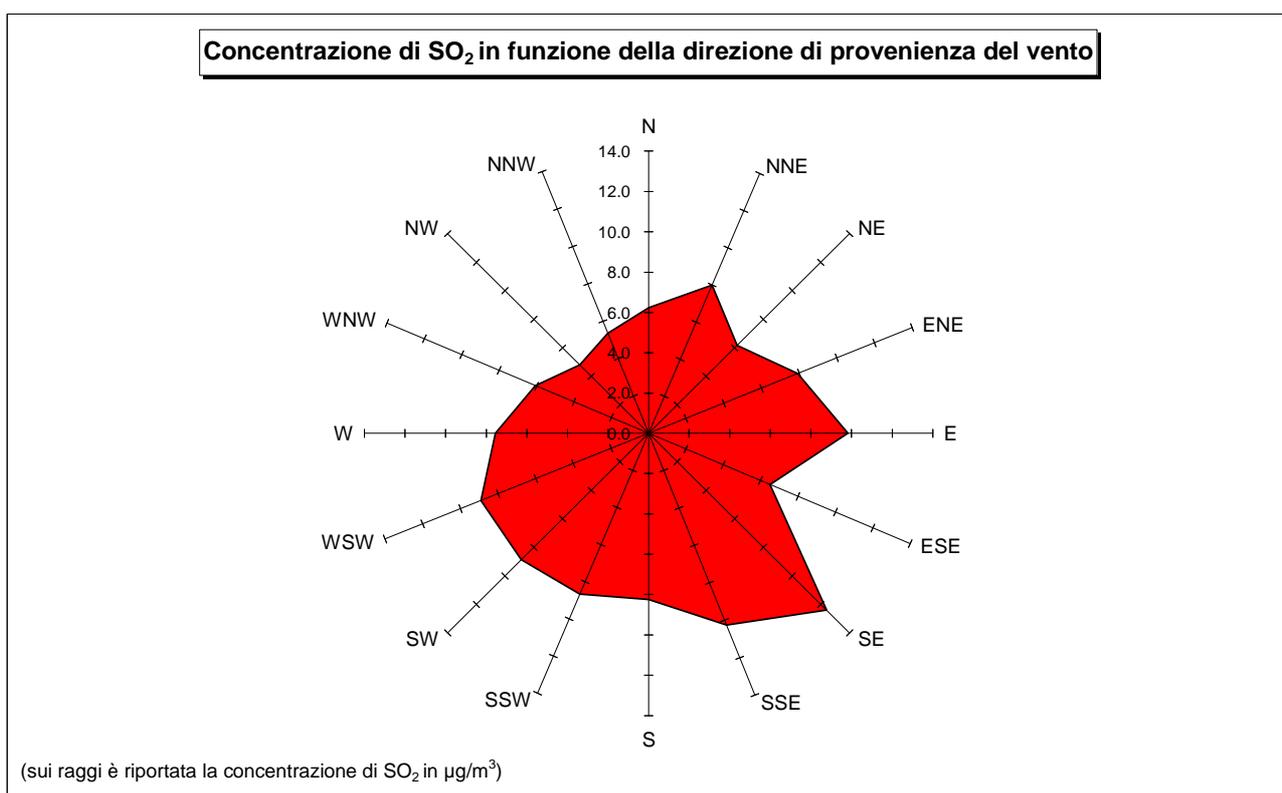
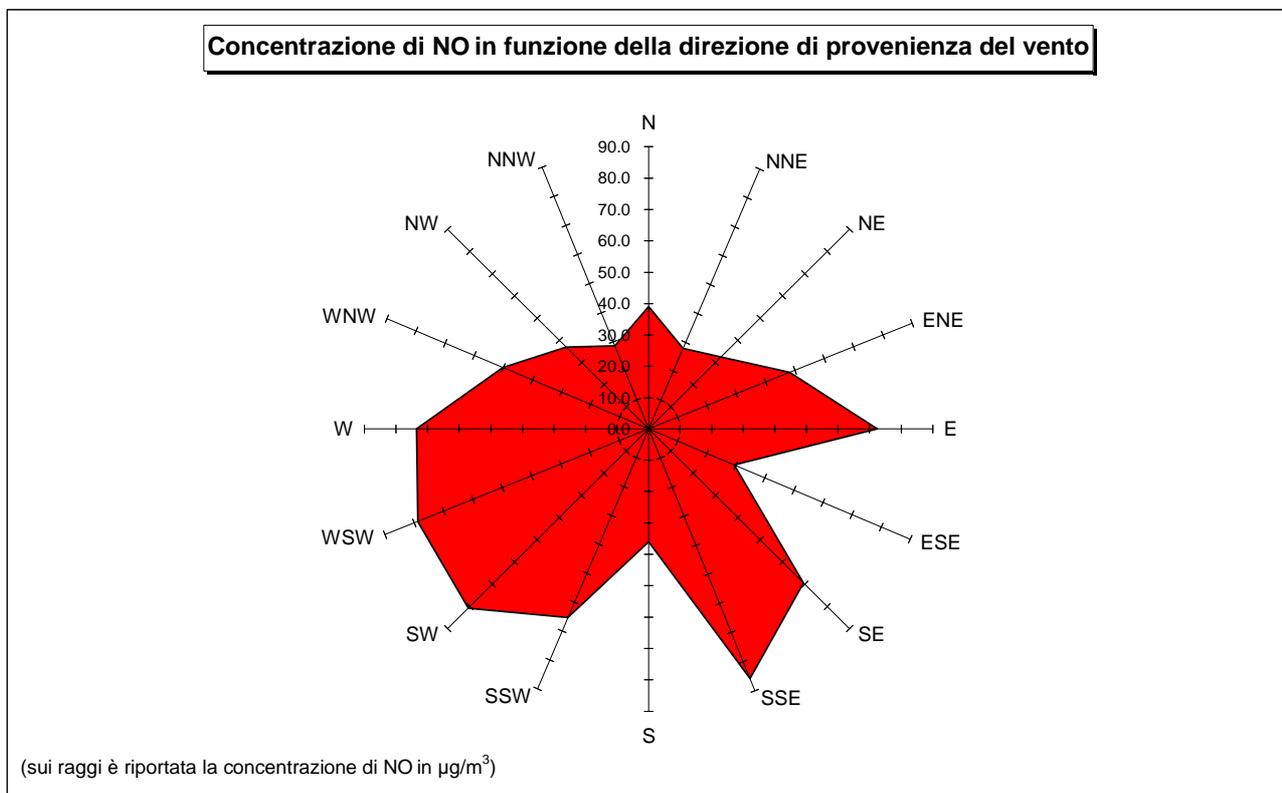
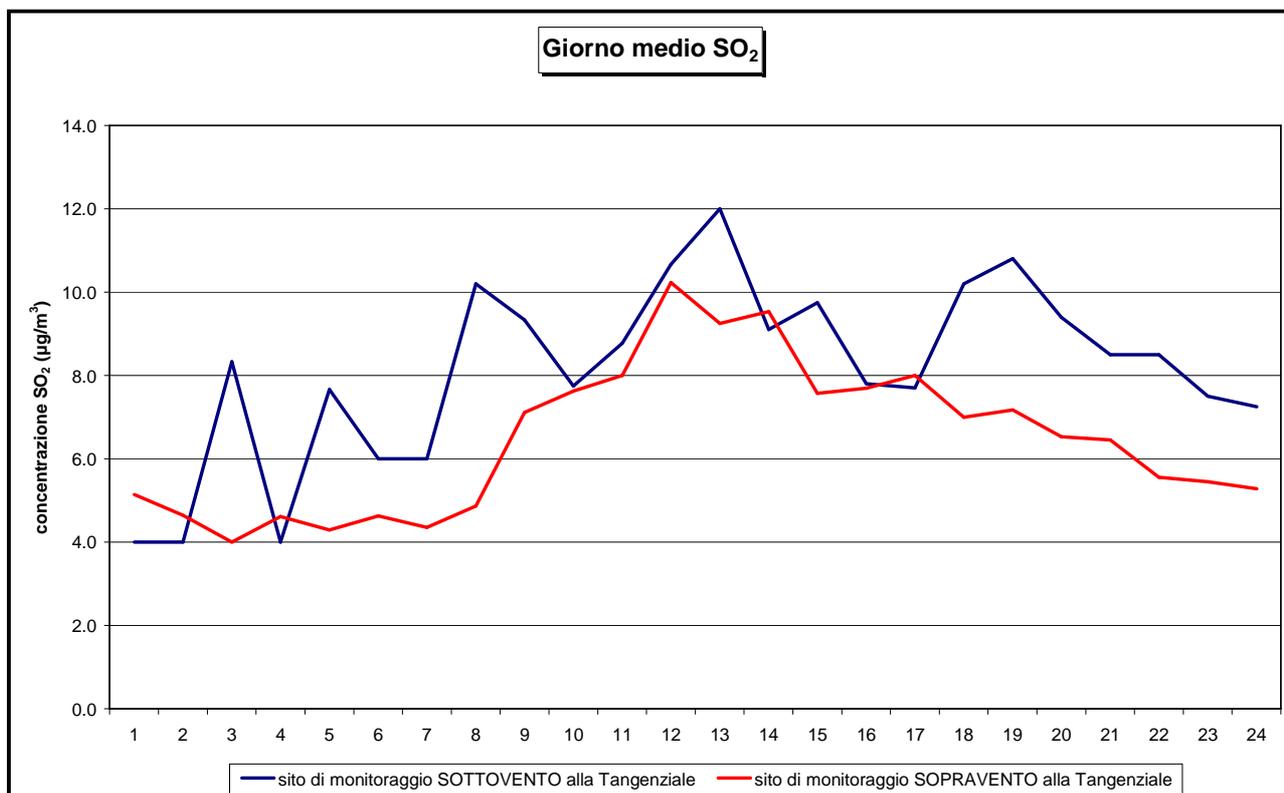
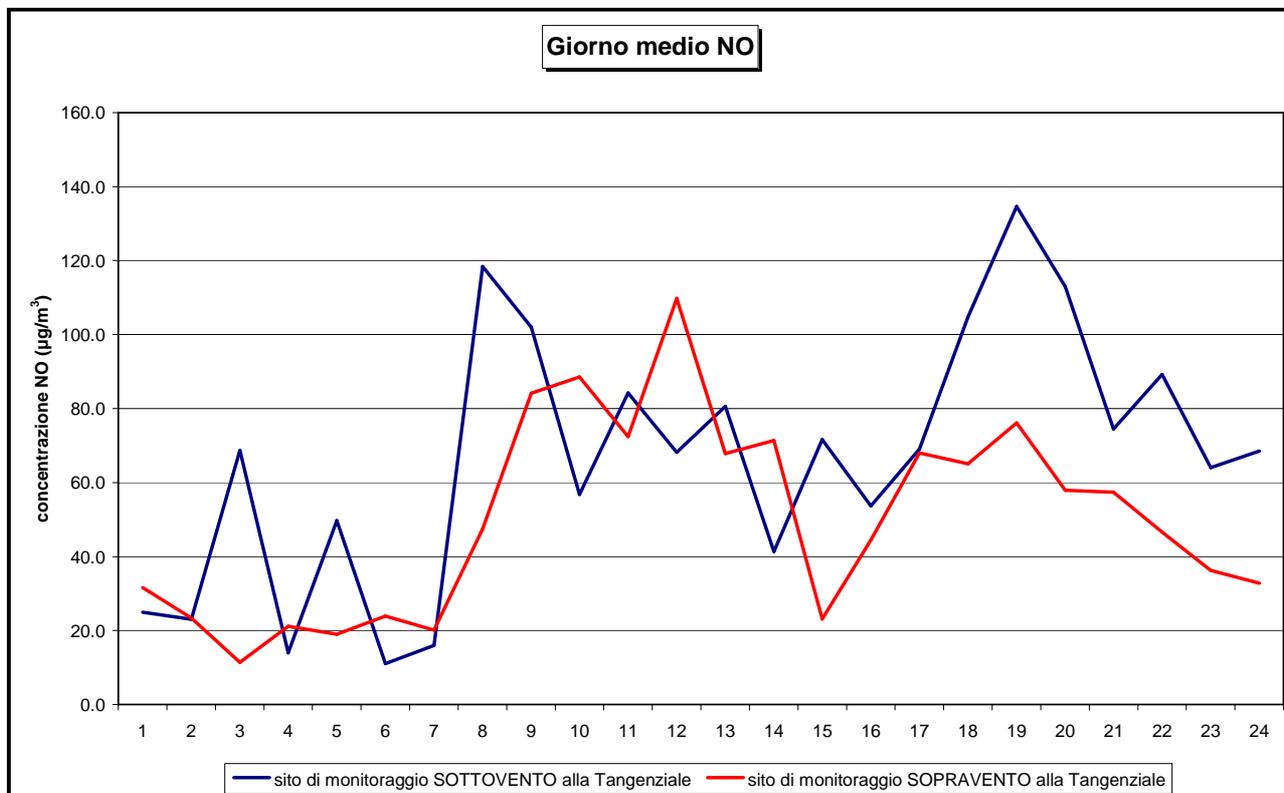


Figura 23 – Andamento del giorno medio di NO (sopra) e SO₂ (sotto) per condizioni del sito di monitoraggio sopravento e sottovento alla Tangenziale



CONCLUSIONI

Lo stato della qualità dell'aria emerso per il comune di Venaria Reale 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, l'ozono ed il benzene, ovvero tutti gli inquinanti per i quali è previsto, ad eccezione del particolato sospeso PM₁₀. Infatti nel caso di quest'ultimo su 26 giorni validi di misura si sono avuti 9 superamenti del valore limite giornaliero di 50 µg/m³; si noti tuttavia che la maggior parte di questi superamenti è relativa a un intervallo di valori relativamente limitato e compreso tra i 52 e i 65 µg/m³. Data la natura e le caratteristiche di questo inquinante e sulla base dei confronti effettuati con i dati delle stazioni di monitoraggio ubicate in Provincia di Torino, il miglioramento della qualità dell'aria potrà avvenire soprattutto mediante l'attuazione di adeguate politiche di risanamento a livello regionale e sovraregionale.

Nel loro insieme i dati presentati mostrano una situazione con ridotte criticità, 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). Un quadro così favorevole della qualità dell'aria ha la sua origine nell'elevata dinamicità atmosferica manifestatasi nel corso del periodo di monitoraggio, con episodi di vento forte e di precipitazioni prolungate; si conferma pertanto la notevole influenza dei meccanismi di diluizione e rimozione ad opera dei fenomeni meteorologici nel determinare i livelli degli inquinanti atmosferici.

La determinazione del particolato sospeso PM₁₀ condotta in parallelo in due siti del Comune di Venaria Reale (Via Boccaccio e Piazza Costituente) non ha evidenziato differenze significative nei livelli di questo inquinante, in particolare non è emerso un contributo alla concentrazione del PM₁₀ dovuto alle attività di lavorazione di materiale inerte ubicate presso il sito di Piazza Costituente. Tuttavia tali attività possono provocare la dispersione di particolato grossolano con granulometria maggiore di 10 µm (la cui misura non è prevista dalla normativa vigente in quanto non comporta un rischio sanitario analogo a quello del PM₁₀); tale particolato grossolano può provocare situazioni di molestia nelle aree limitrofe all'area di emissione.

Infine la campagna di monitoraggio condotta ha permesso di evidenziare come per il sito di Via Boccaccio 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 ovest-sud-ovest; si osserva che durante il periodo di monitoraggio tali direzioni di provenienza hanno avuto una frequenza abbastanza limitata, rappresentando nel complesso circa il 25% degli accadimenti.

Sulla base dei risultati della campagna oggetto della presente relazione si propone:

- di ripetere con le stesse modalità la campagna di monitoraggio nel corso della prossima stagione fredda, dopo che sia stata completata la ricollocazione delle attività di lavorazione del materiale inerte;
- di effettuare una seconda campagna di monitoraggio nel sito di Via Boccaccio, mediante il laboratorio mobile, nel corso della primavera-estate 2009, allo scopo di avere un quadro più completo dell'influenza della Tangenziale in presenza di un regime di venti proprio della stagione calda.

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 SO₂ 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_x.

 - ✓ 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 O₃ 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 vetro EDEROL di diametro 47 mm.

- **Stazione meteorologica** **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/m³
 - ✓ Campo di misura toluene: 0 ÷ 766 µg/m³
 - ✓ Campo di misura xileni : 0 ÷ 442 µg/m³