

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI TORINO
Struttura Semplice "Attività di Produzione"

OGGETTO:

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

RELAZIONE PRIMA CAMPAGNA (12 dicembre 2012 – 14 gennaio 2013)



Redazione	Funzione: Collaboratore Tecn. Professionale Nome: Dott.ssa Annalisa Bruno	Data: 7.10.2013	Firma: 
Verifica e approvazione	Funzione: Dirigente con incarico professionale presso la S.S. di Produzione Nome: Dott. Francesco Lollobrigida	Data: 7.10.2013	Firma: 



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 Piossasco per la collaborazione prestata.

INDICE

CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO	5
L'ARIA E I SUOI INQUINANTI.....	6
IL LABORATORIO MOBILE	8
IL QUADRO NORMATIVO	8
LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO.....	11
Obiettivi della campagna di monitoraggio	12
Elaborazione dei dati meteorologici	15
Elaborazione dei dati relativi agli inquinanti atmosferici.....	21
Biossido di zolfo	22
Monossido di Carbonio	25
Ossidi di Azoto	28
Benzene e Toluene.....	32
Particolato Sospeso (PM ₁₀)	35
Ozono	39
CONCLUSIONI	42
APPENDICE - SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI	43

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/m³) al microgrammo per metro cubo (µg/m³).

Le principali sorgenti di inquinanti sono:

- emissioni veicolari;
- emissioni industriali;
- combustione da impianti termoelettrici;
- combustione da riscaldamento domestico;
- smaltimento rifiuti (inceneritori e discariche).

Le emissioni indicate generano innumerevoli sostanze che si disperdono nell'atmosfera. Si possono dividere tali sostanze in due grandi gruppi: al primo appartengono gli inquinanti emessi direttamente da sorgenti specifiche (inquinanti primari), al secondo gruppo quelli che si producono a causa dell'interazione di due o più inquinanti primari per reazione con i normali costituenti dell'atmosfera, con o senza fotoattivazione (inquinanti secondari).

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

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

Per una descrizione completa dei singoli inquinanti, dei danni causati e dei metodi di misura si rimanda alla pubblicazione "Uno sguardo all'aria - Relazione annuale 2011", elaborata congiuntamente dalla Provincia di Torino e da Arpa Piemonte, e disponibile presso ARPA Piemonte e Provincia di Torino.

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

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

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 PM₁₀, la cui concentrazione è determinata in laboratorio per via gravimetrica.

IL QUADRO NORMATIVO

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

La normativa quadro è rappresentata dal D.Lgs. 155/2010 che ha abrogato e sostituito le normative precedenti senza però modificare i valori numerici dei limiti di riferimento degli inquinanti già normati, i limiti di legge possono essere classificati in tre tipologie:

- **valore limite annuale** per gli inquinanti biossido di zolfo (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.

Il recente **D.Lgs 155/2010** ha inoltre inserito nuovi indicatori relativi al PM_{2.5} e in particolare :

- un **valore limite, espresso come media annuale**, pari 25 µg/m³ da raggiungere entro il 1 gennaio 2015;
- un **valore obiettivo, espresso come media annuale**, pari 20 µg/m³ da raggiungere entro il 1 gennaio 2020.

La nuova normativa prevede inoltre per il PM_{2.5} 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. 155/2010). Questi due ultimi indicatori esulano quindi dall'ambito della presente relazione.

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

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

Tabella 2 – Valori limite per alcuni inquinanti atmosferici.

INQUINANTE	LIMITE	PERIODO DI MEDIAZIONE	VALORE DI RIFERIMENTO	SUPERAMENTI CONCESSI	DATA PER IL RISPETTO DEL LIMITE
BIOSSIDO DI ZOLFO (SO 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 3 – Valori limite per ozono e benzo(a)pirene.

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

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

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

Gli inquinanti che presentavano dei superamenti erano ozono nel periodo estivo e PM₁₀ in entrambe le campagne di misura.

Per il periodo 2012-2013 Arpa Piemonte si è impegnata ad organizzare due campagne di monitoraggio con il laboratorio mobile della qualità dell'aria in momenti diversi dell'anno, in modo da acquisire informazioni ambientali in differenti condizioni meteo climatiche. Nello specifico, la prima campagna è stata programmata nel periodo invernale (dicembre 2012 - gennaio 2013), mentre la seconda si è svolta d'estate.

Il 06 novembre 2012 è stato effettuato un sopralluogo nel territorio comunale per la scelta del sito di monitoraggio. Si è deciso, come già richiesto dall'amministrazione comunale, di considerare idoneo al posizionamento della stazione mobile il sito già utilizzato per le campagne di monitoraggio precedenti, le cui caratteristiche geografiche vengono di seguito riassunte:

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

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

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

Il monitoraggio della prima campagna è stato condotto dal 12 dicembre 2012 al 14 gennaio 2013, quando il mezzo è stato spento e spostato in altro sito. Si noti che per ragioni tecniche le elaborazioni effettuate hanno preso in considerazione solo i giorni di campionamento completi; nello specifico i dati utili per l'effettuazione delle elaborazioni vanno dal 13 dicembre 2012 al 13 gennaio 2013.

Per una corretta interpretazione dei dati va sottolineato che le concentrazioni di inquinanti atmosferici rilevate dal laboratorio mobile in uno specifico sito sono riferire ai contributi dell'insieme delle fonti presenti, nonché all'eventuale trasporto da altre aree, in particolare per quanto riguarda inquinanti a carattere parzialmente o totalmente secondario, come biossido di azoto, PM₁₀ e ozono.

Si ricorda, inoltre, che i dati acquisiti nel corso delle singole campagne condotte con i Laboratori Mobili non permettono di effettuare una trattazione formale in termini statistici, come previsto dalla normativa per la qualità dell'aria, ma forniscono un quadro, seppure limitato temporalmente, della situazione di inquinamento atmosferico relativa ai siti in esame.

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

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

Al termine delle due campagne previste, tenuto conto della disponibilità effettiva di dati validi, potranno essere effettuate valutazioni più generali della qualità dell'aria del sito esaminato.

Figura 1 - Ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Piossasco (punto evidenziato in fucsia).

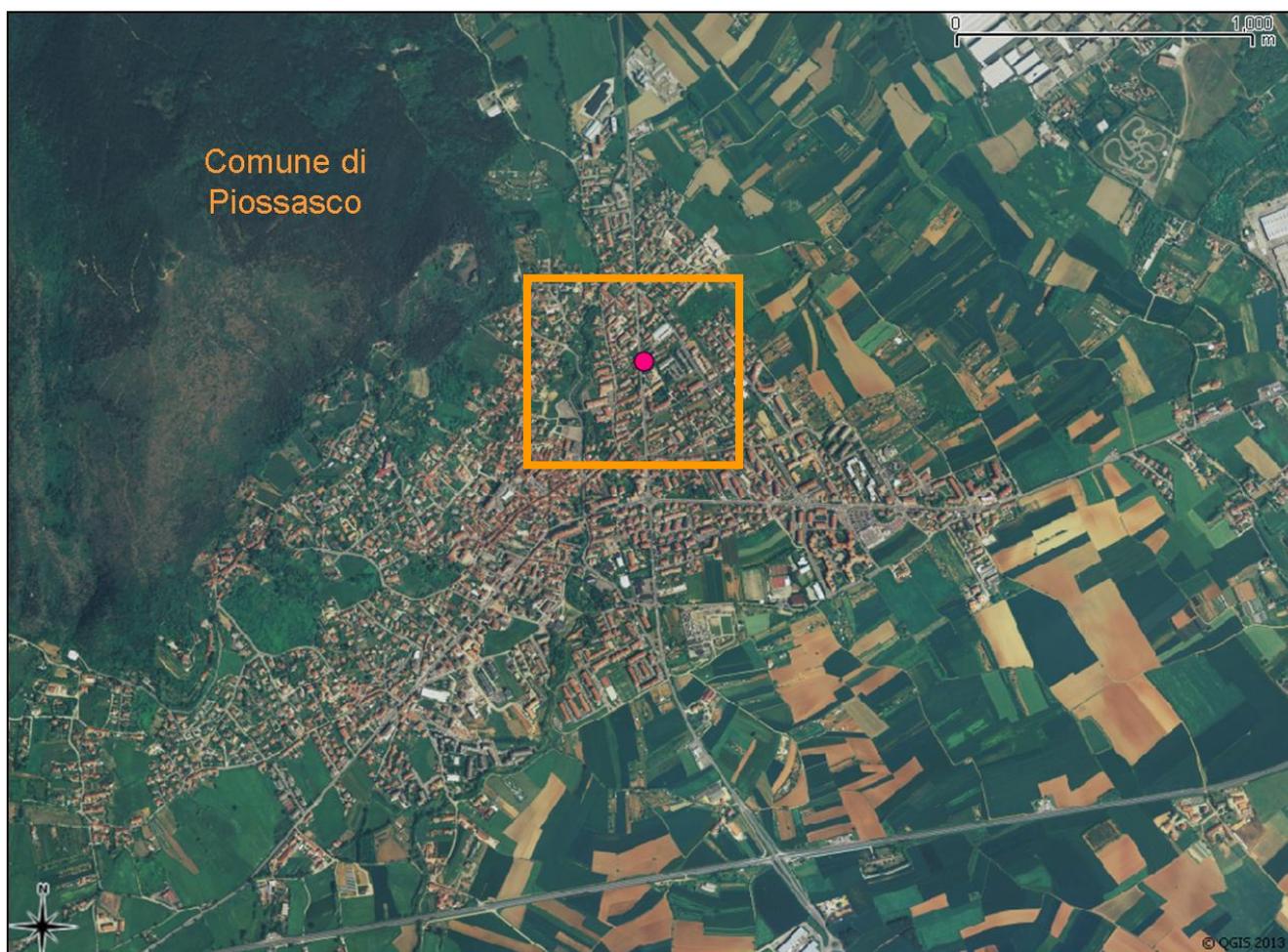


Figura 2 - Ubicazione del Laboratorio Mobile a Piossasco – dettaglio del sito (punto fucsia).



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



ELABORAZIONE DEI DATI METEOROLOGICI

Nelle pagine successive vengono presentate le elaborazioni statistiche e grafiche relative ai dati meteoroclimatici registrati durante il periodo di monitoraggio invernale. In particolare è presente una tabella riassuntiva (**Tabella 5**) che evidenzia i valori minimi, massimi e medi delle medie orarie, oltre alla percentuale dei dati validi per ogni variabile meteorologica. Per ognuno dei parametri determinati si riporta quindi un diagramma che ne illustra l'andamento orario.

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

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

Tabella 5 – Dati relativi ai parametri meteorologici

PIOSSASCO I campagna 13/12/12 – 13/01/13	RADIAZIONE SOLARE GLOBALE	TEMPERATURA	UMIDITA' RELATIVA	PRESSIONE ATMOSFERICA	VELOCITA' VENTO
	W/m ²	°C	%	mbar	m/s
Minima media giornaliera	3.0	-1.1	46.4	975.0	0.20
Massima media giornaliera	88.0	8.6	99.0	998.7	1.62
Media delle medie giornaliere	47.7	2.6	81.7	984.8	0.58
Giorni validi	32	32	32	32	27
Percentuale giorni validi	100%	100%	100%	100%	84%
Media dei valori orari	47.7	2.6	81.7	984.8	0.57
Massima media oraria	461.0	16.6	99.0	1000.0	5.60
Ore valide	768	768	768	768	679
Percentuale ore valide	100%	100%	100%	100%	88%

La **Figura 4** mostra l'andamento della radiazione solare globale (R.S.G.) nel corso della prima campagna di monitoraggio invernale. La durata e l'intensità dell'irraggiamento sono quelli tipici del periodo considerato, con valori massimi intorno ai 400 W/m² nelle ore centrali della giornata. Sono presenti alcune giornate con valori molto bassi di irraggiamento luminoso (14, 17, 24-25 dicembre 2012 e 8-9 gennaio 2013), in corrispondenza di giorni di pioggia o comunque caratterizzati da elevata copertura nuvolosa.

La temperatura media durante la campagna invernale (**Figura 5**) è stata di 2.6 °C, valore molto basso, ma in linea con le temperature registrate dalle altre stazioni della rete di monitoraggio nello stesso periodo: la temperatura media di Avigliana è di 2.5 °C, quella di Rivoli 3.1 °C. La temperatura minima giornaliera si è progressivamente alzata durante il periodo analizzato, infatti il valore minimo, - 4.1 °C, è stato registrato durante le ore notturne del primo giorno di campionamento, il 13 dicembre 2012. Anche le temperature massime giornaliere sono aumentate nel mese di gennaio con la sola eccezione degli ultimi giorni di campionamento, particolarmente freddi.

L'umidità relativa in condizioni di stabilità atmosferica presenta in genere un andamento inversamente proporzionale a quello della temperatura, con massimi concentrati nelle ore notturne e minimi nelle ore più calde della giornata (**Figura 5**). Durante la prima campagna di misura tale tendenza viene abbastanza rispettata, ad eccezione dei giorni di pioggia, caratterizzati da alte percentuali di umidità in corrispondenza delle ore di massima precipitazione - 17-18 e 25-28 dicembre 2012 e 10-11 gennaio 2013.

Il campo pressorio durante la prima campagna invernale si è attestato tra i 975 ed i 1000 mbar circa (**Figura 6**).

Durante la campagna di misura invernale ci sono state nove giornate caratterizzate da precipitazioni. Il pluviometro installato sul tetto del laboratorio mobile non permette di distinguere tra precipitazioni piovose e a carattere nevoso. Analizzando i dati della temperatura, tuttavia, si può affermare che le precipitazioni del 14 e 15 dicembre 2012 sono state probabilmente di tipo nevoso, mentre quelle dei giorni 25-28 dicembre 2012 e 10-11 gennaio 2013 sono state più verosimilmente a carattere piovoso. Complessivamente nel periodo sono caduti 3.6 mm di pioggia/neve, valore molto basso ma in linea con il periodo analizzato, normalmente il più secco dell'anno.

Velocità e direzione del vento danno in generale una chiara indicazione della dinamicità atmosferica del territorio indagato. I dati di velocità del vento registrati nel comune di Piosasco risultano mediamente bassi, ad indicare un limitato dinamismo meteorologico. Le percentuali di calme di vento (identificate convenzionalmente da una media oraria della velocità del vento inferiore a 0.5 m/s) sono state, infatti, molto elevate: il 43.5% di giorno e il 56% di notte. La velocità media del vento del periodo si è così assestata sui 0.6 m/s, valore di poco superiore al limite della calma di vento. Ci sono stati solo due giornate particolarmente ventose: il 18 e il 28 dicembre 2012, quando la velocità del vento ha raggiunto rispettivamente i 4.2 e 5.6 m/s, valori caratteristici di un regime di brezza tesa. (**Figura 7**).

Per quanto riguarda le condizioni meteorologiche il territorio indagato è caratterizzato da un regime anemologico con ciclo giornaliero diurno/notturno. Il luogo risente delle brezze di valle e di monte delle vicine vallate alpine. Di giorno viene richiamata l'aria dal fondovalle verso i monti – brezza di valle. Di notte l'aria a contatto con la terra si raffredda e scivola verso la valle lungo il fianco delle montagne - brezza di monte. La condizione di vento di valle è fondamentale per la pulizia dell'aria della valle perché permette un rimescolamento rapido con le masse d'aria presenti in quota, atte a disperdere gli inquinanti.

Le elaborazioni relative alla direzione dei venti del comune di Piosasco (**Figura 8** e **Figura 9**) evidenziano questo quadro anemologico molto bene. Durante il giorno il vento proviene da una sola direzione: sud; di notte si evidenzia la direzione di provenienza opposta: il vento proviene prevalentemente da nord, con una piccola percentuale di provenienza da sud - si tratta con ogni probabilità dello stesso vento diurno che spira anche nelle prime ore della sera o al mattino molto presto. Le percentuali di accadimento del vento sono simili nei due momenti diversi della giornata (**Figura 8**). Il vento quindi si muove nella stessa direzione dell'asse viario indagato, con la stessa intensità di notte e di giorno, cambia solo la direzione: dal centro verso la periferia di giorno, nel

senso inverso di notte. Come si evince dai grafici con i termini giorno e notte si individuano intervalli orari convenzionali della giornata, che variano durante l'anno in funzione della durata del giorno, in questo caso 10-16 per il giorno e 17-9 per la notte.

La direzione di provenienza dei venti principali durante la campagna invernale conferma quanto già emerso dalla campagna di monitoraggio effettuata da Arpa Piemonte nel periodo 2007-2008 nello stesso punto di misura.

La **Figura 10** riassume le direzioni di provenienza dei venti diurni e notturni nell'abitato di Piossasco. La freccia arancione rappresenta la direzione di provenienza del vento durante il giorno, il vento spira da sud verso nord; le frecce blu esemplificano le due direzioni di provenienza del vento registrate di notte, la freccia più grande rappresenta il vento prevalente che spira da nord verso sud, la freccia blu più piccola identifica invece il residuo di vento diurno che soffia ancora in alcune ore della notte.

Figura 4 - Andamento della radiazione solare globale nel corso della campagna di monitoraggio.

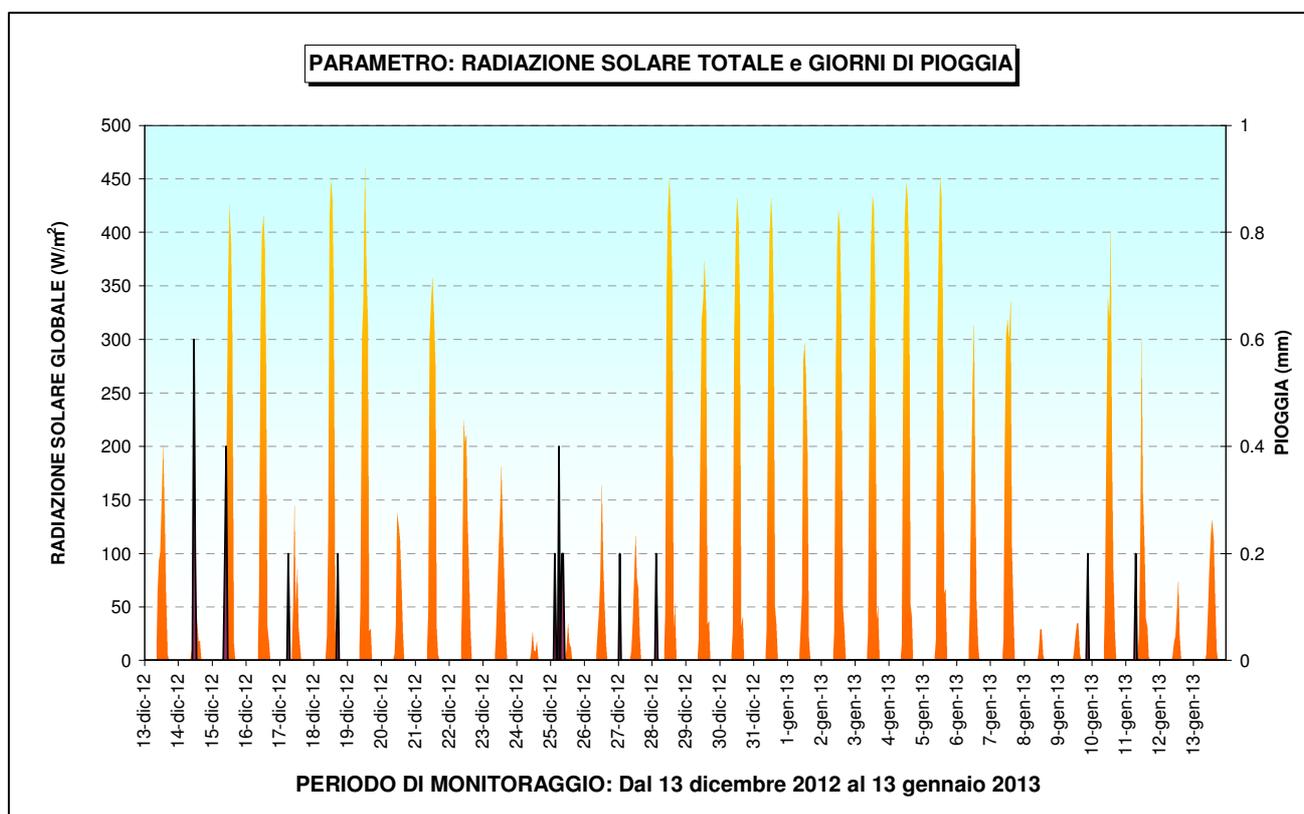


Figura 5 - Andamento di temperatura e umidità relativa durante la campagna di monitoraggio.

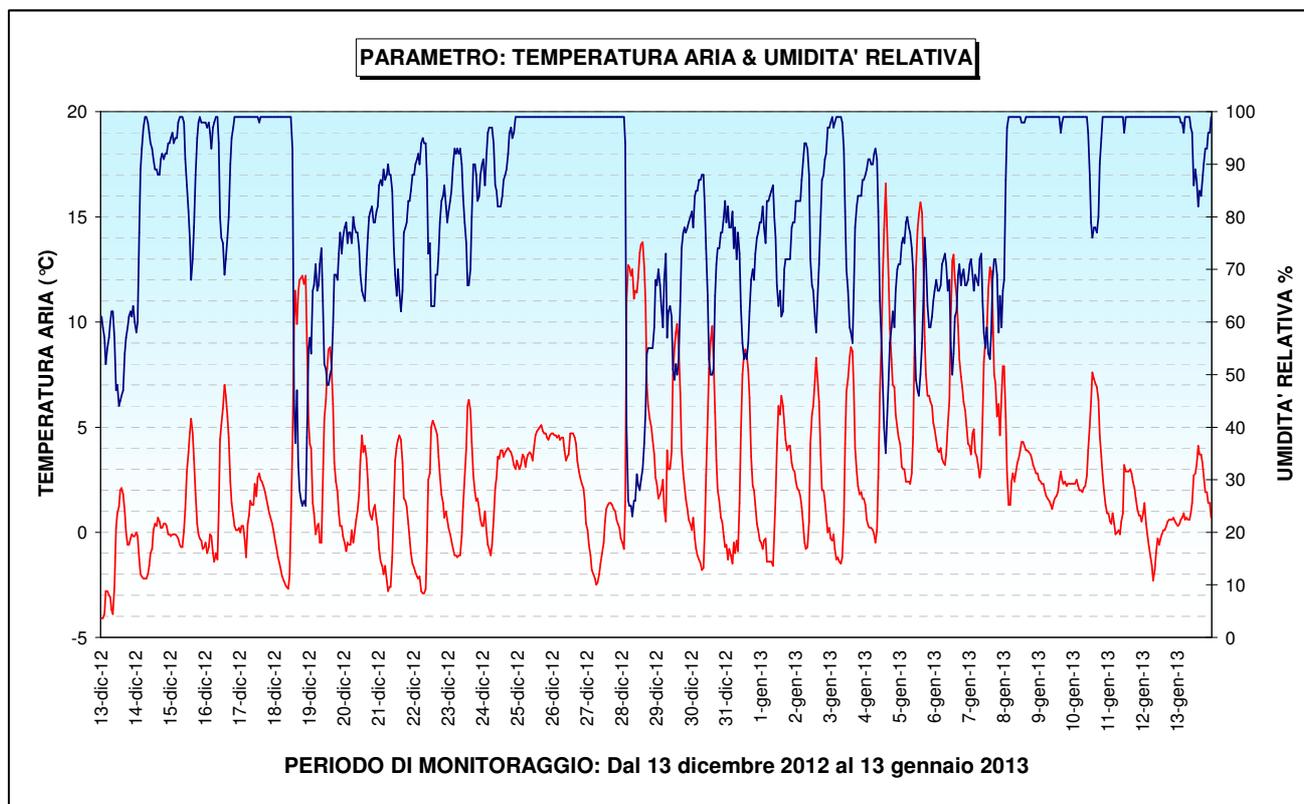


Figura 6 - Andamento della pressione atmosferica nel corso della campagna di monitoraggio.

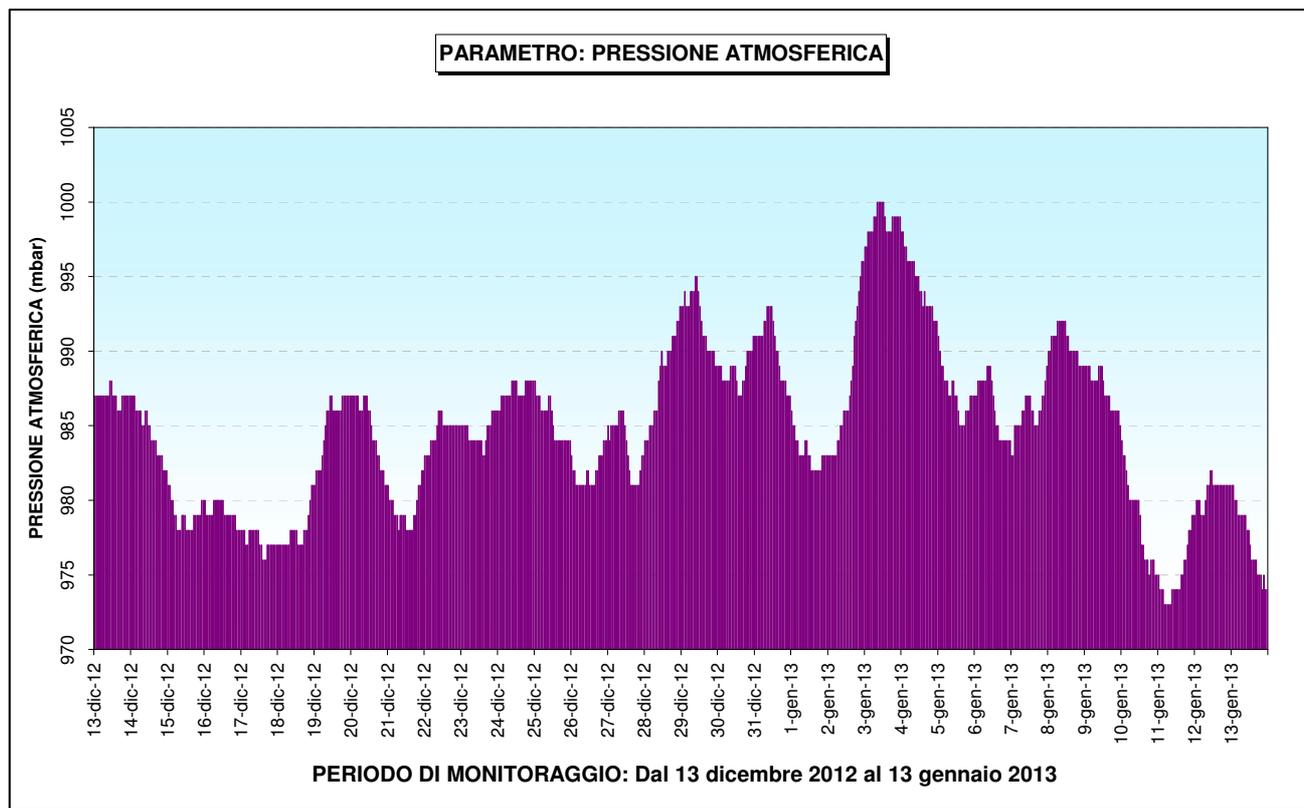


Figura 7 - Andamento della velocità dei venti nel corso della campagna di monitoraggio.

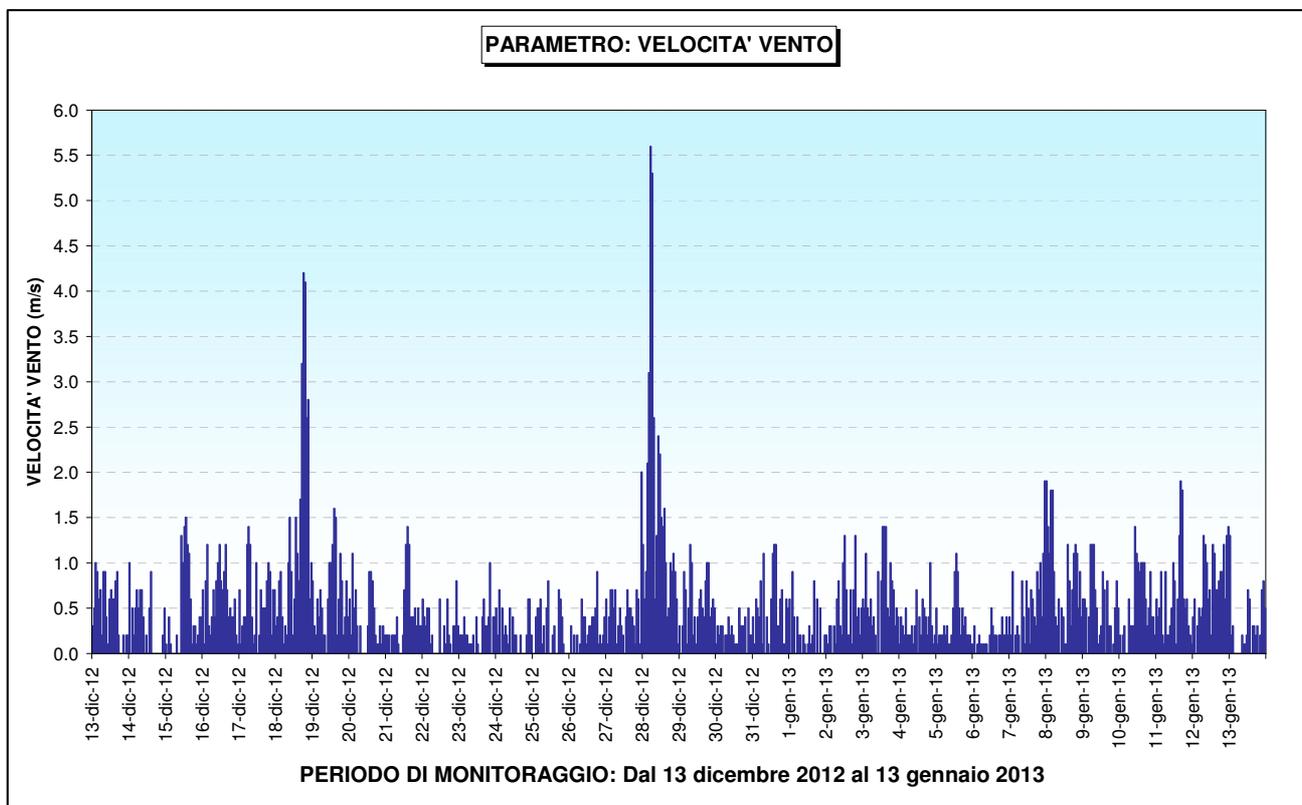


Figura 8 - Rosa dei venti totale nel corso della campagna di monitoraggio.

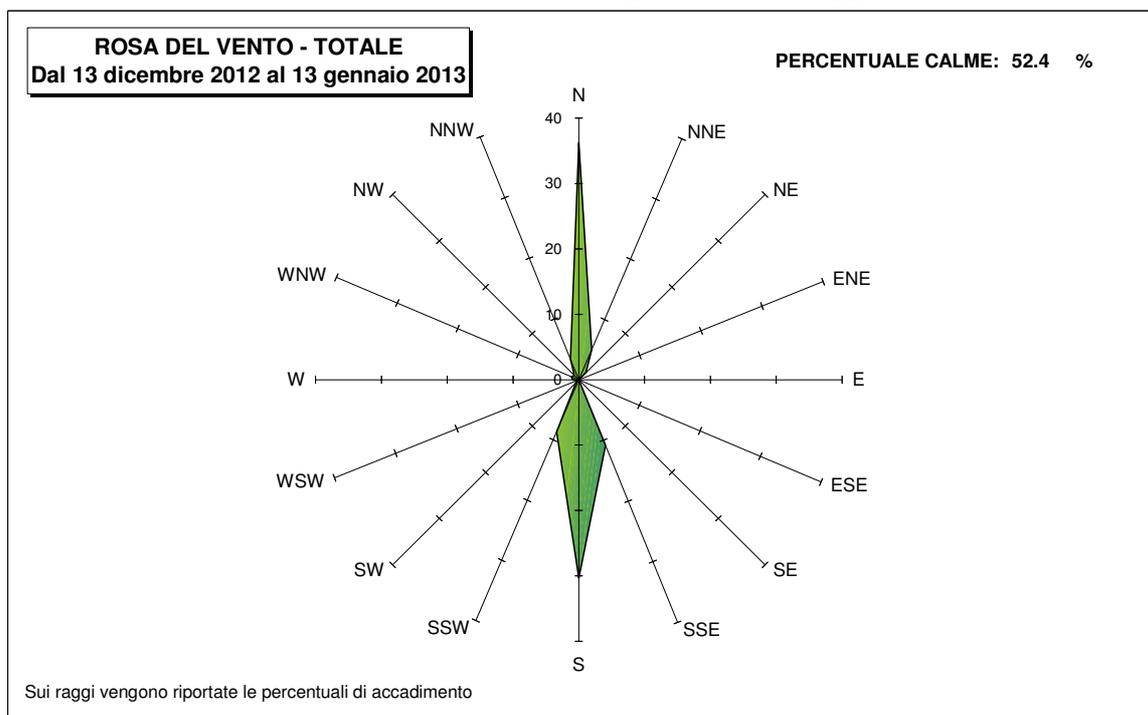


Figura 9 - Rosa dei venti diurna e notturna nel corso della campagna di monitoraggio.

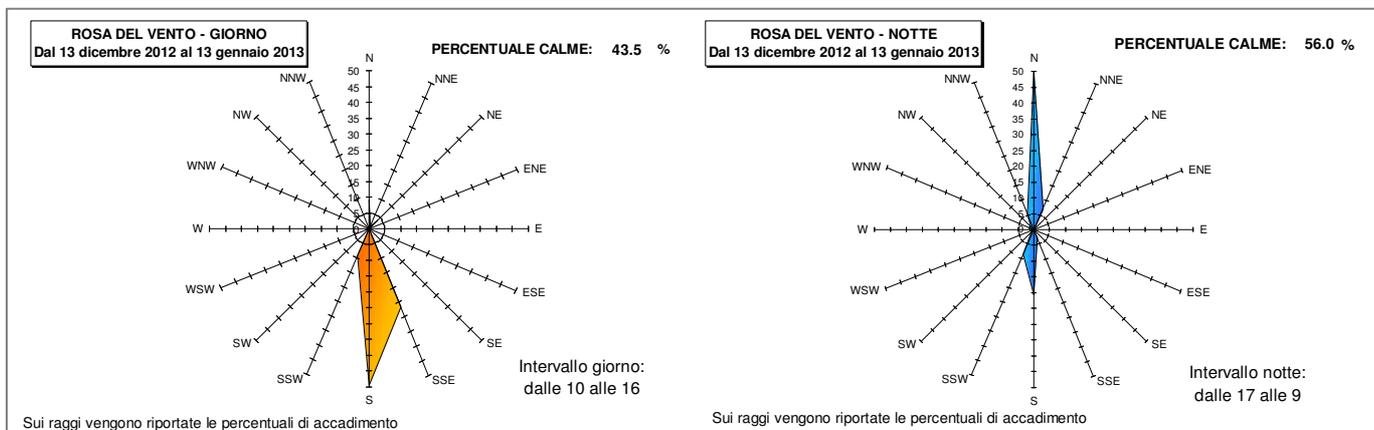
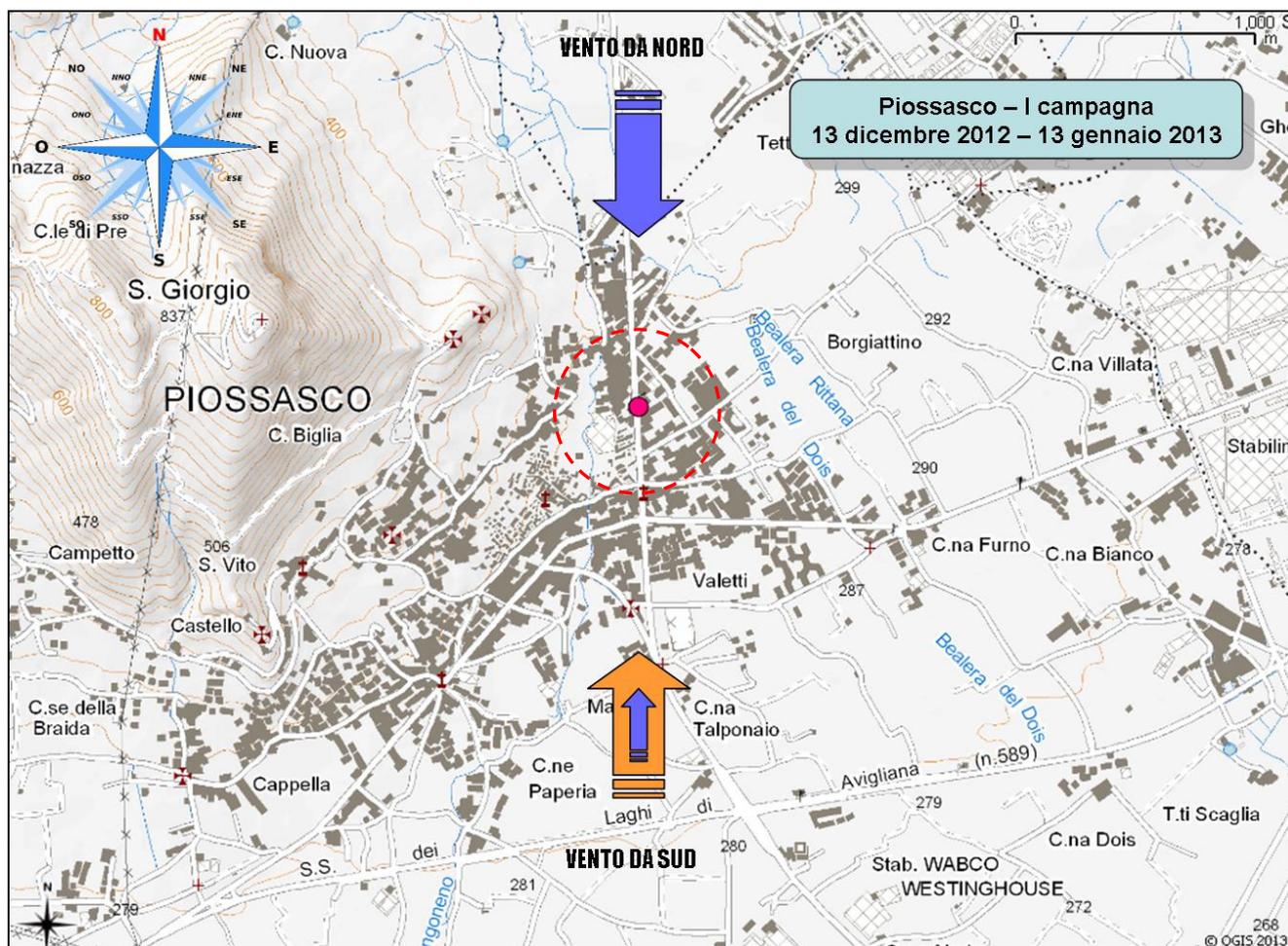


Figura 10 – Piossasco I campagna - Direzione prevalente dei venti nelle ore diurne (freccia arancione) e notturne (freccie blu). – Prima campagna.



ELABORAZIONE DEI DATI RELATIVI AGLI INQUINANTI ATMOSFERICI

Nelle pagine seguenti sono riportate le elaborazioni statistiche delle concentrazioni registrate dagli analizzatori strumentali nel periodo di campionamento e gli eventuali superamenti dei limiti di legge degli inquinanti.

Si riportano di seguito i parametri misurati e le loro formule chimiche, utilizzate come abbreviazioni:

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

Copia di tutti i dati acquisiti è conservata su supporto informatico presso il Dipartimento di Torino (Attività Istituzionali di Produzione) e in rete sul sito "Aria Web" della Regione Piemonte all'indirizzo: <http://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 un'elaborazione grafica che permette di visualizzare, in un **diagramma concentrazione-tempo**, l'andamento registrato durante il periodo di monitoraggio. La scala adottata per l'asse delle ordinate permette di evidenziare, laddove esistenti, i superamenti dei limiti. Nel caso in cui i valori assunti dai parametri risultino nettamente inferiori ai limiti di legge, l'espansione dell'asse delle ordinate rende meno chiaro l'andamento orario delle concentrazioni. L'elaborazione oraria dettagliata è comunque disponibile presso lo scrivente servizio e può essere inviata su richiesta specifica.

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

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

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 fossili (ad esempio gasolio, olio combustibile e carbone) nei quali lo zolfo è presente come impurità. Una ridotta percentuale di biossido di zolfo nell'aria (6÷7%) proviene dal traffico veicolare, in particolare da veicoli a motore diesel.

La concentrazione di biossido di zolfo presenta una variazione stagionale molto evidente: a causa del riscaldamento domestico, infatti, i valori massimi si raggiungono durante la stagione invernale. Fino a pochi anni fa, il biossido di zolfo era considerato uno degli inquinanti atmosferici più problematici, per via delle elevate concentrazioni rilevate nell'aria e degli effetti negativi sull'uomo e sull'ambiente. Negli ultimi anni, tuttavia, da quando la normativa ha imposto la limitazione del contenuto di zolfo nei combustibili, si osserva la progressiva diminuzione di questo inquinante le cui concentrazioni sono scese ben al di sotto dei limiti di legge.

Tabella 6 - Dati relativi al biossido di zolfo (SO₂) (µg/m³).

Biossido di zolfo	Inverno
Minima media giornaliera	1.7
Massima media giornaliera	12
Media delle medie giornaliere (b):	8.9
Giorni validi	33
Percentuale giorni validi	97%
Media dei valori orari	8.94
Massima media oraria	16
Ore valide	789
Percentuale ore valide	97%
<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

Durante la prima campagna di misura i livelli orari e giornalieri del biossido di zolfo misurato nel Comune di Piossasco con il laboratorio mobile, sono ampiamente al di sotto dei limiti normativi (**Tabella 6 e Figura 11**).

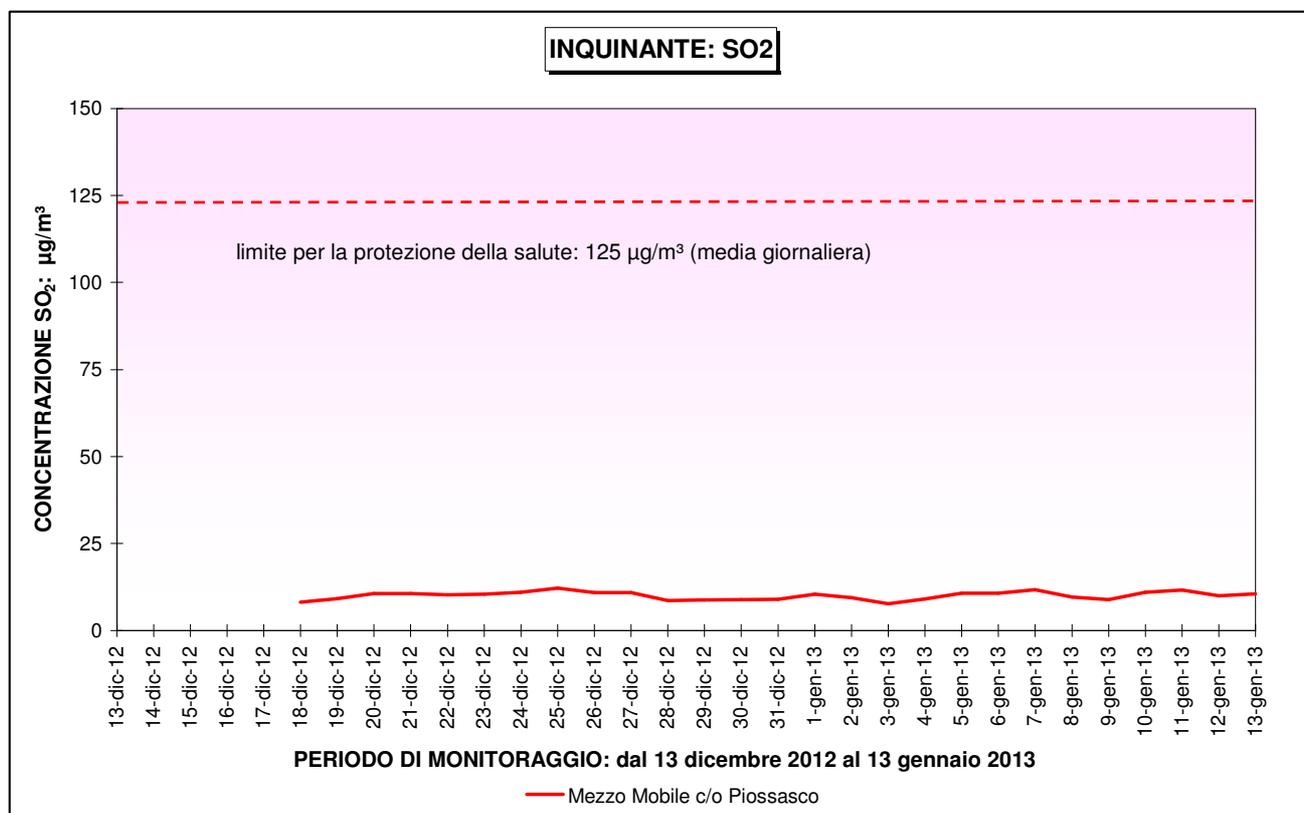
Nel periodo invernale il massimo valore giornaliero (calcolato come media giornaliera sulle 24 ore), è pari a 12 µg/m³, di molto inferiore al limite per la protezione della salute di 125 µg/m³; la massima media oraria è pari a 16 µg/m³, valore pari a poco più del 4% del limite del livello orario per la protezione della salute fissato a 350 µg/m³ dal D.Lgs. 155/2010.

Nella **Figura 12** sono stati messi a confronto gli andamenti di SO₂ della stazione mobile posizionata a Piossasco con i dati di una stazione di traffico urbano della rete fissa di monitoraggio: Torino - Via della Consolata.

L'andamento di SO₂ del laboratorio mobile risulta per tutto il periodo leggermente superiore a quello della stazione scelta come riferimento, situata nel centro di Torino. Tuttavia l'aspetto grafico non deve ingannare. Ci troviamo, infatti, in un intervallo di dati molto bassi, per loro natura affetti da una elevata incertezza strumentale, per cui si può affermare che i valori di SO₂ delle due stazioni messe a confronto sono del tutto comparabili.

In generale questo parametro non mostra più alcuna criticità, poiché le azioni a livello nazionale per la riduzione della percentuale di zolfo nei combustibili e l'utilizzo del metano per gli impianti di riscaldamento hanno dato i risultati attesi e le concentrazioni di SO₂ oramai da diversi anni sono ampiamente al di sotto dei limiti normativi.

Figura 11 - SO₂: confronto con il limite di legge (media giornaliera).



Monossido di Carbonio

È un gas inodore ed incolore che viene generato durante la combustione di materiali organici quando la quantità di ossigeno a disposizione è insufficiente. Si tratta dell'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera e infatti, a differenza degli altri inquinanti, in questo caso l'unità di misura con la quale si esprimono le concentrazioni è il milligrammo al metro cubo (mg/m^3).

Il traffico veicolare rappresenta la principale sorgente di CO, in particolare i gas di scarico dei veicoli a benzina. Le maggiori concentrazioni di CO in emissione si producono quando il motore del veicolo funziona al minimo, o si trova in decelerazione, ecco perché i valori più elevati si raggiungono in zone caratterizzate da intenso traffico rallentato.

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

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

Tabella 7 – Dati relativi al monossido di carbonio (CO) (mg/m^3).

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

I valori di monossido di carbonio registrati durante il monitoraggio nel Comune di Piossasco confermano quanto osservato su scala regionale in merito al rispetto dei limiti normativi. Il D.Lgs. 155/2010 prevede un limite di 10 mg/m^3 , calcolato come media su otto ore consecutive: tale limite è ampiamente rispettato dal sito in esame nella prima campagna di misura in cui il valore massimo su otto ore è di 1.1 mg/m^3 (**Tabella 7** e **Figura 13**). Nella **Figura 14** e nella **Figura 15** è riportato il confronto con le stazioni fisse della rete regionale di monitoraggio di Oulx e Torino-Consolata, due stazioni residenziali di traffico rispettivamente suburbano e urbano. Dai grafici si nota che i valori di CO registrati dal Laboratorio Mobile a Piossasco sono comparabili con l'andamento della stazione di traffico suburbano e nettamente inferiori (come atteso) a quelli della stazione torinese di traffico urbano. Rispetto alla campagna invernale del 2008 la concentrazione di monossido di carbonio è diminuita sia nei valori medi sia nei valori massimi.

Figura 13 - CO: confronto con il limite di legge (media trascinata sulle 8 ore).

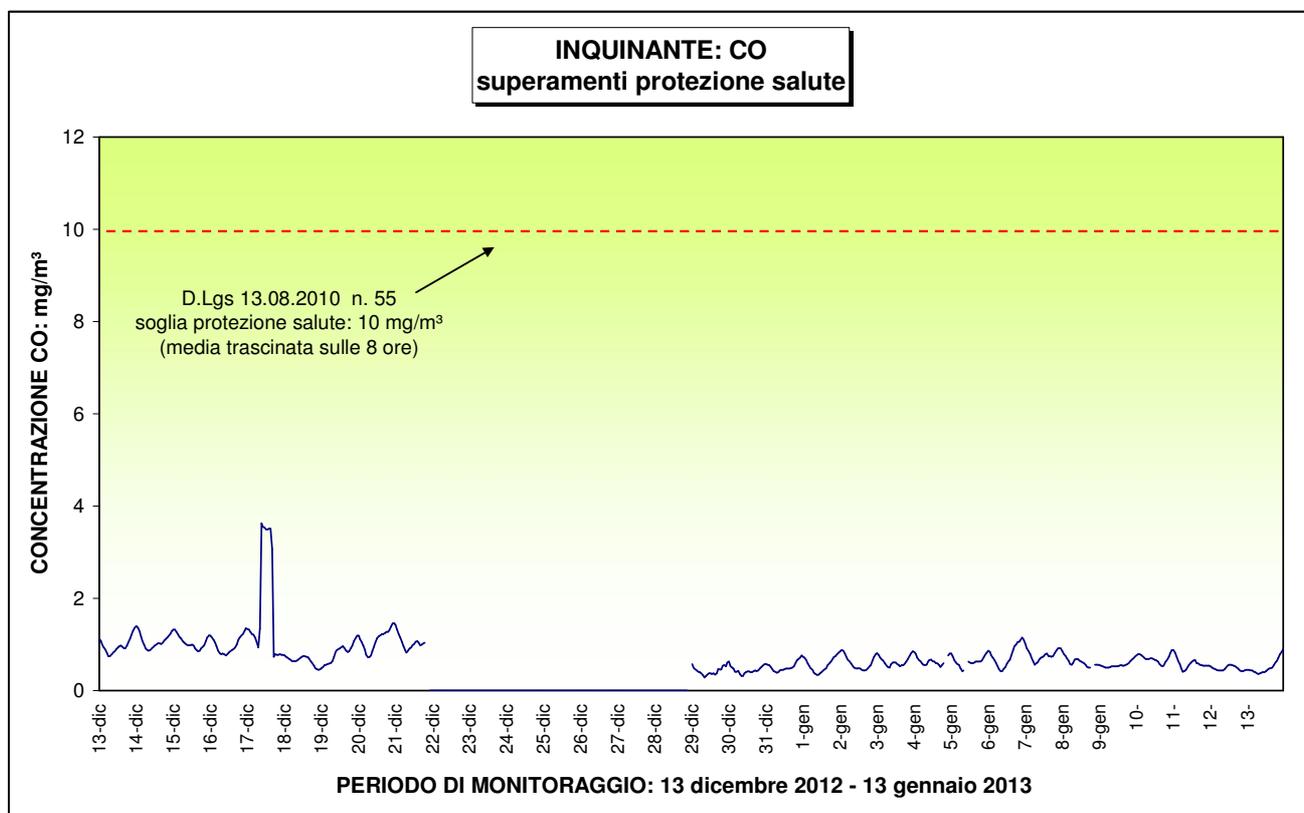


Figura 14 – CO: andamento della concentrazione oraria nel corso della campagna di monitoraggio e confronto con le stazioni fisse di Oulx e Torino Consolata.

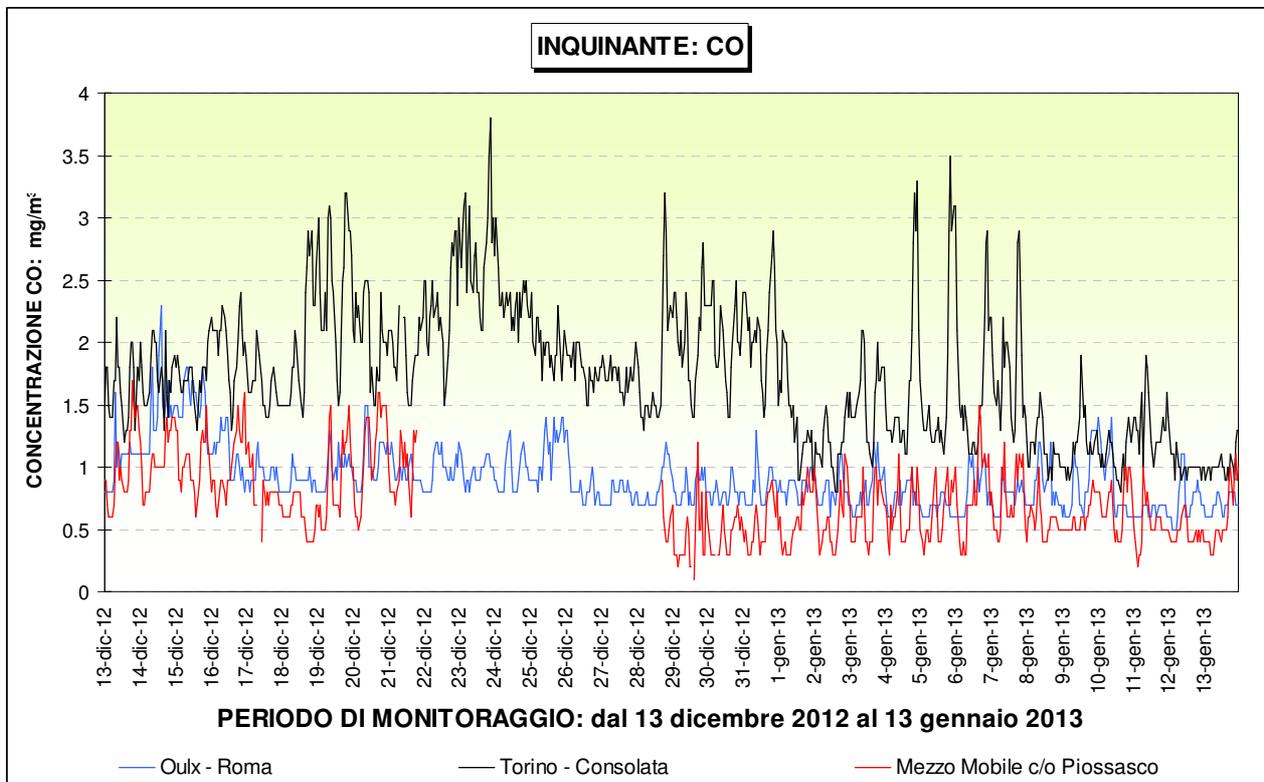
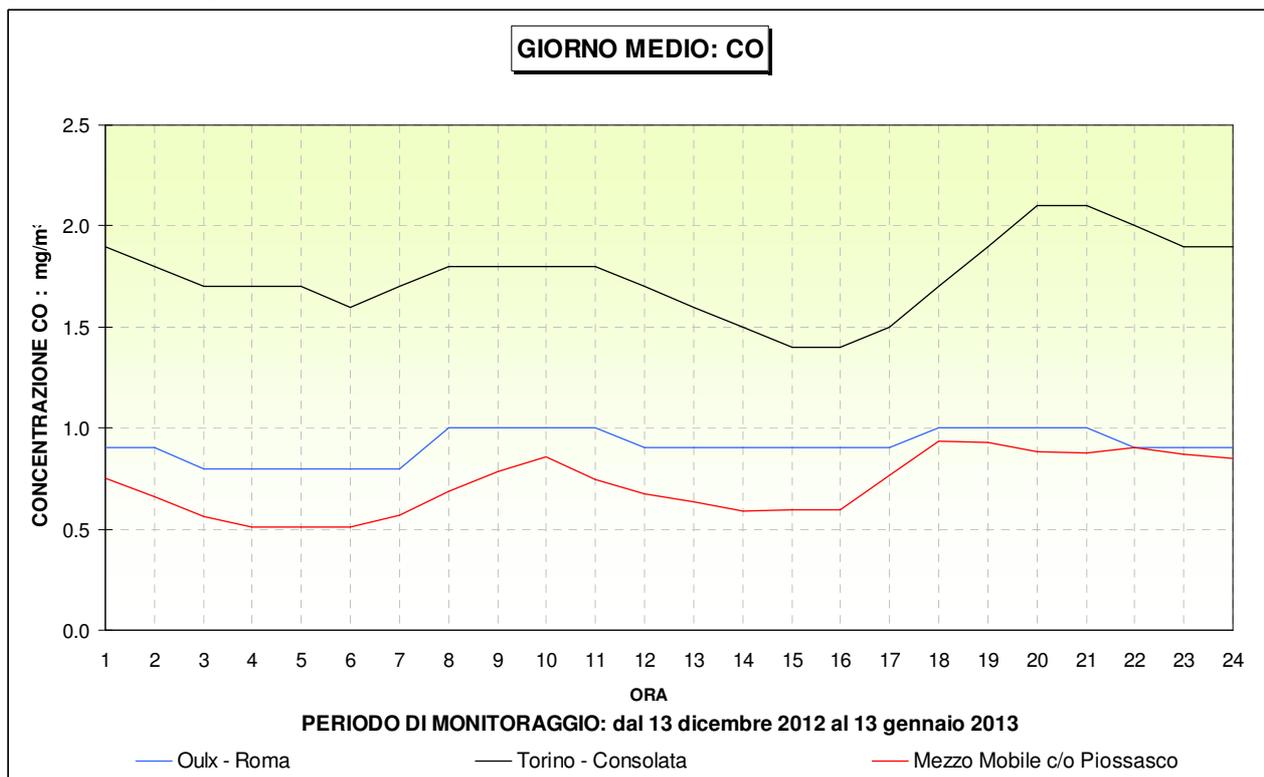


Figura 15 – CO: giorno medio confronto con alcune stazioni della rete fissa.



Ossidi di Azoto

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

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

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

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

Nel corso della prima campagna di monitoraggio nel Comune di Piossasco il livello di ossido di azoto (**Figura 16** e **Figura 17**) risulta in linea con i valori registrati nello stesso periodo nella stazione di Orbassano, geograficamente più prossima al sito in esame; mentre risulta inferiore ai dati della stazione di misura di traffico urbano di Torino Consolata. La massima media oraria è pari a 270 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, e il valore medio dell'intera campagna è di 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (**Tabella 8**).

Il grafico del giorno medio mostra inoltre che tutte le stazioni di misura, con l'eccezione della stazione di fondo situata all'interno del parco della Mandria, presentano massimi nelle stesse ore del mattino e della sera, a dimostrazione del fatto che in assenza di altri processi combustivi in atto, la fonte principale di NO è il traffico veicolare.

Figura 16 – NO: andamento della concentrazione oraria e confronto con altre stazioni di misura.

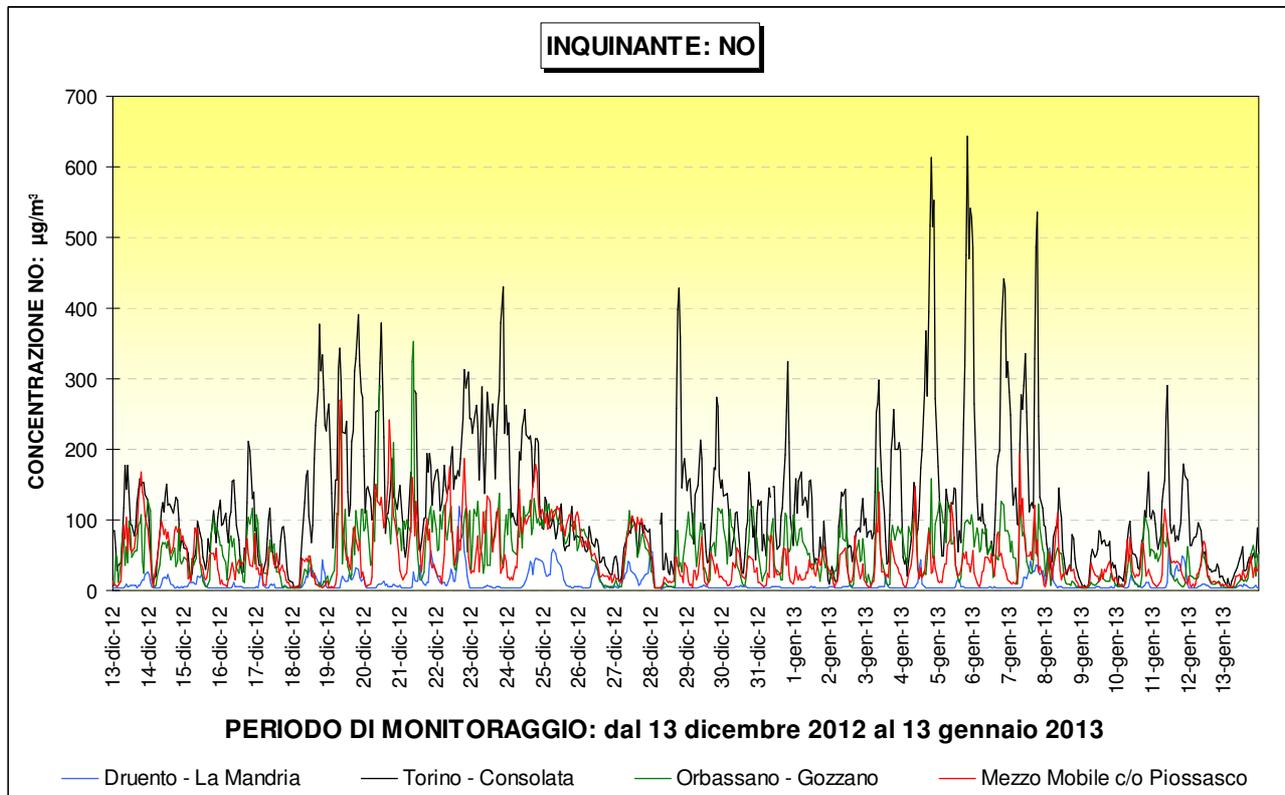
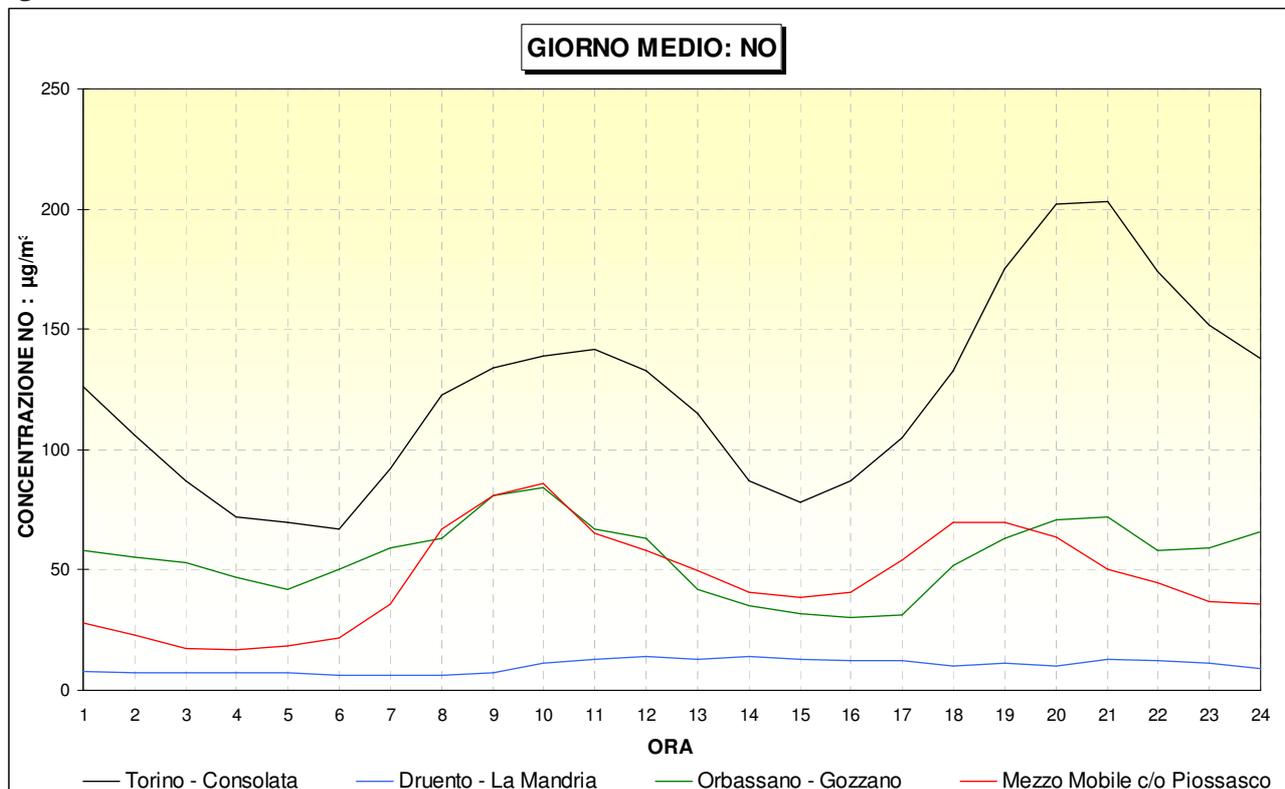


Figura 17 – NO: andamento della concentrazione oraria e confronto con altre stazioni di misura.



Il **biossido di azoto** (NO_2) è da ritenersi fra gli inquinanti atmosferici più pericolosi sia perché è per sua natura irritante, sia perché, in presenza di forte irraggiamento solare, entra a far parte del ciclo di una serie di reazioni fotochimiche secondarie che portano alla formazione di sostanze inquinanti complessivamente indicate con il termine di “smog fotochimico”.

La formazione di NO_2 è piuttosto complessa, in quanto si tratta di un inquinante di origine mista, in parte derivante direttamente dai fenomeni di combustione e in parte prodotto indirettamente dall'ossidazione in atmosfera del monossido di azoto (NO).

Tabella 9 – Dati relativi al biossido di azoto (NO_2) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Biossido di azoto	Inverno
Minima media giornaliera	36
Massima media giornaliera	93
Media delle medie giornaliere (b):	54
Giorni validi	34
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	54
Massima media oraria	133
Ore valide	809
Percentuale ore valide	99%
<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

Durante la campagna invernale di monitoraggio non si è avuto alcun superamento del limite orario di $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (la normativa prevede che non venga superato più di 18 volte in un anno). Il livello medio orario di NO_2 misurato a Piossasco nel periodo indagato è pari a $54 \mu\text{g}/\text{m}^3$. L'andamento del biossido di azoto è molto simile a quello della stazione di Orbassano, una stazione di fondo suburbano situata a circa 6-7 chilometri dalla posizione del mezzo mobile. Come per la maggior parte delle stazioni suburbane della provincia di Torino, i valori di NO_2 registrati a Piossasco sono rispettivamente inferiori e superiori ai dati delle stazioni di Torino via della Consolata e Druento – La mandria, una stazione di fondo rurale all'interno del Parco Regionale della Mandria (**Tabella 9** e **Figura 18**).

Osservando il grafico di **Figura 19**, che riporta il giorno medio (calcolato con le modalità indicate a pag. 21), si nota che l'andamento del NO_2 nella campagna invernale è caratterizzato per tutte le stazioni da una leggera campana che coinvolge diverse ore del mattino e da un picco serale, sempre più alto di quello mattutino.

La normativa (D.Lgs 155 del 13/08/2010) prevede oltre al limite orario, il rispetto di un valore limite annuale per la protezione della salute umana di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. la durata complessiva del monitoraggio nel comune di Piossasco non permette in termini formali un confronto diretto con tale limite, ma con la conclusione della seconda campagna di misura sarà comunque possibile stimare un valore di concentrazione annuale di NO_2 tramite l'utilizzo di una semplice formula matematica.

Figura 18 – NO₂: confronto con i limiti di legge e con i dati di altre stazioni di monitoraggio.

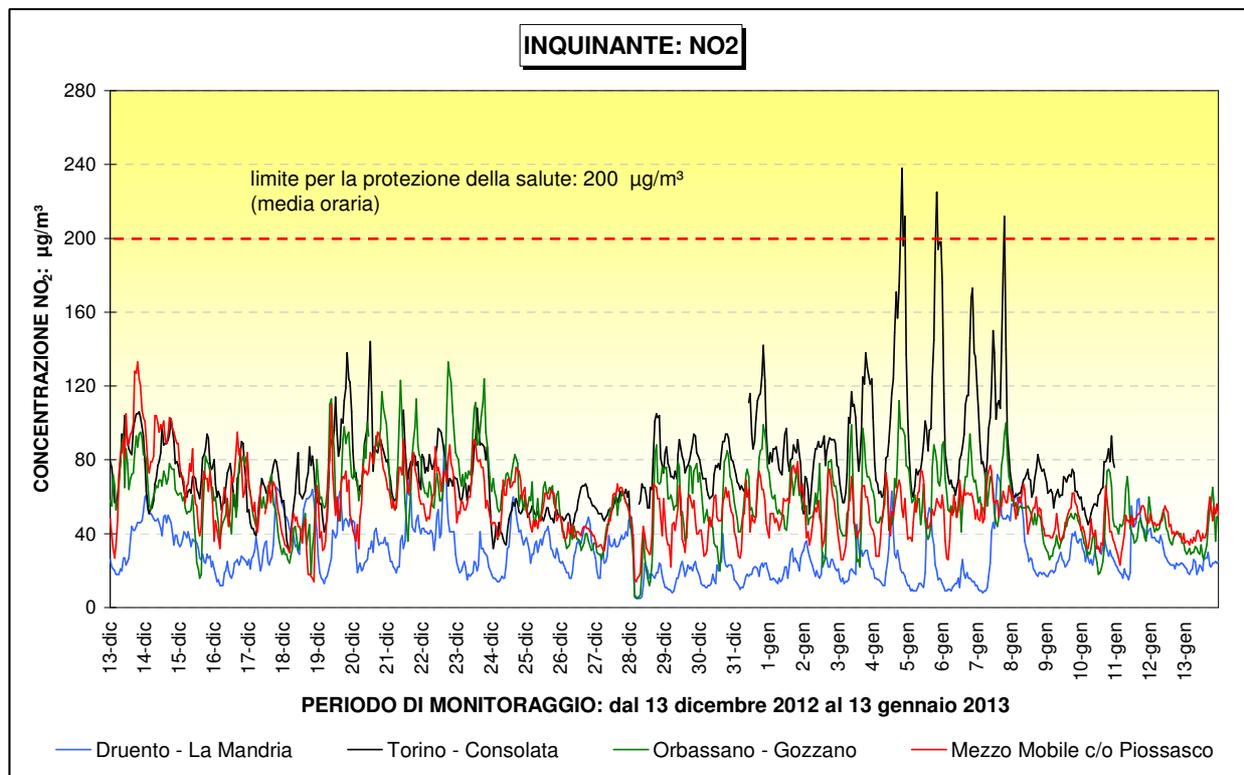
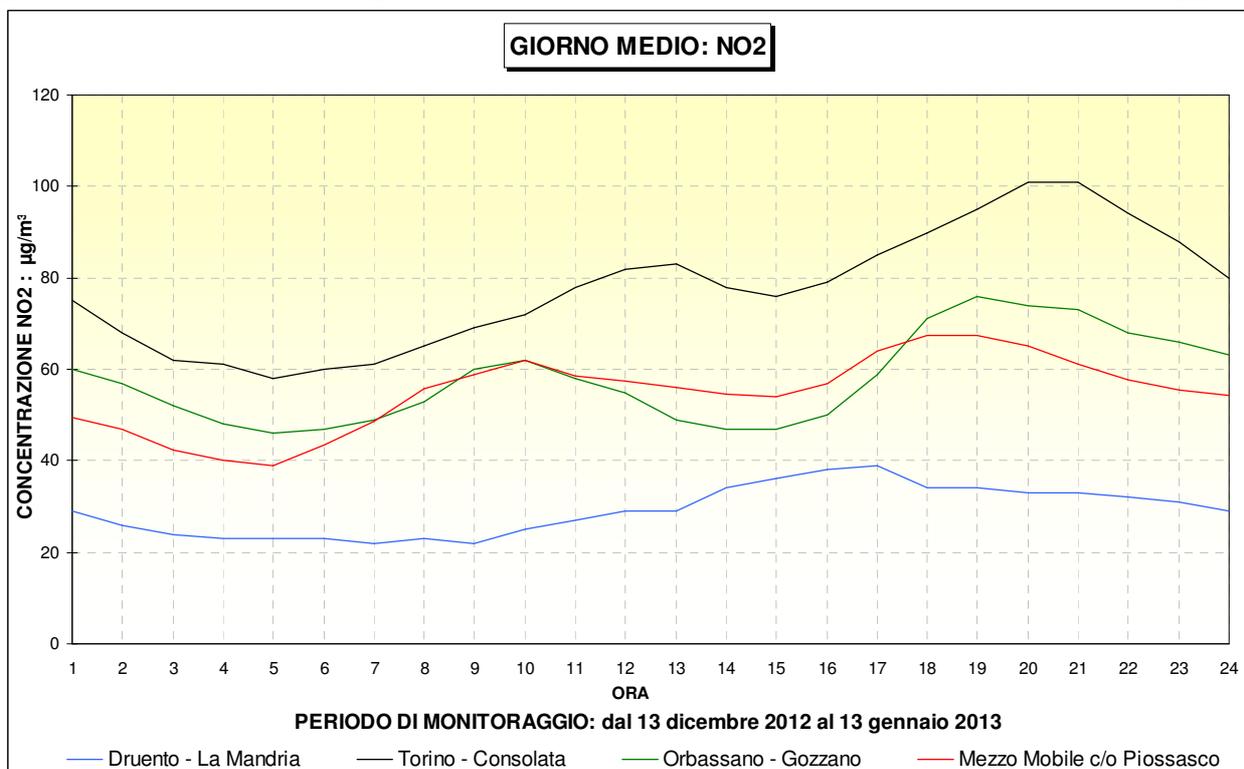


Figura 19 – NO₂: andamento giorno medio - confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio.



Benzene e Toluene

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

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

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

Il benzene è una sostanza classificata:

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

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

La normativa vigente (D.Lgs. 155 del 13/8/2010) prevede per il **benzene** un limite annuale pari $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da rispettare dal 2010 in avanti.

Tabella 10 – Dati relativi al benzene e al toluene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

	Benzene	Toluene
Minima media giornaliera	1.2	1.3
Massima media giornaliera	4.7	6.5
Media delle medie giornaliere	2.5	3.1
Giorni validi	32	32
Percentuale giorni validi	94%	94%
Media dei valori orari	2.5	3.0
Massima media oraria	8.5	15
Ore valide	786	786
Percentuale ore valide	96%	96%

Durante il monitoraggio invernale, il più critico per tale inquinante, nel Comune di Piossasco è stata determinata una concentrazione media di benzene di $2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (**Tabella 10**), ed in generale i valori delle medie orarie sono compresi tra 0.2 e $8.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con 25 valori orari (su 766 complessivi) superiori al limite annuo di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (**Figura 20**). Dal momento che nella campagna invernale il valore medio di benzene è stato molto inferiore al limite di legge, è verosimile supporre che la concentrazione media di un ipotetico campionamento annuale nel sito in esame non comporterebbe

un superamento del limite di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, previsto dalla normativa. La concentrazione media giornaliera di benzene risulta inoltre dimezzata rispetto alla campagna invernale del 2008, svolta nei mesi di gennaio e febbraio.

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

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

Nella prima campagna di Piossasco la massima media giornaliera di toluene è pari a $6.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre la massima media oraria è di $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Le medie settimanali delle concentrazioni di toluene nelle quattro settimane complete di misurazioni sono pari a 3.74, 3.43, 2.56 e $2.36 \mu\text{g}/\text{m}^3$, quindi di circa due ordini di grandezza inferiori al valore guida consigliato dall'OMS (**Tabella 10**). Rispetto infine alla campagna invernale svolta nel 2008 le concentrazioni di toluene sono diminuite sia nei valori massimi sia in quelli medi.

Sia per il benzene sia per il toluene il giorno medio mostra che i valori misurati a Piossasco non sono inferiori solo a quelli registrati nella stazione urbana di Torino via della Consolata, nel centro della città, ma anche a quelli di Vinovo, stazione di monitoraggio suburbana di fondo situata a circa 15 chilometri dal sito di misura indagato (**Figura 21** e **Figura 22**).

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

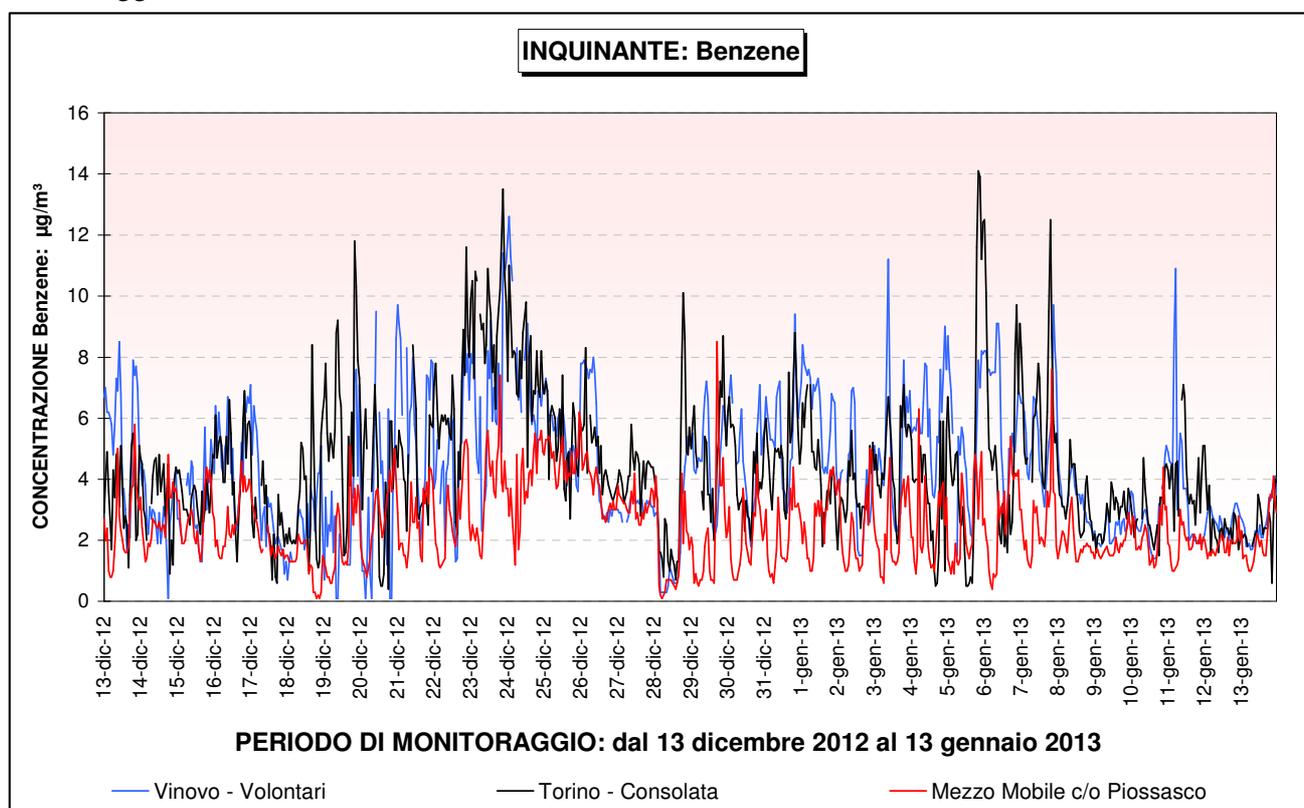


Figura 21 – Benzene: andamento giorno medio - confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio

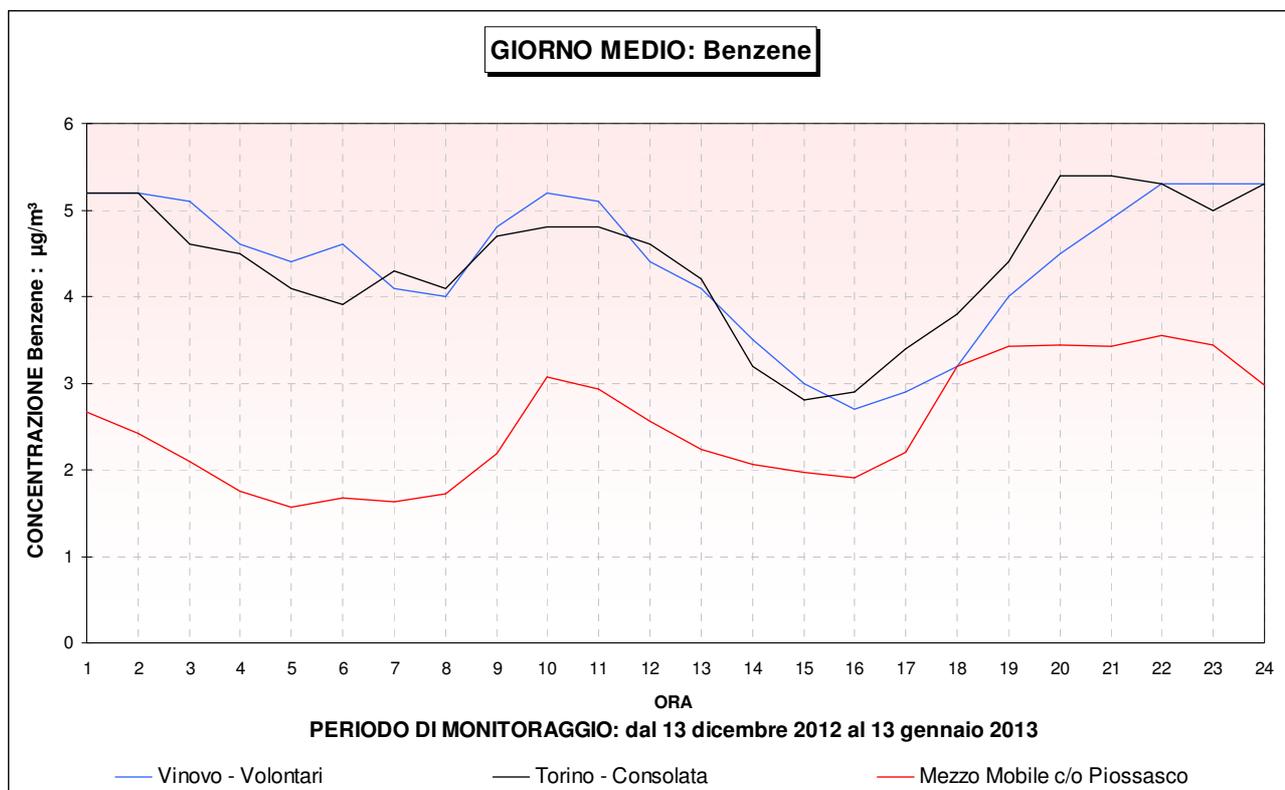
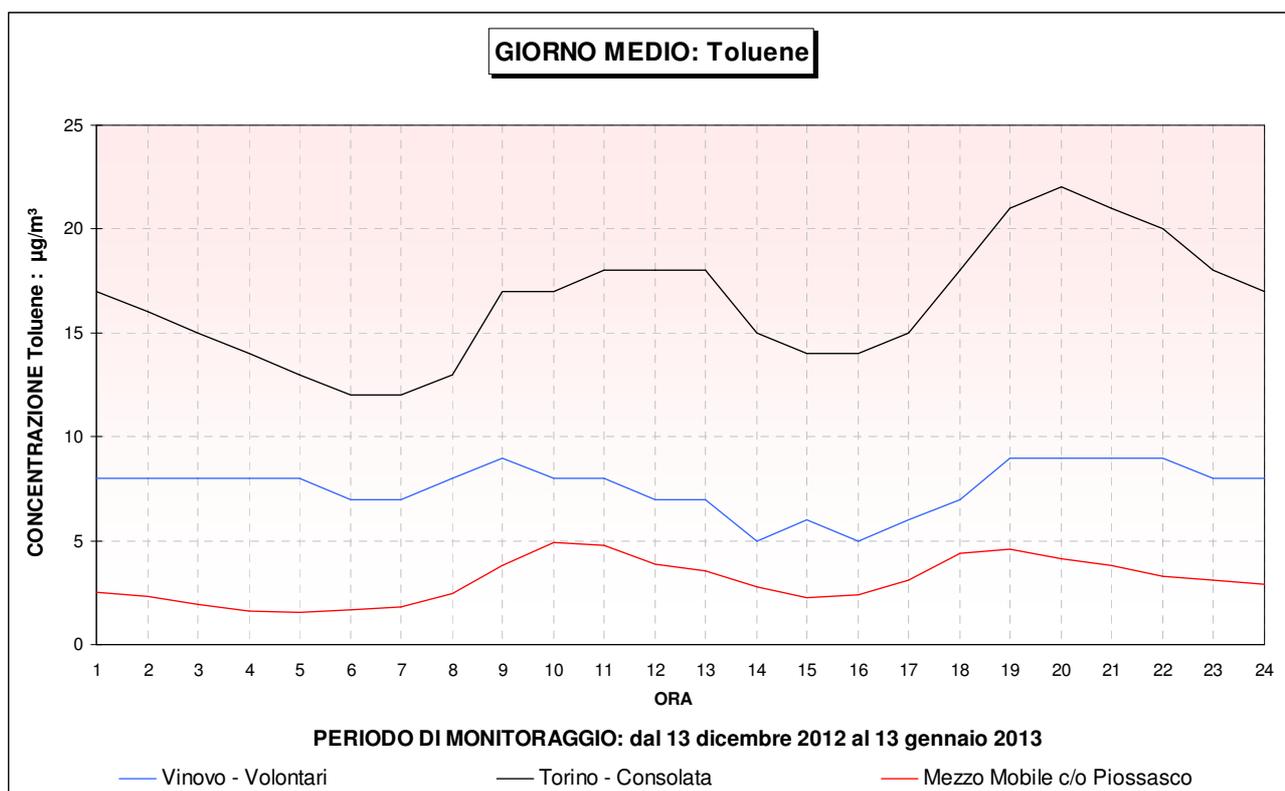


Figura 22 - Toluene: andamento giorno medio - confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio



Particolato Sospeso (PM10)

Il particolato sospeso è costituito dall'insieme del materiale non gassoso in sospensione nell'aria. La natura delle particelle aerodisperse è molto varia: ne fanno parte le polveri sospese, il materiale organico disperso dai vegetali, il materiale inorganico prodotto da agenti naturali, ecc. Nelle aree urbane il materiale può avere origine da lavorazioni industriali, dall'usura dell'asfalto, 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 potendo penetrare in profondità nell'apparato respiratorio. Diversi studi epidemiologici hanno mostrato una correlazione tra la concentrazione di polveri nell'aria e la manifestazione di malattie croniche alle vie respiratorie, a causa degli inquinanti che queste particelle veicolano e che possono essere rilasciati negli alveoli polmonari.

La legislazione italiana, recependo quella europea, non ha più posto limiti per il particolato sospeso totale (PTS), ma, prima con il DM 60/2002 e successivamente con il DLgs 155/2010, ha previsto dei limiti solo per il particolato PM₁₀, la frazione con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm. Si tratta della componente più pericolosa del particolato perché in grado di raggiungere facilmente la trachea e i bronchi, dove gli inquinanti adsorbiti sulla polvere possono venire a contatto con gli alveoli polmonari.

Il DLgs 155/2010 introduce inoltre un limite anche per il PM_{2.5} (diametro aerodinamico inferiore ai 2.5 µm) calcolato come media annuale di 25 µg/m³ da raggiungere entro il 1 gennaio 2015.

Tabella 11 – Dati relativi al particolato sospeso PM₁₀ (µg/m³) presso il sito di monitoraggio.

PM ₁₀	Inverno
Minima media giornaliera	19.0
Massima media giornaliera	107.0
Media delle medie giornaliere	62
Giorni validi	31
Percentuale giorni validi	97%
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)</u>	25

Durante la prima campagna di misura nel comune di Piossasco sono state eseguite misure di particolato fine PM₁₀, per il quale sono disponibili 31 giorni di monitoraggio effettivo, dal 13 dicembre 2012 al 13 gennaio 2013, con un dato mancante il 27 dicembre 2012. Durante il campionamento ci sono stati ben 25 superamenti del limite giornaliero del PM₁₀ di 50 µg/m³ (da non superare più di 35 volte per anno civile) pari all'81% dei valori validi, mentre la media della concentrazione di PM₁₀ è di 62 µg/m³ (**Figura 23**).

Durante la campagna invernale svolta nel 2008 (dal 29 gennaio 2007 al 21 febbraio 2008) erano stati registrati 22 superamenti del limite giornaliero su 24 giorni di campionamento validi, pari al 92% del totale; mentre la media giornaliera invernale era di ben 102 µg/m³. Il numero di superamenti è ancora molto elevato nel periodo più critico dell'anno, ma il dato confortante è che la media del periodo invernale nel comune di Piossasco è diminuita quasi del 40% negli ultimi 5 anni. Bisognerà attendere i dati della campagna estiva per stimare la media annuale ed eventualmente compararla con quella ottenuta nella campagna del 2007-2008.

In **Figura 24** sono stati messi a confronto i valori di PM_{10} registrati a Piossasco con quelli misurati nelle stazioni della rete di rilevamento della qualità dell'aria di Torino Consolata, Pinerolo e Druento - La Mandria. Dal grafico si può notare che nella prima campagna di monitoraggio i valori misurati dal laboratorio mobile sono inferiori ai dati registrati nella stazione urbana di Torino via della Consolata, e più alti, come atteso, di quelli di Druento, stazione di fondo rurale. L'andamento del PM_{10} è superiore anche a quello della stazione di Pinerolo, la più vicina tra quelle utilizzate come confronto. A dispetto della relativa vicinanza geografica, la differenza di concentrazione misurata dalle due stazioni di monitoraggio può spiegarsi in parte con la diversa tipologia di stazione individuata. La posizione del mezzo mobile nel comune di Piossasco, infatti, si trova lungo la provinciale n. 589 ed individua una tipologia di stazione di traffico suburbano, mentre la cabina di monitoraggio di Pinerolo rappresenta una stazione di tipo urbano di fondo, caratterizzata da valori di concentrazione più bassi perché meno esposta a fonti dirette di immissioni inquinanti.

In ogni caso la concentrazione media di PM_{10} registrata a Piossasco durante la campagna invernale è piuttosto alta, superiore sia alla media complessiva della Provincia di Torino - pari a $56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - sia alla concentrazione media di PM_{10} ottenuta escludendo i dati delle stazioni, site nel comune di Torino - $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Anche il numero di superamenti del limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ registrati nel comune di Piossasco appare più alto del numero medio di superamenti della provincia di Torino nello stesso periodo, vedi **Tabella 11 e Figura 25**. Il dato di Piossasco risulta elevato anche rispetto a campagne di monitoraggio svolte in siti limitrofi in periodi simili come ad esempio la campagna svolta nel comune di Sangano dal 12 novembre al 12 dicembre 2012, che ha fatto registrare una concentrazione media di PM_{10} pari a $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

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

Con questa prima campagna di monitoraggio invernale si conferma in sostanza il dato già emerso dalle campagne del 2007-2008: il comune di Piossasco, nel sito di monitoraggio, presenta valori di PM_{10} comparabili più con gli andamenti registrati nella città di Torino che con quelli di altre stazioni provinciali, che hanno caratteristiche più simili e sono situate più vicino al sito in esame. Si attendono i risultati della campagna di monitoraggio estivo per valutare se i rapporti reciproci tra i dati del laboratorio mobile e quelli della rete fissa di rilevamento rimangono o meno invariati anche nei mesi caldi dell'anno, nel qual caso si potrà ipotizzare o meno un problema strutturale del sito in esame e valutare l'opportunità di ulteriori approfondimenti.

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

Rispetto ai limiti normativi la durata complessiva del monitoraggio nel comune di Piossasco - prima e seconda campagna - sarà inferiore all'arco temporale stabilito dal D.Lgs 155/2010 per poter calcolare la media annuale da confrontare poi con il limite di legge di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tuttavia, a conclusione delle due campagne di monitoraggio, sarà possibile effettuare una stima del valore di concentrazione annuale del PM_{10} facendo ricorso ad una semplice formula matematica che si basa sul confronto con una stazione della rete fissa con caratteristiche simili. Per quanto riguarda invece il limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ si può facilmente ipotizzare che anche nel comune di Piossasco, come nella maggior parte delle stazioni provinciali della rete di monitoraggio, un campionamento annuale porterebbe ad

un numero di superamenti annui superiore ai 35 concessi dalla normativa in vigore, dal momento che in soli 31 giorni di misura ci sono stati ben 25 superamenti del limite.

Tabella 12 – Particolato sospeso PM_{10} confronto medie anno 2012, superamenti e medie del periodo di campionamento nella provincia di Torino.

Stazioni di misura	Media PM_{10} prima campagna [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	n. superamenti prima campagna	% superamenti sul totale dei giorni validi	Media anno 2012 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Oulx	26	2	6%	22
Susa	28	3	9%	21
Druento	35	6	19%	28
Pinerolo	41	9	28%	29
Ivrea	57	19	61%	34
Piossasco - Mobilab	62	25	81%	
Borgaro T.se	64	26	81%	42
Carmagnola	73	28	87%	50
Media provinciale escluso TORINO	46	13	-	
To - Rubino	73	25	78%	40
To - Consolata	78	28	90%	48
To - Lingotto	80	27	84%	42
Media tot Provincia di Torino	56	17	-	-

Figura 23 – PM_{10} : confronto con il limite giornaliero per la protezione della salute.

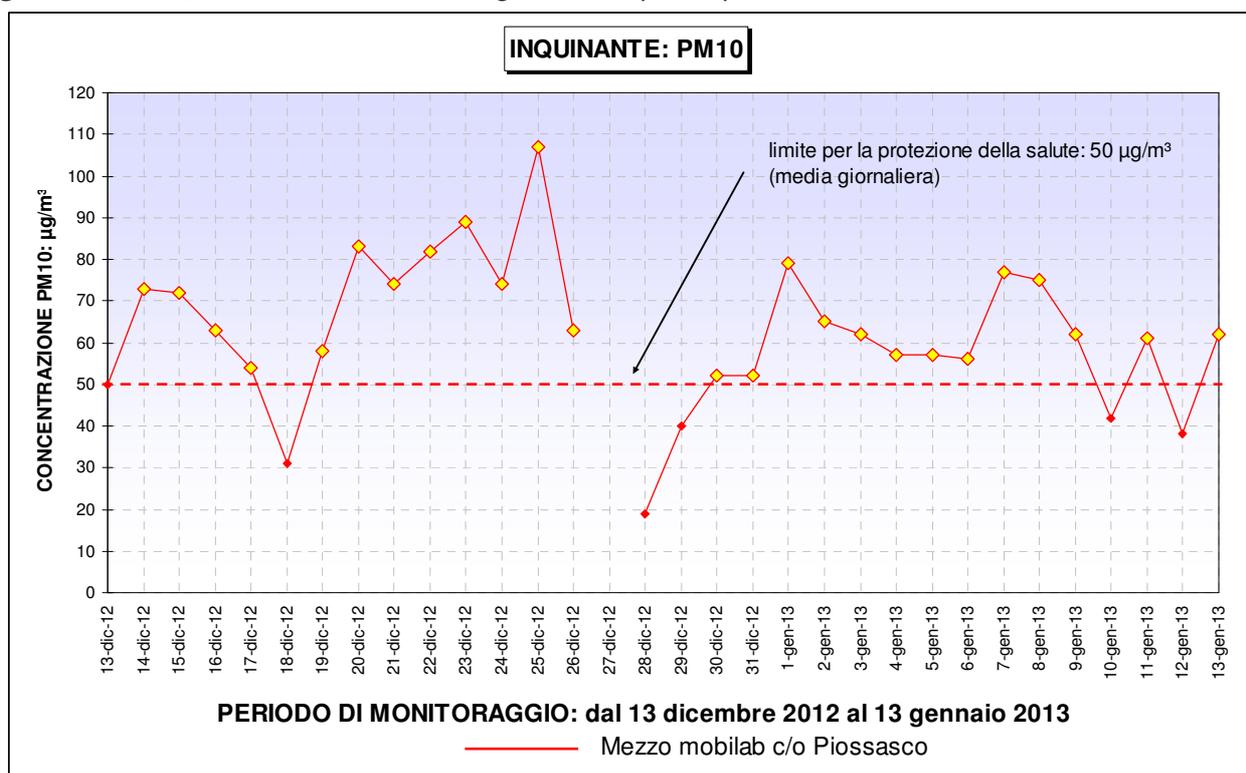


Figura 24 – Particolato sospeso PM_{10} : confronto con altre stazioni di monitoraggio.

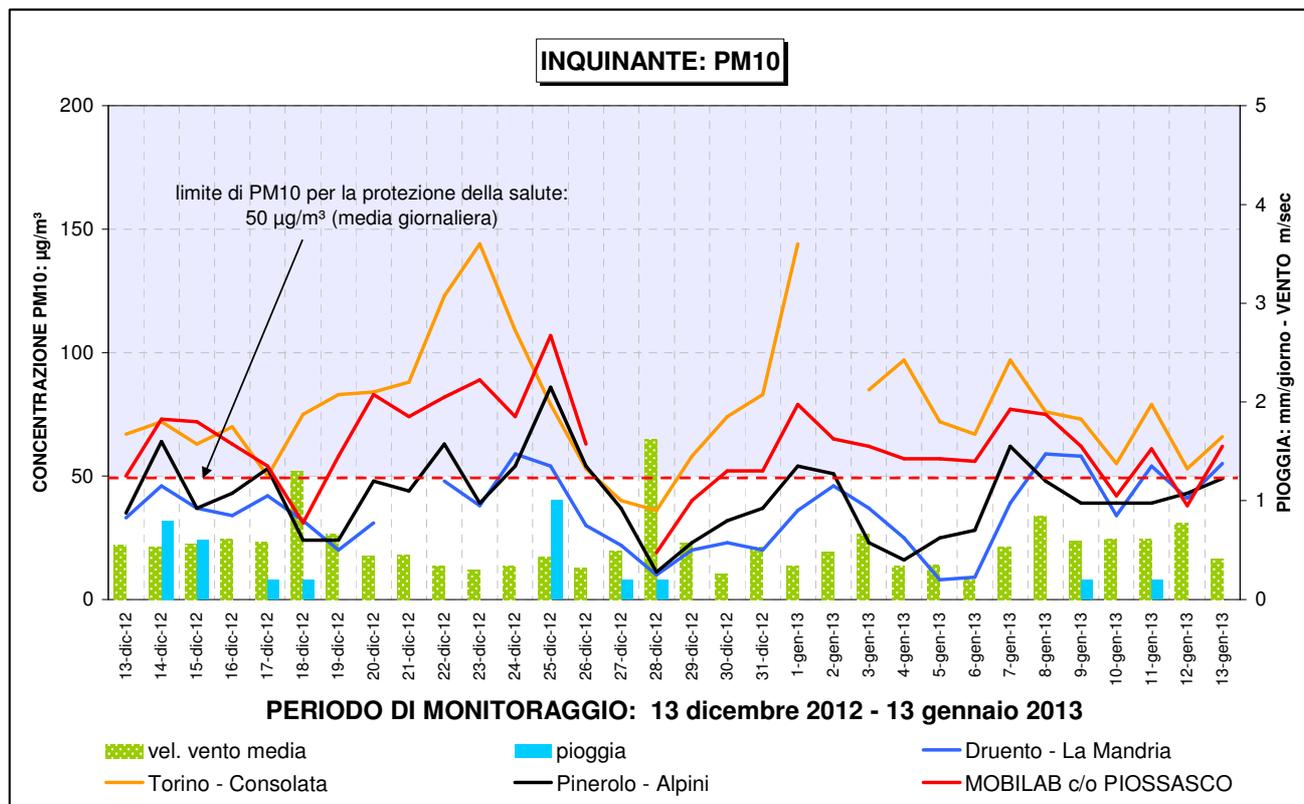
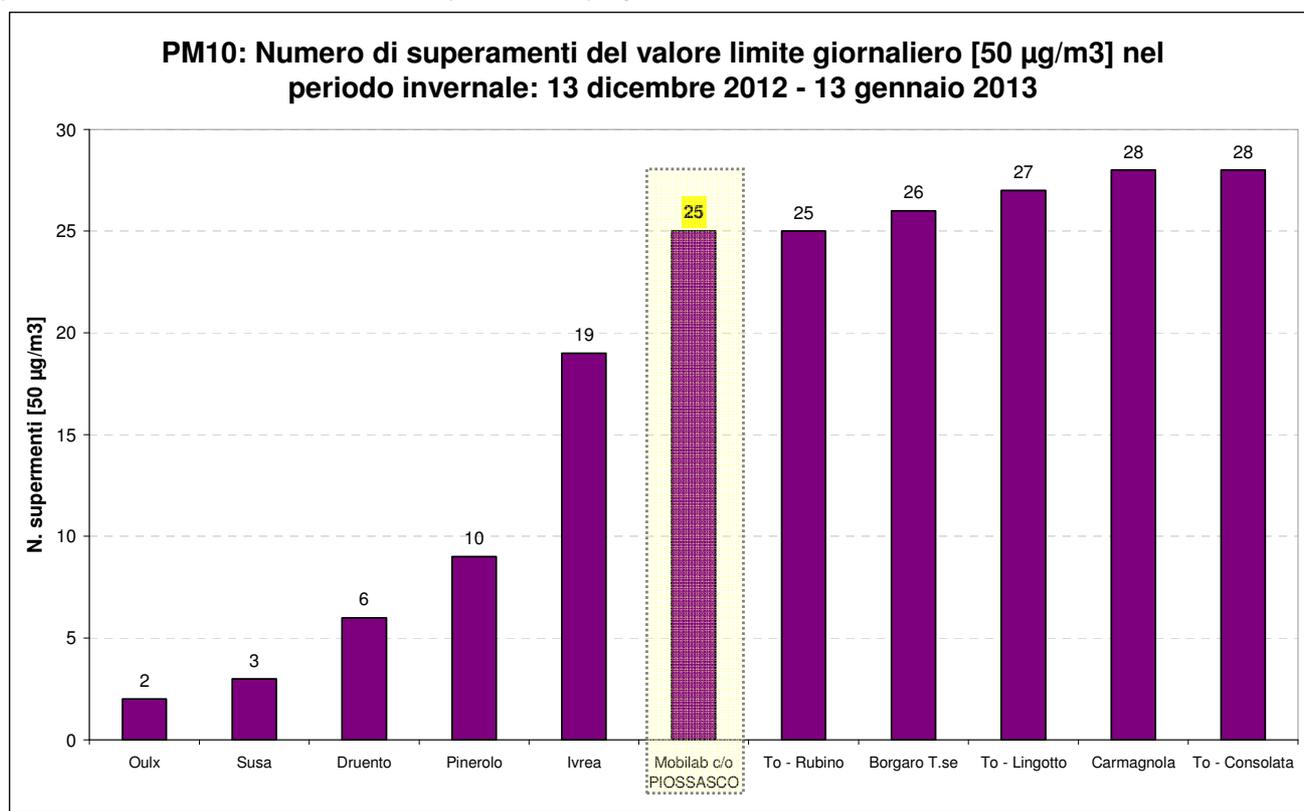


Figura 25 – Particolato sospeso PM_{10} : numero di superamenti del valore limite giornaliero in provincia di Torino nel corso della prima campagna.



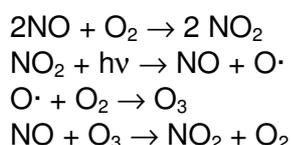
Ozono

L'ozono è un gas con elevato potere ossidante, di odore pungente.

L'ozono presente nella troposfera, lo strato più basso dell'atmosfera, è un inquinante non direttamente emesso da fonti antropiche, ma si genera in atmosfera grazie all'instaurarsi di un ciclo di reazioni fotochimiche (favorite da un intenso irraggiamento solare) che coinvolgono principalmente gli ossidi di azoto (NO_x) e i composti organici volatili (VOC).

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

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



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

Tabella 13 – Dati relativi all'ozono (O_3) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

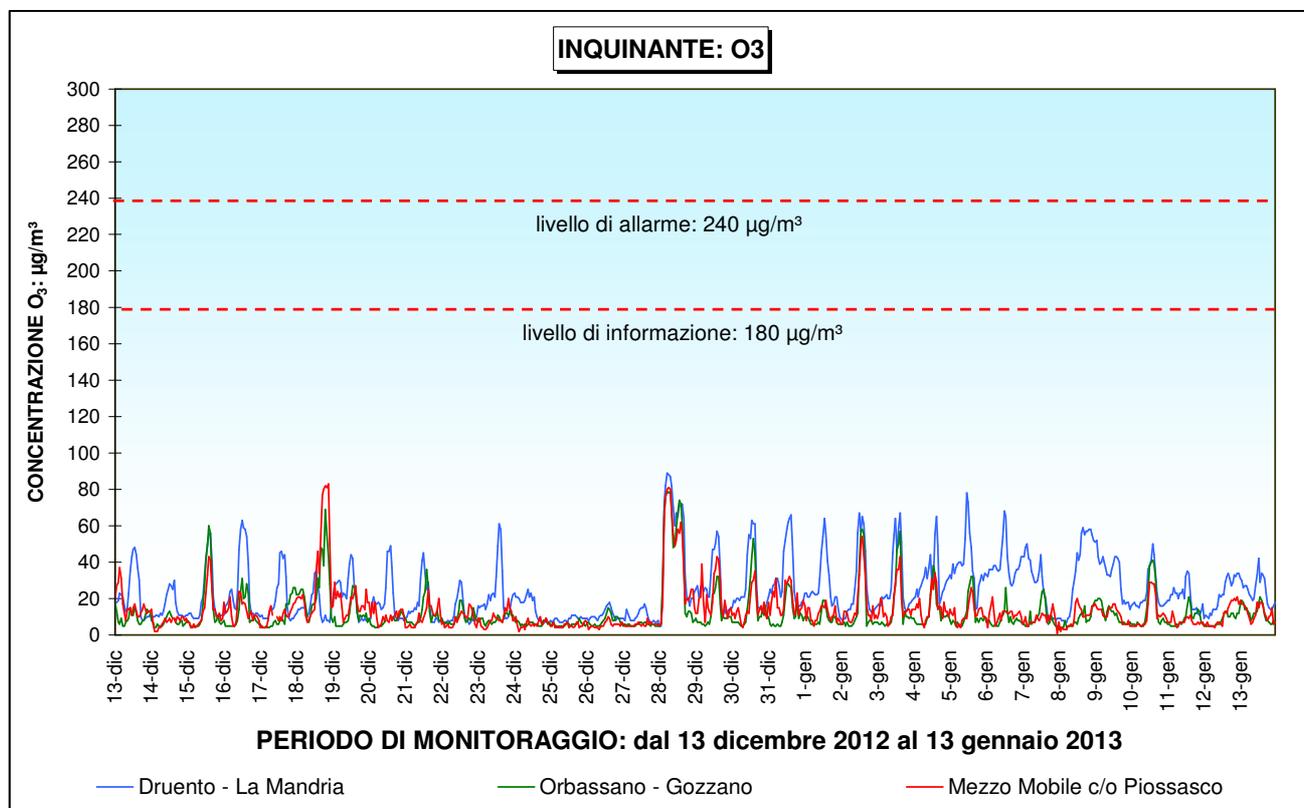
Ozono	Inverno
Minima media giornaliera	5.3
Massima media giornaliera	43
Media delle medie giornaliere (b):	14
Giorni validi	34
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	14
Massima media oraria	83
Ore valide	810
Percentuale ore valide	99%
Minimo medie 8 ore	3
Media delle medie 8 ore	13.7
Massimo medie 8 ore	69
Percentuale medie 8 ore valide	99%
Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (120)	0
<u>N. superam. dell'obiettivo a lungo termine 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

Nel corso della campagna di misura invernale nel comune di Piossasco la media dei valori orari di ozono è stata di $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con una massima media oraria di $83 \mu\text{g}/\text{m}^3$. In **Figura 26** è riportata la concentrazione oraria di ozono a Piossasco e nelle stazioni fisse della rete regionale di rilevamento di Orbassano e Druento, che registra le concentrazioni massime più alte.

Come per le stazioni della rete fissa di monitoraggio nel periodo compreso tra il 13 dicembre 2012 e il 13 gennaio 2013, anche a Piossasco non è stato registrato alcun superamento dei limiti normativi previsti e cioè: il livello di protezione della salute su medie di 8 ore ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$), l'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h $> 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e il livello d'informazione, pari a $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media oraria (**Figura 26** e **Figura 27**). D'altronde il periodo critico per questo inquinante non è l'inverno, bensì la stagione estiva, quando la concentrazione di ozono può raggiungere valori molti alti e superare più volte i limiti di legge. La normativa attualmente in vigore (D.Lgs 155/2010) prevede che a partire 2010 il valore di $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ non sia superato per più di 25 giorni per anno civile come media su tre anni¹.

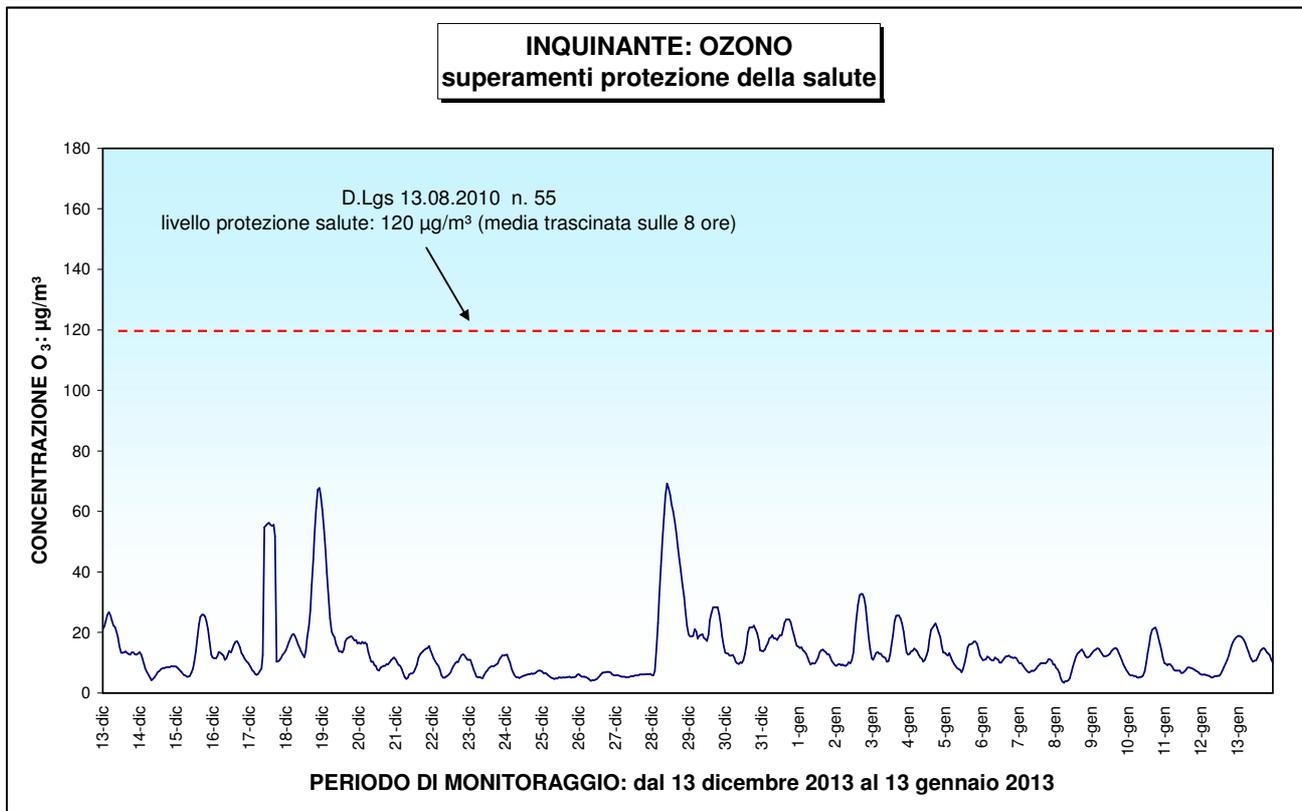
Nel caso della campagna di misura nel comune di Piossasco non sarà possibile applicare completamente questo limite normativo avendo a disposizione al massimo un paio di mesi di misurazioni - il fatto che, nell'arco dei giorni di indagine non si registrino più di 25 superamenti non significa, infatti, che un campionamento esteso a tutto l'anno non avrebbe comunque portato ad uno sfioramento del limite di legge. In ogni caso bisognerà attendere gli esiti della campagna di monitoraggio estiva per valutare il peso specifico di questo inquinante nell'ambito della qualità dell'aria complessiva del territorio in esame.

Figura 26 – O_3 : andamento della concentrazione oraria e confronto con i limiti di legge.



¹ Il primo valore di confronto verrà quindi calcolato nel 2013 in riferimento al triennio 2010-2012.(D.Lgs. 155/2010 All VII.2 nota(1))

Figura 27 – O₃: confronto con i limiti di legge (media trascinata sulle 8 ore).



CONCLUSIONI

Lo stato della qualità dell'aria emerso per il comune di Piossasco a seguito della campagna di monitoraggio condotta con l'utilizzo del Laboratorio Mobile rispecchia quanto osservato in siti simili della provincia di Torino.

Le soglie di allarme non sono mai state superate per tutti e tre gli inquinanti (biossido di zolfo, biossido di azoto e ozono), per i quali la normativa prevede tale tipo di limite; sono inoltre stati rispettati i valori limite per la protezione della salute umana per il biossido di zolfo, il monossido di carbonio, il biossido di azoto e il benzene, mentre in questa prima campagna invernale ci sono stati superamenti per il parametro PM₁₀, che quindi risulta essere l'inquinante più critico nel territorio indagato. In generale il sito di Piossasco durante la campagna invernale ha presentato valori di PM₁₀ comparabili più con gli andamenti registrati nella città di Torino che con quelli di altre stazioni provinciali, che hanno caratteristiche più simili e sono situate più vicino al sito in esame.

Il limite giornaliero di 50 µg/m³ per le polveri PM₁₀ è stato superato 25 volte nel corso della prima campagna di misura, dal 13 dicembre 2012 al 13 gennaio 2013, equivalenti all'81% dei giorni di monitoraggio validi.

Non disponendo di una base dati annuale non è possibile in termini formali verificare il rispetto del massimo numero di superamenti del limite giornaliero previsto dalla normativa (35 in un anno). È possibile tuttavia fare una valutazione di massima in base al confronto con le stazioni di monitoraggio della rete fissa provinciale. Nel periodo di monitoraggio considerato le stazioni fisse più prossime al sito di Piossasco per numero di superamenti sono Ivrea e Torino Rubino, che hanno registrato rispettivamente 19 e 25 superamenti. Poiché in entrambe le stazioni il limite dei 35 giorni di superamento non è stato rispettato nel 2012 (71 superamenti a Ivrea e 83 a Torino Rubino), è del tutto presumibile che anche nel sito di Piossasco, come in tutta la pianura della provincia di Torino, tale limite non verrebbe rispettato nel caso di un monitoraggio annuale.

Per ciò che riguarda il limite annuale di 40 µg/m³, occorrerà attendere gli esiti della seconda campagna di monitoraggio per potere effettuare una stima del valore di concentrazione annuale sul territorio del comune di Piossasco e valutarne l'adesione al limite di legge.

Per concludere, i risultati confermano quanto è già noto da anni: la stagione fredda è la più critica per la maggior parte degli inquinanti atmosferici in generale e per il PM₁₀ in particolare, complici le maggiori emissioni in atmosfera da traffico e riscaldamento domestico, ma soprattutto le condizioni meteorologiche di relativa stabilità atmosferica che non favoriscono la dispersione verticale degli inquinanti. Si fa notare, infatti, che in seguito a giornate caratterizzate da precipitazioni abbondanti e/o vento sostenuto – ad esempio il 18 e il 28 dicembre 2012 - le concentrazioni di particolato sospeso diminuiscono drasticamente, scendendo al di sotto del limite massimo giornaliero di 50 µg/m³.

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