

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 LUSERNA SAN GIOVANNI RELAZIONE FINALE
 (11 febbraio – 10 marzo e 30 giugno – 28 luglio 2011)**



Redazione	Funzione: Collaboratore Tecnico Professionale Nome: Giacomo Castrogiovanni	Data:	Firma:
Verifica e Approvazione	Funzione: Dirigente con incarico professionale presso la SS di produzione Nome: Dott. Francesco Lollobrigida	Data:	Firma:



L'organizzazione della campagna di monitoraggio, l'elaborazione dei dati e la stesura della presente relazione sono state curate dai tecnici del Nucleo Operativo "Monitoraggio della Qualità dell'Aria" nel Dipartimento di Torino di Arpa Piemonte, d.ssa Annalisa Bruno, sig. Giacomo Castrogiovanni, d.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 Luserna San Giovanni per la collaborazione prestata.

CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO....	5
<i>L'aria e i suoi inquinanti.....</i>	<i>6</i>
IL LABORATORIO MOBILE.....	8
IL QUADRO NORMATIVO	8
LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO	13
OBIETTIVI DELLA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO	14
<i>Elaborazione dei dati meteorologici</i>	<i>16</i>
<i>Elaborazione statistiche e grafiche relative al monitoraggio nel comune di Luserna San Giovanni.....</i>	<i>22</i>
<i>Andamento orario e giornaliero - Confronto con i limiti di legge.....</i>	<i>24</i>
<i>Giorno medio</i>	<i>24</i>
<i>Biossido di zolfo.....</i>	<i>24</i>
<i>Ossidi di Azoto</i>	<i>27</i>
<i>Monossido d'azoto</i>	<i>27</i>
<i>Biossido d'azoto.....</i>	<i>29</i>
<i>Monossido di Carbonio.....</i>	<i>34</i>
<i>Benzene e Toluene</i>	<i>38</i>
<i>Particolato Sospeso (PM₁₀) e (PM_{2.5}).....</i>	<i>42</i>
<i>PM₁₀</i>	<i>42</i>
<i>PM_{2.5}.....</i>	<i>43</i>
<i>Ozono</i>	<i>49</i>

IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI.....	52
METALLI.....	56
Conclusioni.....	60
APPENDICE - SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI	62



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 gruppo appartengono gli inquinanti emessi direttamente da sorgenti specifiche (inquinanti primari), al secondo 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 punti presi in esame; pertanto, per una completa caratterizzazione della qualità dell'aria in un determinato sito, occorre conoscere l'andamento dei principali parametri meteorologici (velocità e direzione del vento, temperatura, umidità relativa, pressione atmosferica, irraggiamento solare).

Per una descrizione completa dei singoli inquinanti, dei danni causati e dei metodi di misura si rimanda alla pubblicazione "Uno sguardo all'aria - Relazione annuale 2009", elaborata congiuntamente dal Dipartimento Ambiente della Provincia di Torino e da Arpa, 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 principali
 = fonti secondarie

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 da Arpa Piemonte.

Il laboratorio mobile in dotazione al Dipartimento Arpa 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. 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 all'ozono previste dal D.P.C.M. 28/3/83, D.M. 15/4/94, D.M. 25/11/94 e dal D.M. 16/5/96.

Nei limiti riferiti alla prevenzione a breve termine sono previste soglie di informazione e di allarme come medie orarie. A lungo termine sono previsti obiettivi per la protezione della salute umana e della vegetazione calcolati sulla base di più anni di monitoraggio.

Il recente D.Lgs 155/2010 ha abrogato e sostituito le normative precedenti, senza però modificare i valori numerici dei limiti di riferimento degli inquinanti già normati; ha inoltre inserito nuovi indicatori relativi al PM2.5 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 25 µg/m³ da raggiungere entro il 1 gennaio 2010;



La nuova normativa prevede inoltre per il PM2.5 un obiettivo nazionale di riduzione e un obbligo di concentrazione dell'esposizione il cui rispetto è calcolato sulla base di misurazioni effettuate da stazioni di fondo in siti fissi di campionamento urbani, che verranno definite con Decreto del Ministero dell'Ambiente (art. 12 D. Lgs. 155/2011). Questi due ultimi indicatori esulano quindi dall'ambito della presente relazione.

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

Per una descrizione più ampia del quadro normativo si rimanda ancora alla pubblicazione "Uno sguardo all'aria - Relazione annuale 2009".

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

INQUINANTE	LIMITE	PARAMETRO	VALORE DI RIFERIMENTO	SUPERAMENTI CONCESSI	DATA PER IL RISPETTO DEL LIMITE
Ozono espresso come O ₃ (D.Lgs 155/2010)	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	OBIETTIVO DI QUALITA' (D.Lgs 155/2010)	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: D.Lgs 155/2010

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/ civile anno	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
PARTICELLE (PM _{2,5})	Obbligo di concentrazione dell'esposizione	anno civile	25 µg/m ³		1-gen-2015
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 155/2010)

INQUINANTE	VALORI OBIETTIVO ^{(1) (2) (3)}
Arsenico	6 ng/m ³
Cadmio	5 ng/m ³
Nichel	20 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.

(2): La media annuale calcolata deve essere espressa con una cifra decimale.

(3): Il valore obiettivo si intende superato anche se pari a quello indicato nella tabella, ma seguito da una qualsiasi cifra decimale diversa da zero.



LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO

OBIETTIVI DELLA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO

La campagna di monitoraggio condotta nel Comune di Luserna San Giovanni da Arpa Piemonte - Dipartimento di Torino, è stata effettuata in seguito alla richiesta dell'Amministrazione Comunale (nostro protocollo n° 115615 del 21/10/2010). In particolare tale campagna è stata proposta allo scopo di avere informazioni puntuali della concentrazione degli inquinanti in aria ambiente con particolare riferimento alle polveri fini, prima e dopo l'eventuale costruzione di una centrale a biomasse. Il progetto presentato prevede che la centrale a biomasse sorga vicino al centro abitato, venga alimentata con cippato di legno, abbia una potenza elettrica di 1000 KW e serva una rete di teleriscaldamento, con potenza termica disponibile attorno ai 4200 kW

Su richiesta dei competenti Uffici Comunali, nel sito di monitoraggio è stato posizionato anche un campionatore trasportabile di PM2.5.

Dopo l'analisi delle direzioni di vento prevalente (rose dei venti) disponibili per l'area, 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:

Piazzale della palestra comunale in via Airali

In Figura 1 è riportata sulla cartografia del Comune di Luserna S. Giovanni l'ubicazione del sito nel quale è stato posizionato il Laboratorio Mobile nel corso delle due campagne di monitoraggio.

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 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 variabile 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 finalizzate ad inquadrare lo stato della qualità dell'aria nel sito considerato nel contesto provinciale

La campagna invernale è stata condotta tra il **11 febbraio** e il **10 marzo** (28 giorni), quella estiva dal **30 giugno** al **28 luglio 2011** (29 giorni). Si rammenta 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.

Figura 1: Postazione di monitoraggio del Laboratorio Mobile



Nelle pagine successive vengono presentate le elaborazioni statistiche e grafiche relative ai dati meteorologici registrati durante la campagna di monitoraggio. In particolare per ognuno dei parametri determinati si riporta un diagramma che ne illustra l'andamento orario e una tabella riassuntiva che evidenzia i valori minimo, massimo e medio delle medie orarie, oltre alla percentuale dei dati validi.

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

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

Per quanto riguarda le condizioni meteorologiche l'anemologia della val Pellice, è caratterizzato, come in ogni valle montana, da un regime caratteristico con ciclo giornaliero che dà origine ai fenomeni della brezza di valle e della brezza di monte.

Brezza di valle: al mattino le pareti dei monti si scaldano per effetto dell'insolazione e l'aria ad essi adiacente si riscalda, forma cumuli e sale lungo i pendii della valle. Questa brezza ascendente di aria calda è fortemente turbolenta con capacità di diluizione effettiva degli inquinanti e ha uno spessore notevole (circa 100 metri).

Brezza di monte: di notte l'aria a contatto con la terra si raffredda e scivola verso la valle lungo il fianco delle montagne.

Questa brezza discendente è una lama d'aria molto sottile (circa 10 metri di spessore) che scende lungo i fianchi delle montagne verso il centro della valle e poi si dirige verso lo sbocco della valle stessa con velocità in funzione della pendenza del fondo valle.

Quando vi è una situazione di vento di valle che trascina in quota gli inquinanti vi è un rimescolamento rapido con le masse d'aria presenti in quota che disperdono gli inquinanti, questa situazione è fondamentale per la pulizia dell'aria della valle.

E' importante osservare che la configurazione e la direzione di tali brezze non sono necessariamente conformi con il vento di quota che sposta le masse su grande scala territoriale.

La situazione sopra descritta è comprovata con i grafici relativi al vento, dalla [Figura 2](#) alla [Figura 5](#) in particolare le rose del vento evidenziano come il vento abbia due direzioni di provenienza dominanti: Est, Est-SudEst nelle ore diurne e da Ovest, Ovest-SudOvest nelle ore notturne, nella campagna estiva la direzione del vento diurna da Est-SudEst è quantitativamente maggiore rispetto alla campagna invernale.

Durante il monitoraggio in Luserna S. Giovanni vi sono stati diversi eventi di instabilità atmosferica con diminuzione della pressione atmosferica, elevata umidità relativa, scarsa radiazione solare



calo della temperatura e precipitazioni abbondanti nelle giornate del 15, 16 e 28 febbraio, 1 e 4 marzo nella campagna invernale, nella estiva il 5, 8, 10, 14, 18, 20 e il 28 luglio; la velocità del vento mediamente è maggiore nella campagna estiva.

Tabella 5: parametri meteorologici, valori statistici rilevati nelle due campagne di monitoraggio

	Temperatura Aria		Velocità Vento		Umidità Relativa		Radiazione Totale		Pressione	
	Inverno	Estate	Inverno	Estate	Inverno	Estate	Inverno	Estate	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	1.1	15.8	0.5	0.71	54.7	50.7	8	25	947	951
Massima media giornaliera	7.8	24.3	1.4	1.88	97.3	88.6	173	277	977	964
Media delle medie giornaliere	4.0	20.3	1.0	1.18	79.8	67.8	81	185	962	958
Giorni validi	28	29	28	29	28	29	28	29	28	29
Percentuale giorni validi	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Media dei valori orari	4.0	20.3	1.0	1.18	79.8	67.8	81	185	962	958
Massima media oraria	14.3	28,4	5.1	4.90	99.0	95.0	688	923	980	965
Ore valide	672	696	668	696	672	696	672	696	672	696
Percentuale ore valide	100%	100%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Figura 2: rosa del vento totale nelle due campagne

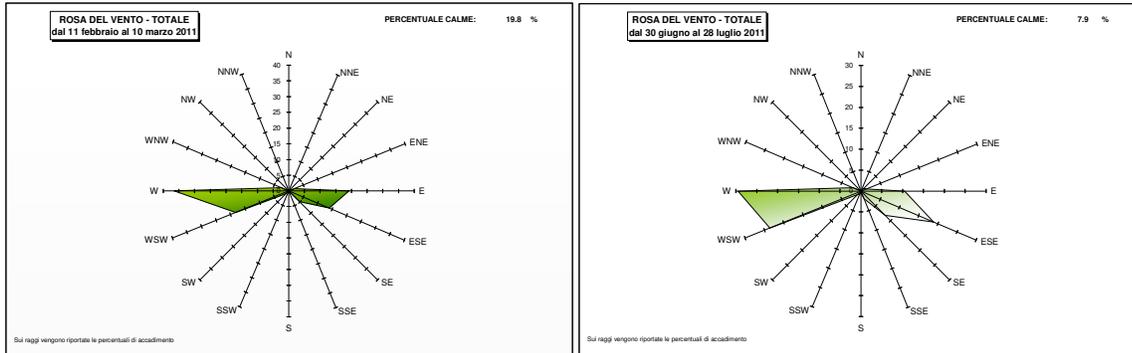


Figura 3: rosa del vento giorno campagna invernale ed estiva

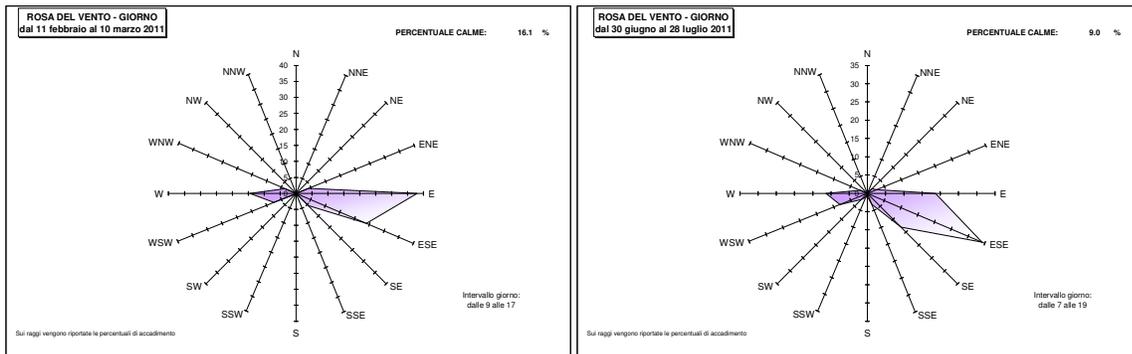


Figura 4: rosa del vento notte in inverno ed estate

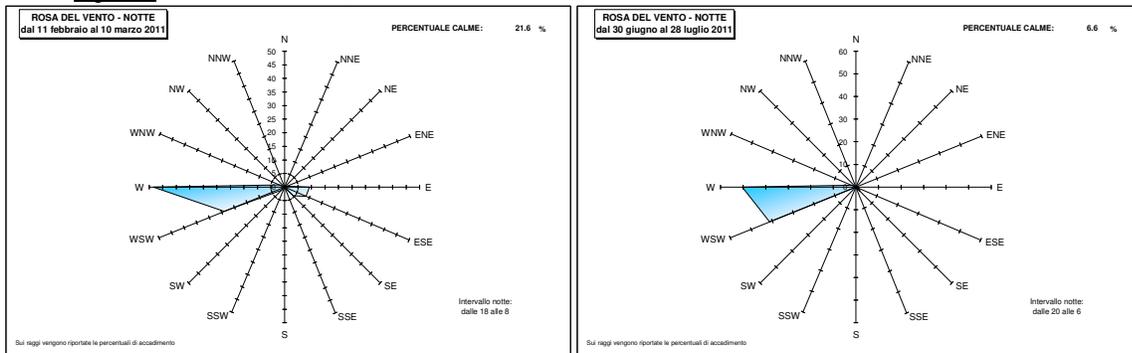


Figura 5: Parametro Velocità Vento

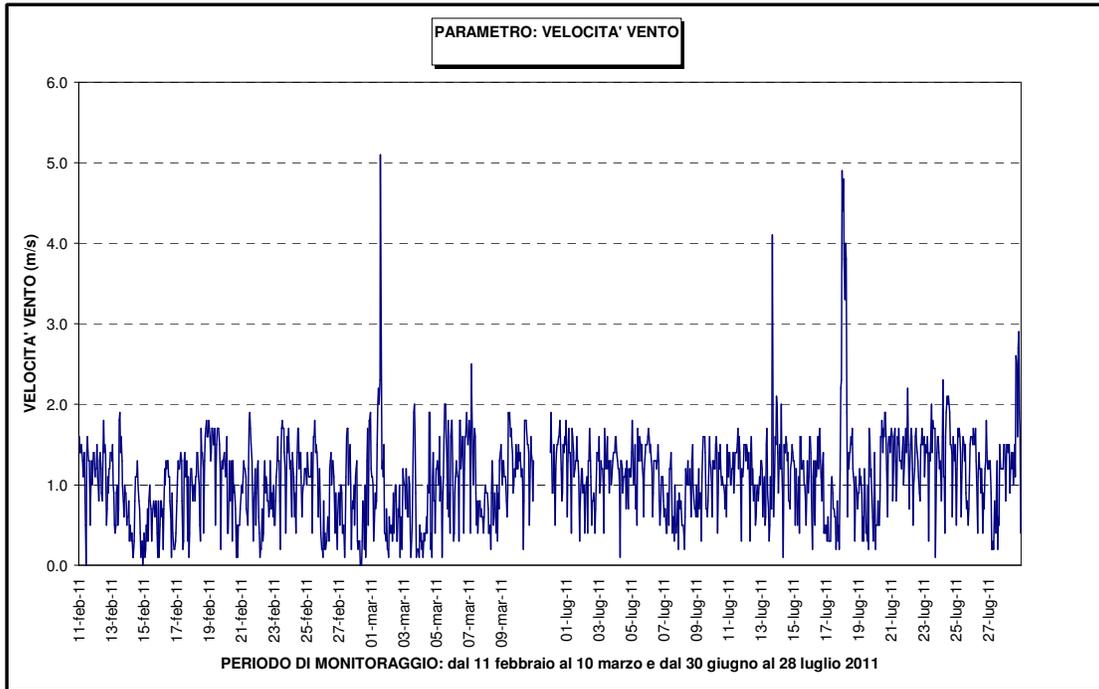


Figura 6: Pressione Atmosferica

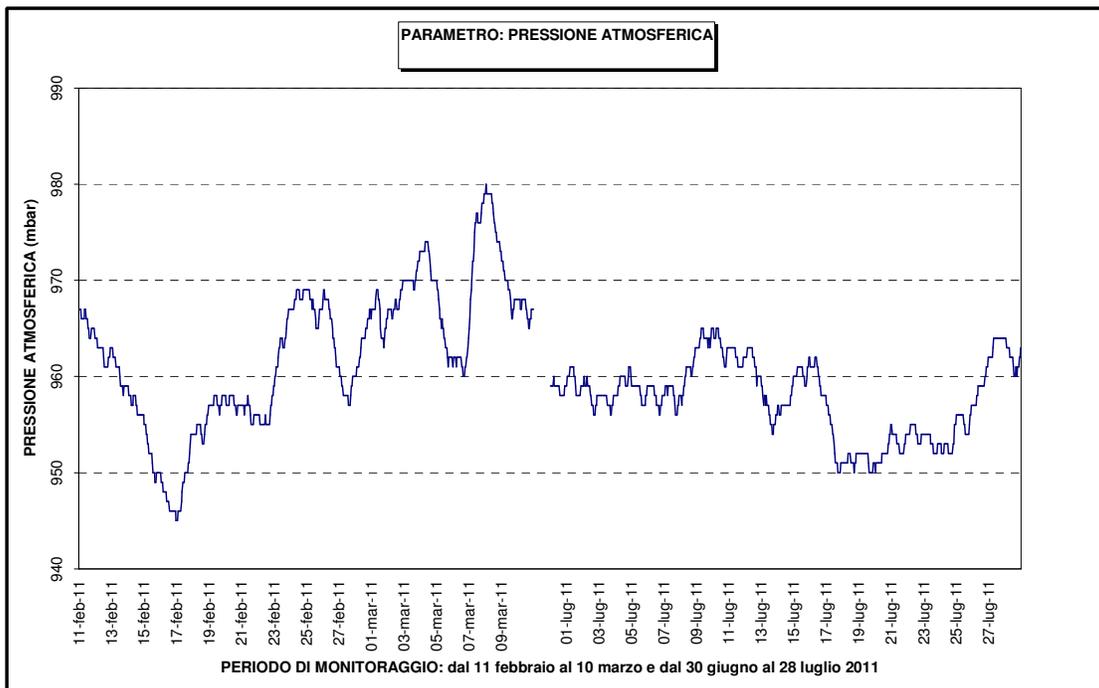


Figura 7: Umidità Relativa

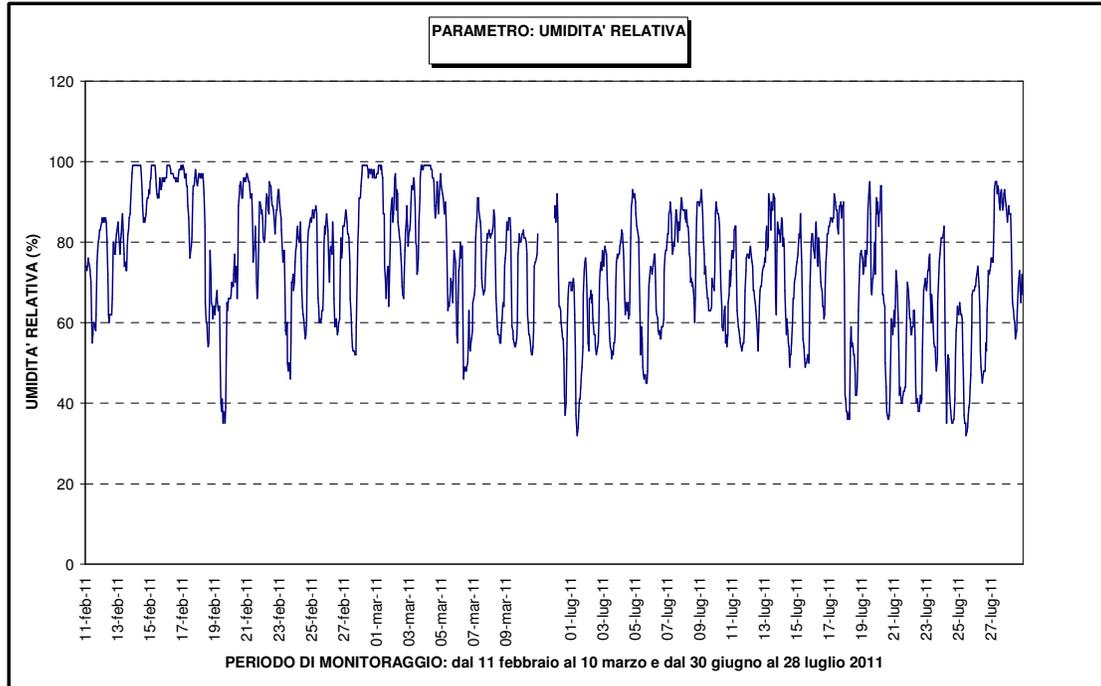


Figura 8: Temperatura aria

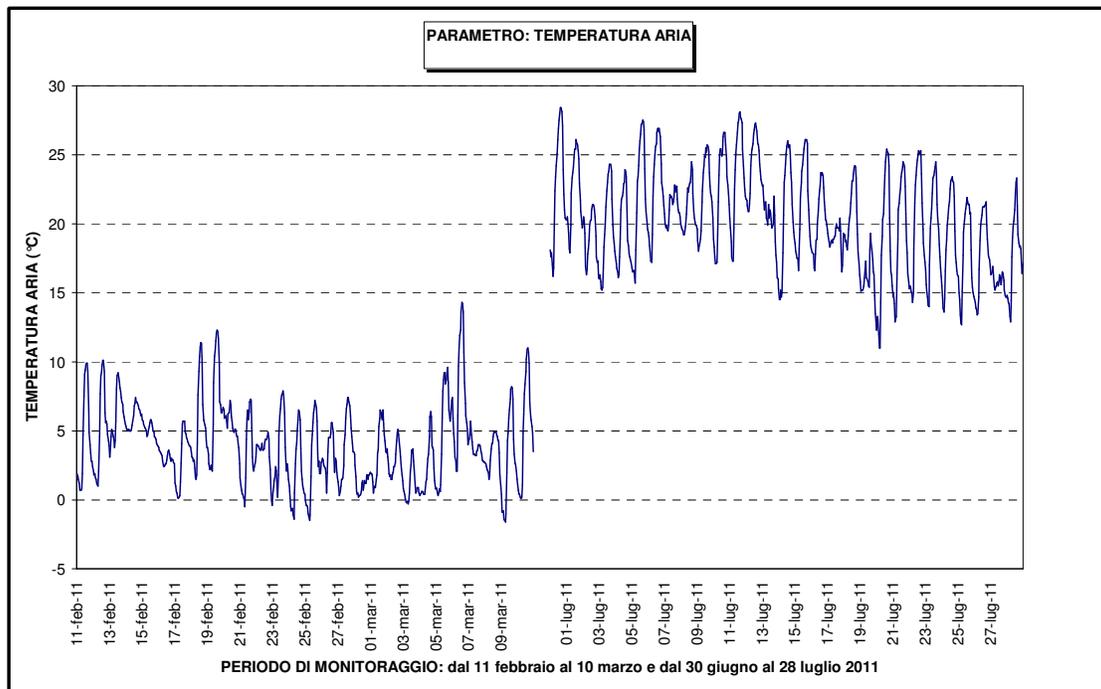
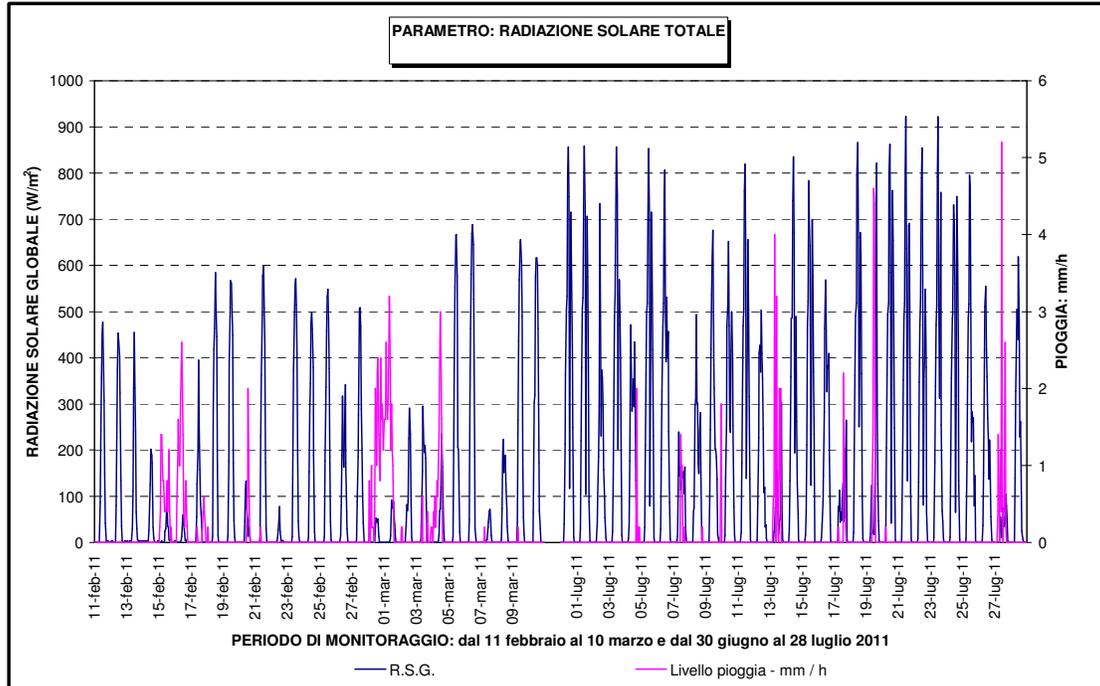


Figura 9: Radiazione Solare Globale e pioggia



Elaborazione statistiche e grafiche relative al monitoraggio nel comune di Luserna San Giovanni

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

SO ₂	BIOSSIDO DI ZOLFO
NO ₂	BIOSSIDO DI AZOTO
NO	MONOSSIDO DI AZOTO
O ₃	OZONO
CO	MONOSSIDO DI CARBONIO
C ₆ H ₆	BENZENE
C ₆ H ₅ CH ₃	TOLUENE
PM10	PARTICOLATO SOSPESO PM10
PM2.5	PARTICOLATO SOSPESO PM2.5
Ni	NICHEL
Pb	PIOMBO
Cd	CADMIO
As	ARSENICO
C ₂₀ H ₁₂	BENZO(a)PIRENE
C ₁₈ H ₁₂	BENZO(a)ANTRACENE
C ₂₀ H ₁₂	BENZO(b+j+k)FLUORANTENE
C ₂₂ H ₁₂	INDENO(1,2,3-cd)PIRENE

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.

Andamento orario e giornaliero - Confronto con i limiti di legge

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.

Giorno medio

Per una corretta valutazione dell'andamento degli inquinanti durante le diverse ore del giorno è stato calcolato 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 1:00 è calcolato mediando i valori di concentrazione rilevati alle ore 1:00 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 percentuale molto bassa 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.

La non problematicità di questo inquinante è confermata dai dati ottenuti durante la campagna di monitoraggio di Luserna S. Giovanni, infatti i valori sia giornalieri sia orari sono ampiamente al di sotto dei limiti ([Tabella 6](#) e [Figura 10](#)). Il massimo valore giornaliero è pari a 6 µg/m³ nella campagna invernale e 4,6 µg/m³ in quella estiva (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 8 µg/m³, nel corso della campagna invernale e 9,1 µg/m³ in quella estiva quindi è ampiamente rispettato il livello orario per la protezione della salute fissato dal D.Lgs 155/2010 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 al di sotto dei limiti. Tali risultati positivi si osservano anche a livello provinciale dai dati ottenuti con le centraline fisse di monitoraggio.

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

	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	2	2.0
Massima media giornaliera	6	4.6
Media delle medie giornaliere	4	3.1
Giorni validi	28	19
Percentuale giorni validi	100%	66%
Media dei valori orari	4	3.0
Massima media oraria	8	9.1
Ore valide	667	564
Percentuale ore valide	99%	81%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (350)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (350)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (125)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (500)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (500)</u>	0	0

Figura 10:SO₂: confronto con il livello di protezione della salute (media giornaliera)

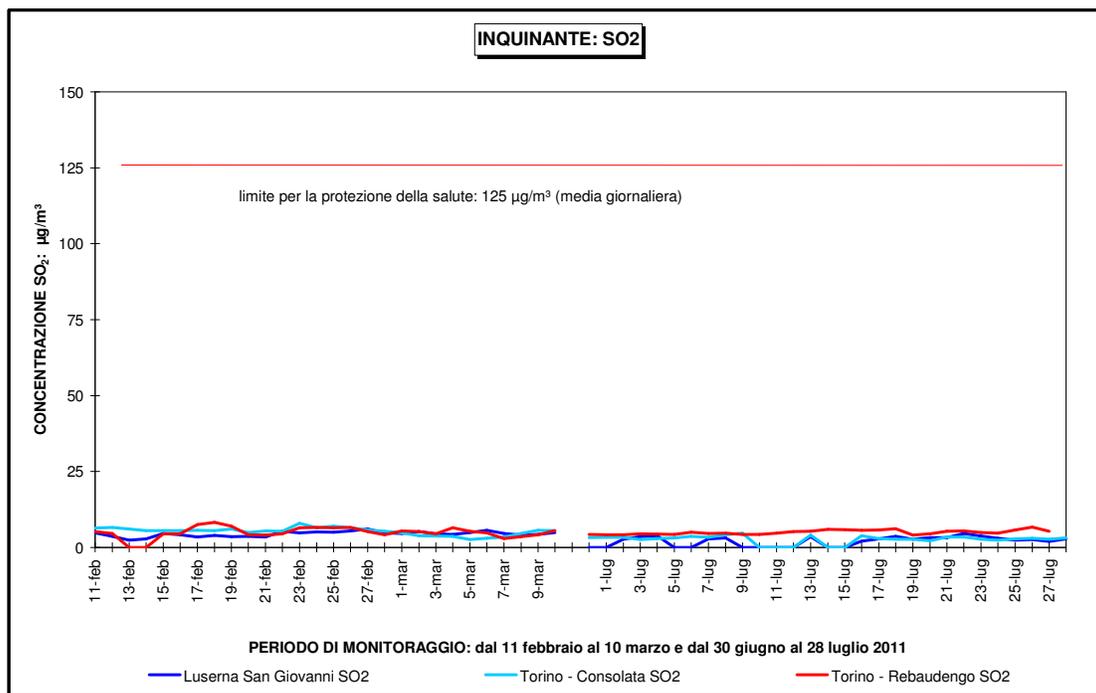


Figura 11:SO₂: medie orarie confronto con alcune stazioni della rete fissa

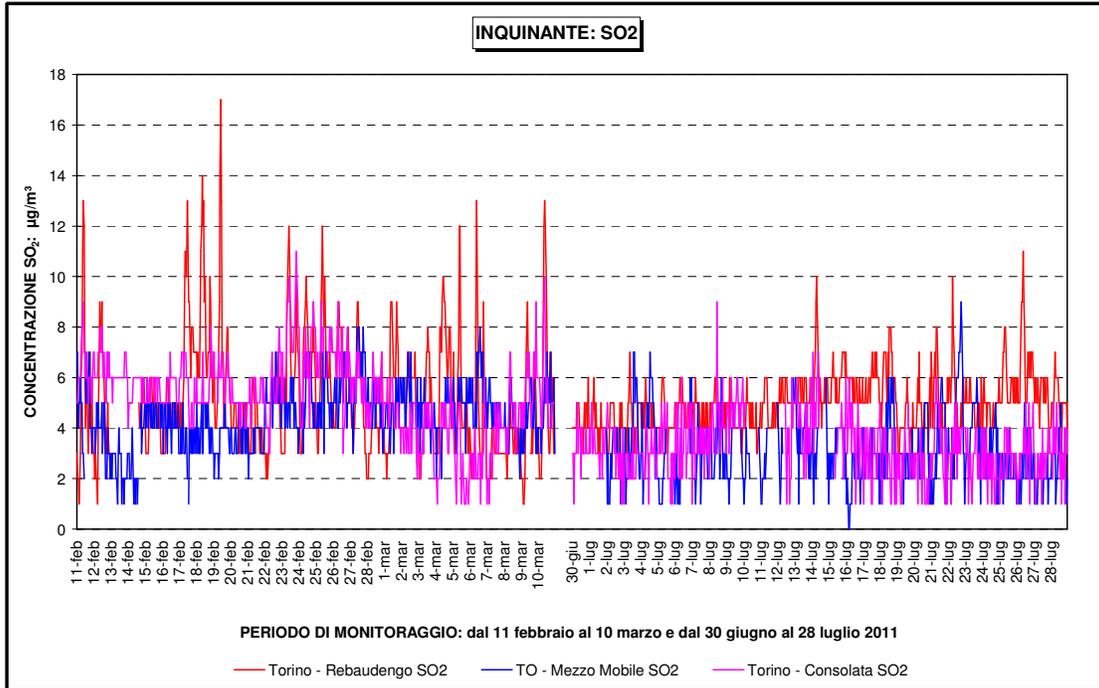


Figura 12:SO₂: giorno medio confronto con alcune stazioni della rete fissa, campagna invernale

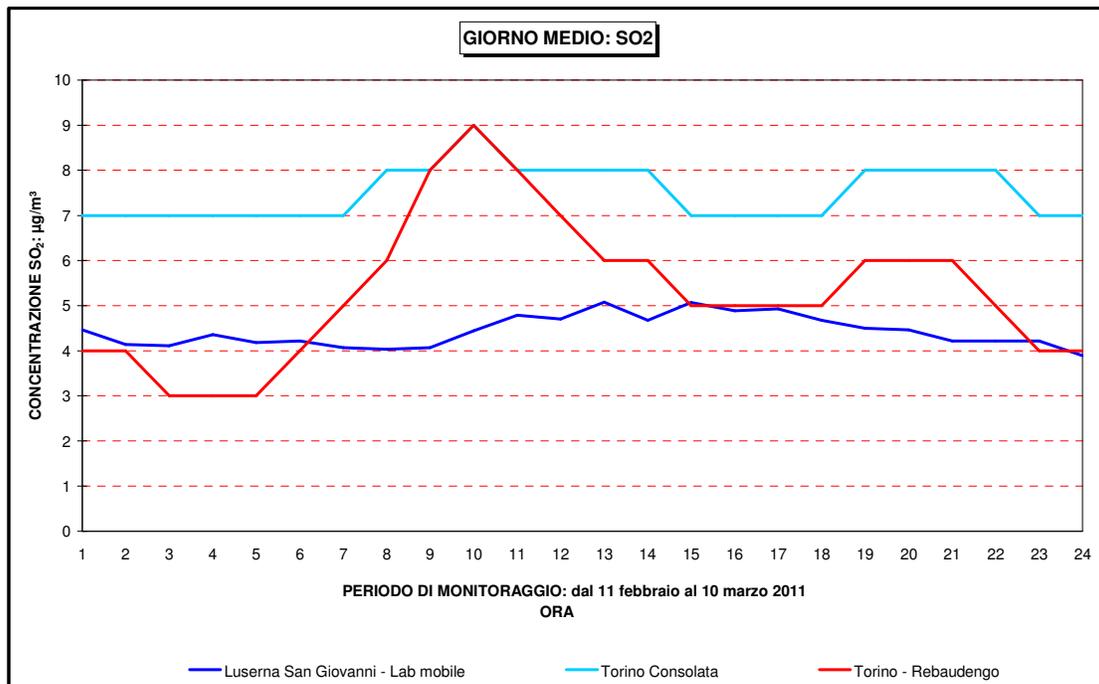
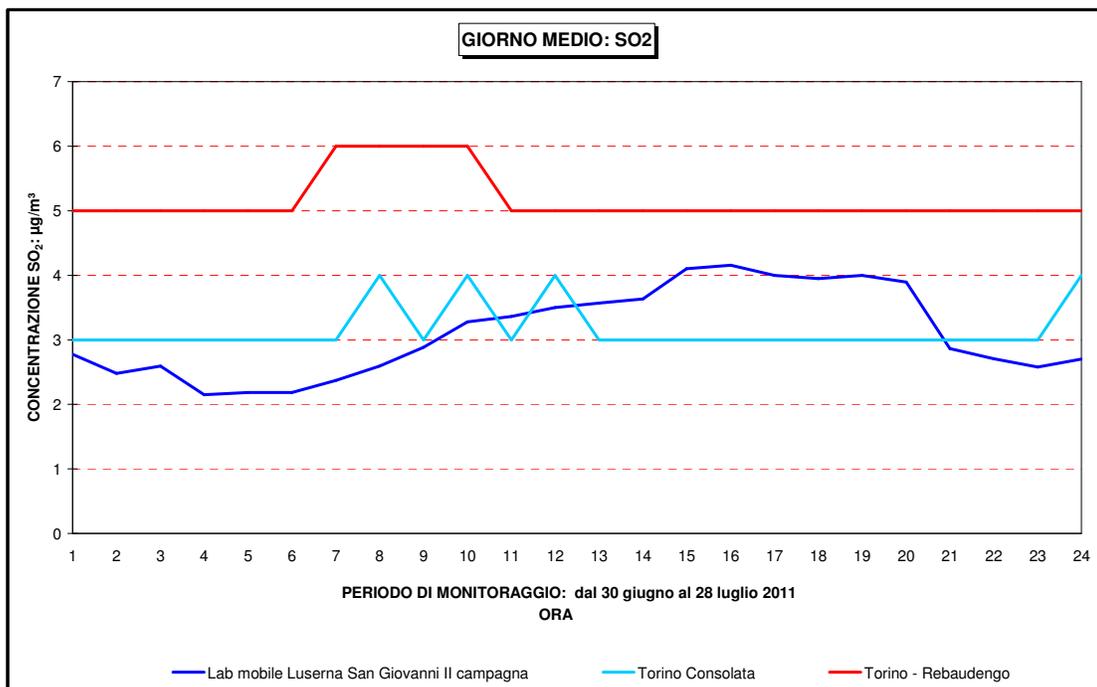


Figura 13:SO2 giorno medio campagna estiva



Ossidi di Azoto

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

Monossido d'azoto

Il monossido di azoto non tossico non è preso in considerazione della normativa , 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; si può tuttavia osservare che nel Comune di Luserna San Giovanni nel periodo considerato si sono misurati valori di concentrazioni tra i più bassi della provincia; il massimo valore registrato (media oraria) è pari a 27 µg/m³, nel corso della campagna invernale, in quella estiva i valori misurati sono sensibilmente minori e il massimo valore di media oraria è pari a 15 µg/m³ le massime media giornaliera sono risultate essere di 9 µg/m³ nella campagna invernale e 3 in quella estiva, il valore medio dell'intero periodo invernale ed estivo è di 5 µg/m³. Dalle [Figura 15](#) e [Figura 16](#) notiamo come dal confronto dei giorno medio del comune di Luserna S. Giovanni con il giorno medio di alcune centraline della rete fissa, i valori misurati nel sito di Luserna S. Giovanni sono superiori solo ai valori della centralina di Druento nella campagna invernale mentre in quella estiva i valori di Luserna S. Giovanni si sovrappongono con i valori della centralina di Druento che è posizionata all'interno del Parco Regionale di "La Mandria"

Tabella 7: Dati relativi al monossido di azoto (NO) (µg/ m³)

	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	4	1
Massima media giornaliera	9	5
Media delle medie giornaliere	9	3
Giorni validi	24	29
Percentuale giorni validi	86%	100%

Media dei valori orari	7	3
Massima media oraria	27	15
Ore valide	579	694
Percentuale ore valide	86%	100%

Figura 14: NO medie orarie confronto con alcune stazioni della rete fissa

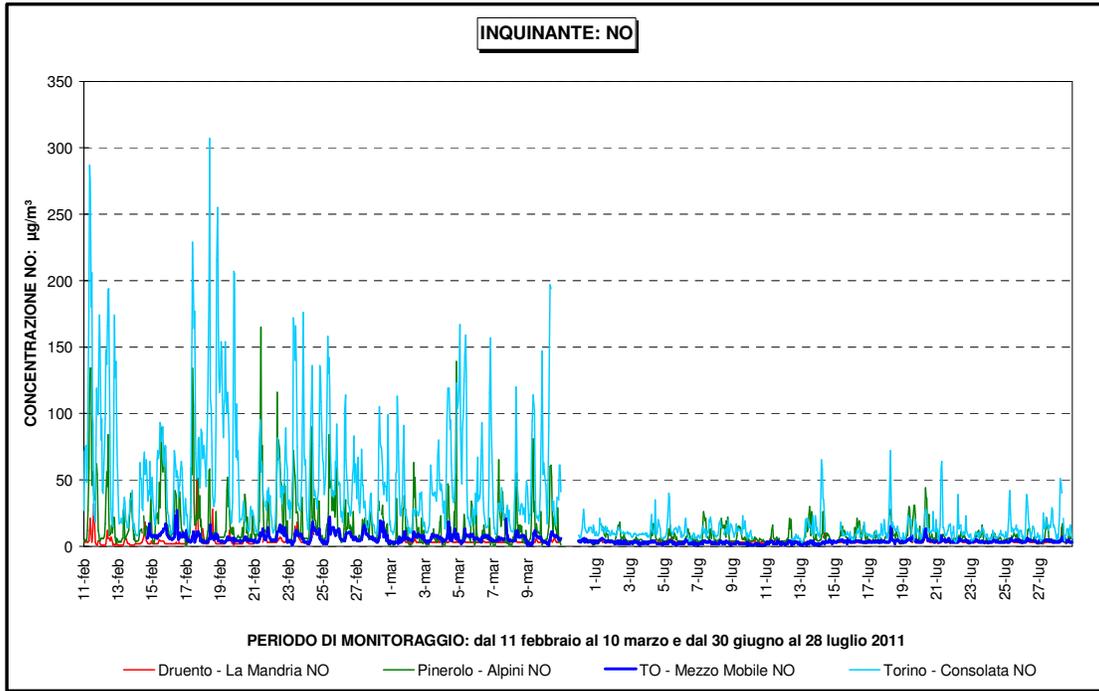


Figura 15: NO giorno medio confronto con alcune stazioni della rete fissa campagna invernale

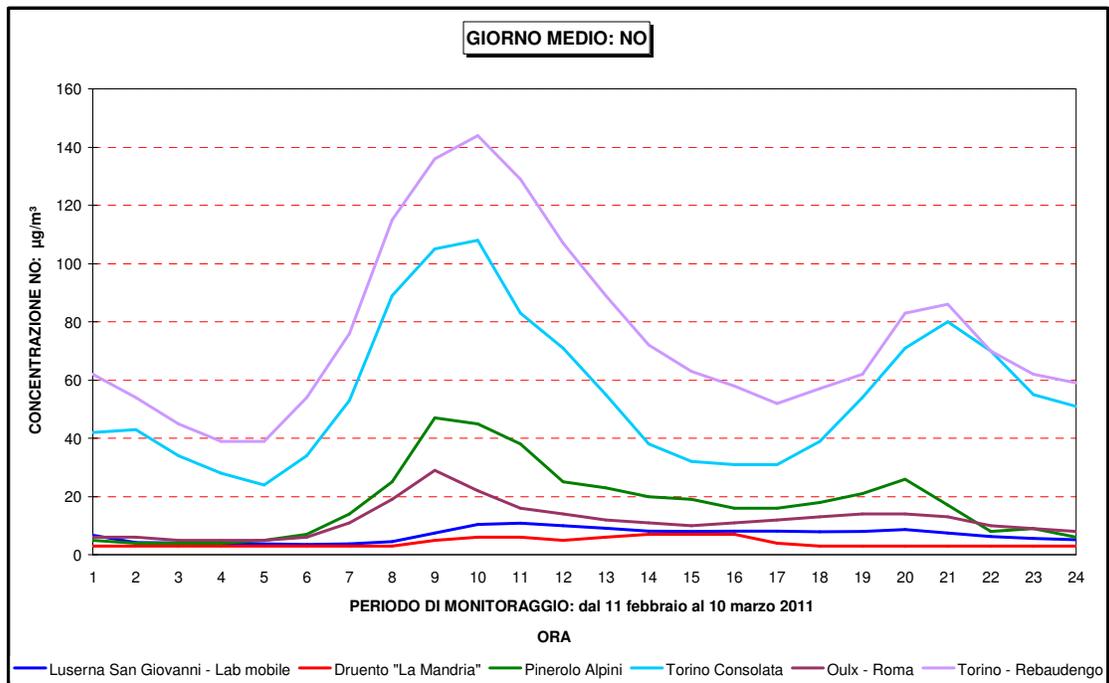
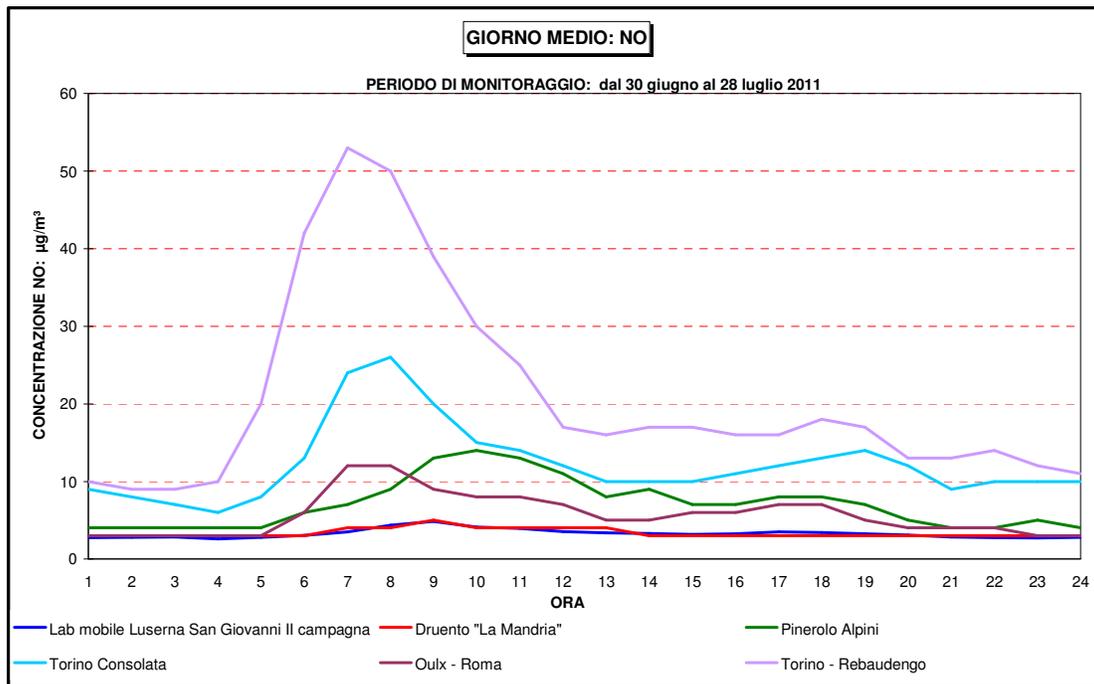


Figura 16:NO giorno medio confronto con alcune stazioni della rete fissa campagna estiva



Biossido d'azoto

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; infatti oltre ad essere originato direttamente dal traffico veicolare, soprattutto quando si raggiungono elevate velocità e la combustione nei motori è più completa, tale inquinante ha un'importante origine secondaria, essendo originato anche attraverso complesse reazioni fotochimiche che hanno luogo in aria ambiente.

Il contributo dell'inquinamento veicolare alle emissioni di ossidi di azoto è diverso a seconda del tipo di veicolo. Da una stima dell'Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici, ("Le emissioni atmosferiche da trasporto stradale in Italia dal 1990 al 2000", APAT 2003), risulta che nell'anno 2000 il fattore di emissione medio di NO_x su percorso urbano stimato per le autovetture ammonta a 1,070 g/veic*km, per i veicoli commerciali leggeri è 2,338 g/veic*km, mentre per i veicoli commerciali pesanti (>3,5 t) e i bus il fattore di emissione è pari a 12,014 g/veic*km.

Per quello che riguarda NO₂ (Tabella 8), durante la campagna di monitoraggio nel comune di Luserna S. Giovanni non si sono registrati superamenti del limite orario di 200 µg/m³ né tantomeno del livello di allarme di 400 µg/m³, essendo la massima media oraria misurata nel comune di Luserna S. Giovanni di 54 µg/m³ nel corso della campagna invernale, mentre nel periodo estivo è stata di 26 µg/m³.

Le Figura 17, Figura 18 e Figura 19 permettono di confrontare i dati della campagna condotta con il mezzo mobile con quelli provenienti da alcune stazioni della rete fissa di monitoraggio compresa la già citata cabina di Druento : dal confronto è evidente che sia le medie orarie che il giorno medio di Luserna San Giovanni presentano concentrazioni tra le più basse dell'intero territorio provinciale.

La normativa prevede anche un valore limite annuale per la protezione della salute umana di 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Visto che la durata del monitoraggio nel comune di Luserna San Giovanni non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo, non è possibile in termini formali un confronto diretto con il limite stesso; Si può però considerare un valore stimato di media annuale ricavato come descritto nella nota. Applicando tale procedimento, si ottengono i valori di media annuale che sono stati messi a confronto con i valori delle altre centraline della rete di monitoraggio della provincia di Torino ([Figura 20](#)).

Nota

Si sono calcolate le medie di NO_2 , per il periodo della campagna, per la stazione di Susa che meglio rappresenta le condizioni meteorologiche (velocità e direzione vento delle valli alpine); dal rapporto con la media dell'anno 2010 di Susa si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne di Luserna San Giovanni permette di ricavare la stima annuale;

$$M_c = (M_p / m_p) \times m_c$$

dove

m_c : media periodo campagne NO_2 di Luserna San Giovanni

M_c : media anno 2010 NO_2 di Luserna San Giovanni

m_p : media periodo campagne NO_2 di Susa

M_p : media anno 2010 NO_2 di Susa

Dalla ([Figura 20](#)) osserviamo che il valore di media annuale stimata per il sito di Luserna S. Giovanni è inferiore al limite annuale di 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ essendo la media stimata pari a 13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ il valore è tra i più bassi dell'intera provincia superiore solo a Ceresole Reale centralina situata alla quota di 1800 m s.l.m. e all'interno del parco nazionale del Gran Paradiso.

Tale condizioni relativamente favorevoli della qualità dell'aria hanno la loro origine nell'elevata dinamicità atmosferica caratteristica delle valli alpine; si conferma pertanto la notevole influenza dei meccanismi di diluizione e rimozione ad opera dei fenomeni meteorologici nel determinare i livelli degli inquinanti atmosferici.

Tabella 8: Dati relativi al biossido di azoto (NO₂) (µg/ m³)

	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	6	5.5
Massima media giornaliera	30	13.6
Media delle medie giornaliere	17	8.6
Giorni validi	24	29
Percentuale giorni validi	86%	100%
Media dei valori orari	16	8.6
Massima media oraria	54	26
Ore valide	579	694
Percentuale ore valide	86%	100%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (200)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (200)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (400)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (400)</u>	0	0

Figura 17: NO₂: confronto con i limiti di legge e con i dati delle stazioni fisse di Druento, Pinerolo e Torino Consolata

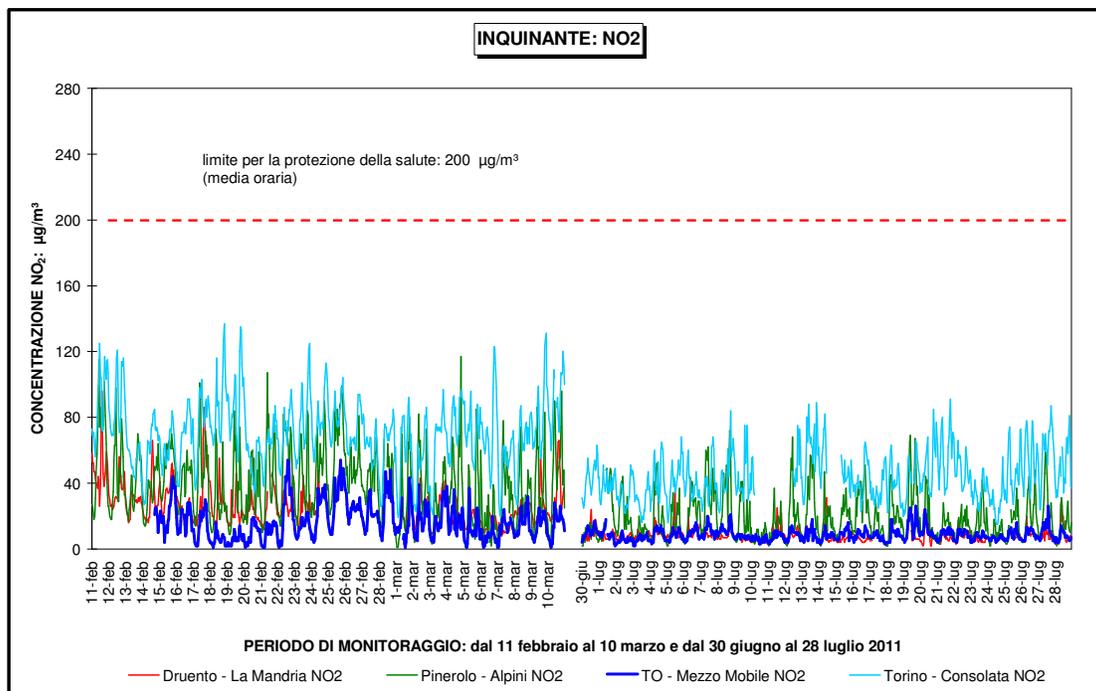


Figura 18: NO₂: andamento del giorno medio campagna invernale

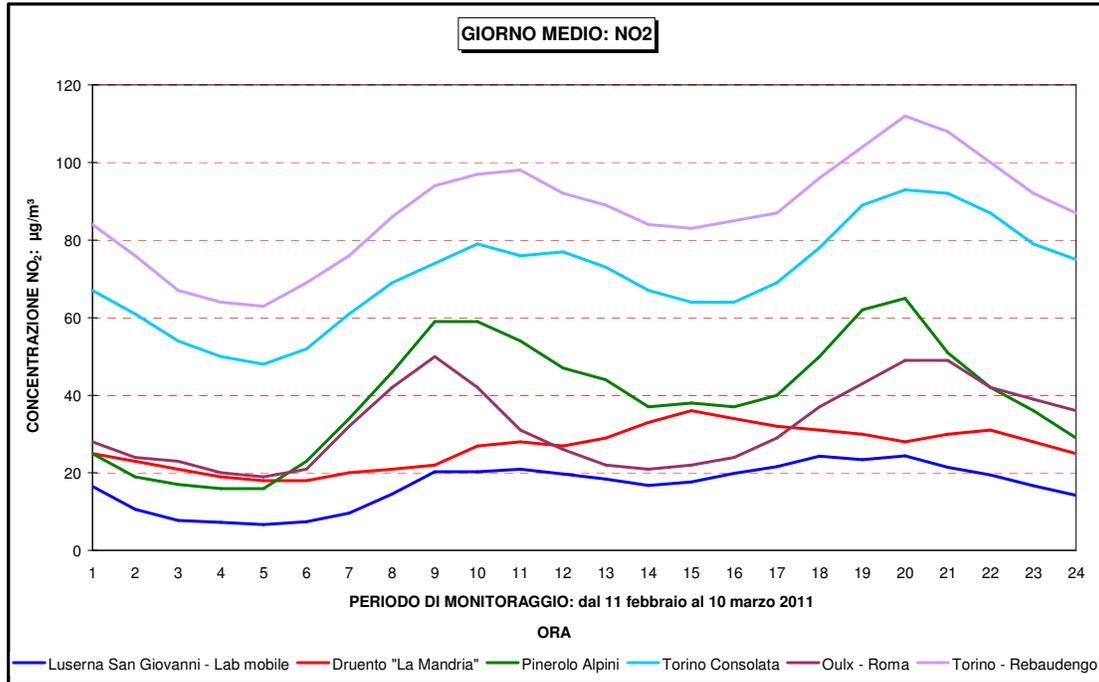


Figura 19: NO₂: andamento del giorno medio campagna estiva

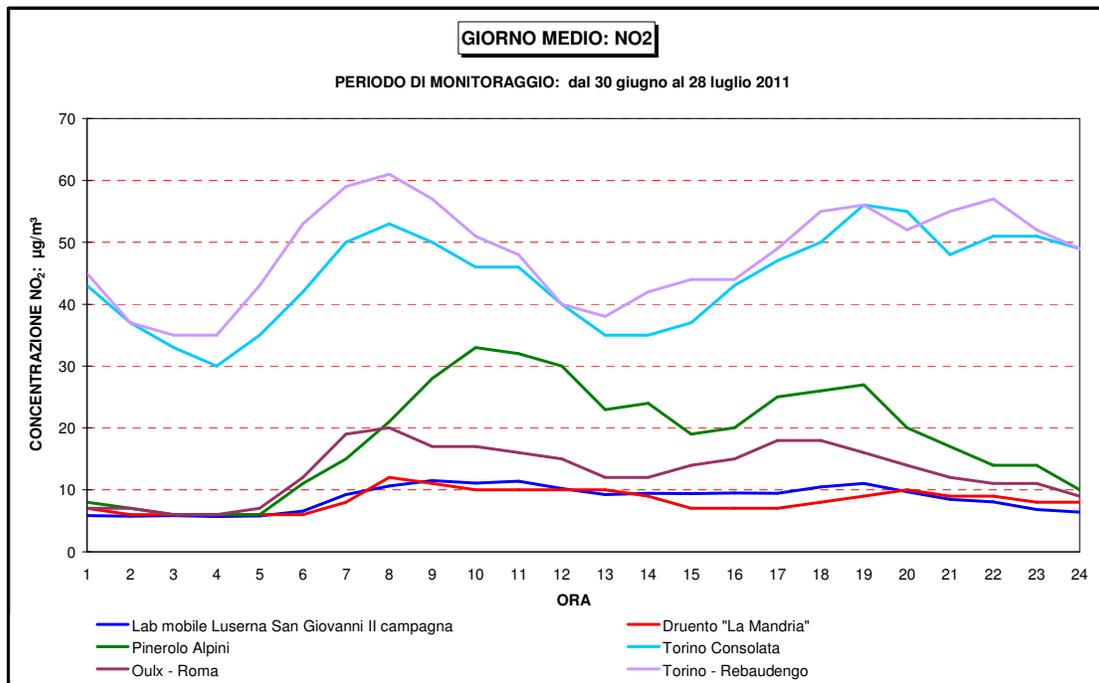
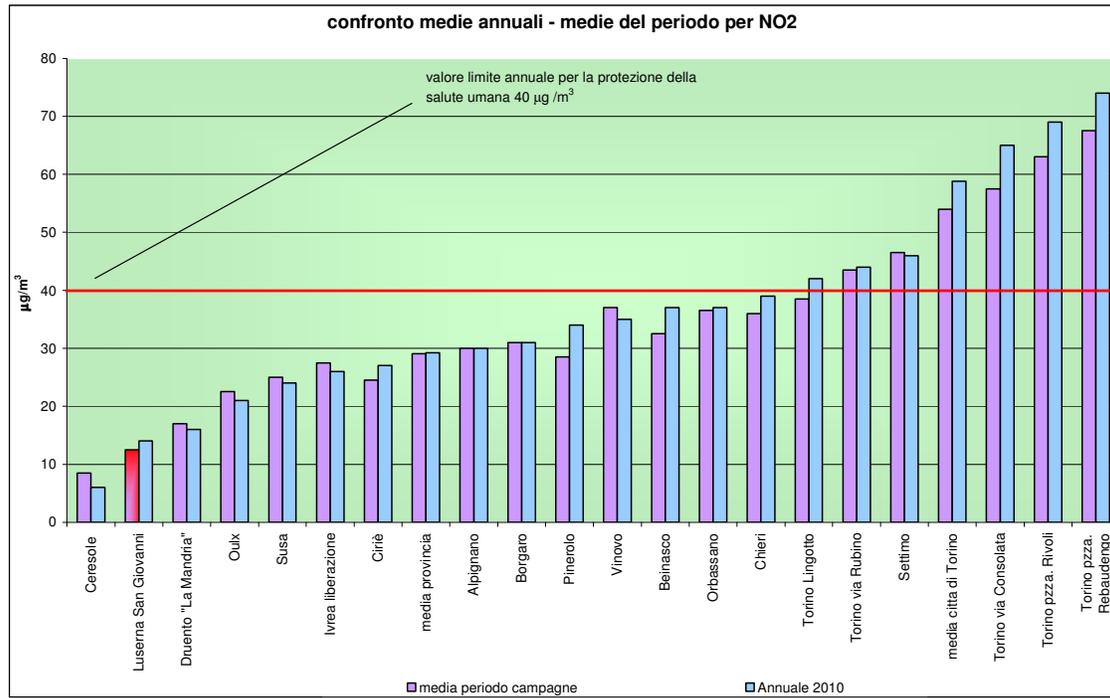


Figura 20: NO₂: confronto medie annuali e medie del periodo nella provincia di Torino



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 dai gas di scarico dei veicoli a benzina. Quando il motore del veicolo funziona al minimo, o si trova in decelerazione si producono le maggiori concentrazioni di CO in emissione, per cui i valori più elevati si raggiungono in zone caratterizzate da intenso traffico rallentato.

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

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

I dati misurati durante la campagna di Luserna S. Giovanni Tabella 9: confermano tale andamento osservato su scala regionale. La normativa 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 $1.5 \text{ mg}/\text{m}^3$ nel corso della campagna invernale, in quella estiva scende a $0,5 \text{ mg}/\text{m}^3$ (Figura 21) e tale limite non è raggiunto neppure su base oraria, il massimo valore orario è pari a $1.7 \text{ mg}/\text{m}^3$ nel campionamento invernale e $0,6 \text{ mg}/\text{m}^3$ in quello estivo.

Le Figura 23 e Figura 24 mostrano l'andamento medio delle concentrazioni del CO nel corso della giornata rispettivamente per la campagna invernale ed estiva. I valori più elevati si registrano nelle ore di maggior traffico veicolare tra le 8 e le 9 e in serata dalle 19 alle 21. Il confronto con i dati di alcune stazioni della rete provinciale fissa rispecchia la situazione già descritta per gli altri parametri presi in considerazione: il sito di Luserna S. Giovanni presenta infatti concentrazioni di monossido di carbonio superiori solo alla centralina di Oulx la quale è situata in un'area con regime di vento giornaliero simile a quello di Luserna S. Giovanni ma con velocità delle brezze di valle e di monte mediamente superiori, nel corso della campagna estiva i valori riscontrati sono così bassi che rasentano il limite di rilevabilità degli strumenti.

Tabella 9: Dati relativi al monossido di carbonio (CO) (mg/m³)

	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	0.9	0.2
Massima media giornaliera	1.3	0.5
Media delle medie giornaliere	1.1	0.3
Giorni validi	28	27
Percentuale giorni validi	100%	93%
Media dei valori orari	1.1	0.3
Massima media oraria	1.7	0.6
Ore valide	668	664
Percentuale ore valide	99%	95%
Minimo delle medie 8 ore	0.7	0.1
Media delle medie 8 ore	1.1	0.3
Massimo delle medie 8 ore	1.5	0.5
Percentuale medie 8 ore valide	100%	95%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore(10)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 10)</u>	0	0

Figura 21: CO: confronto con il limite di legge (media trascinata sulle 8 ore)

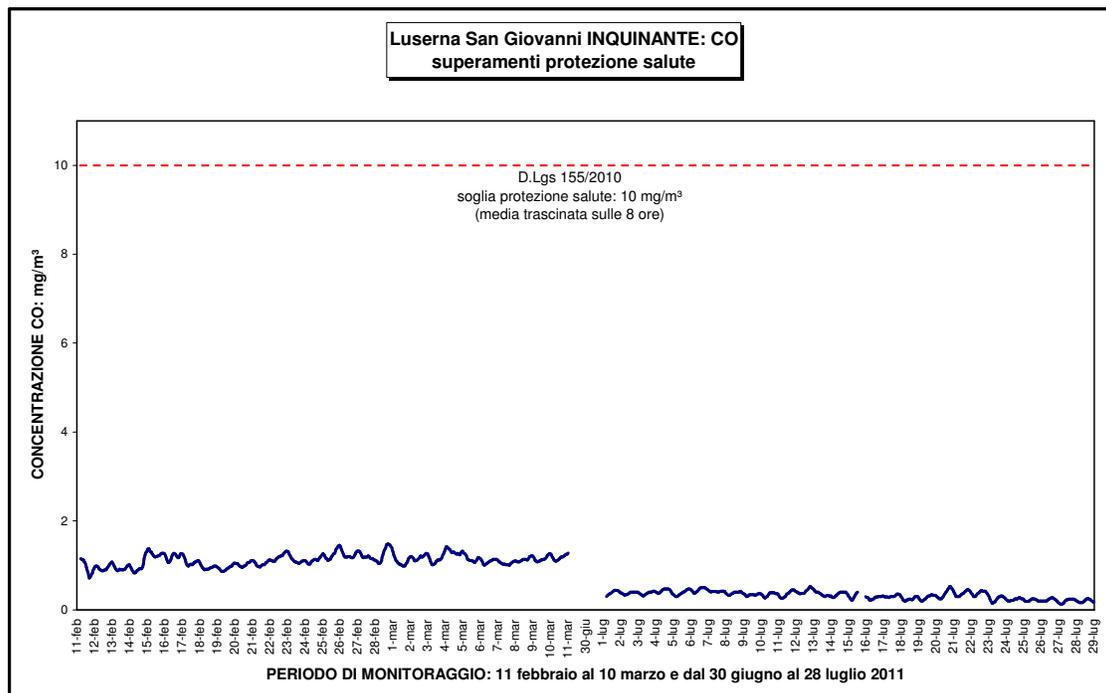


Figura 22: CO andamento medie orarie

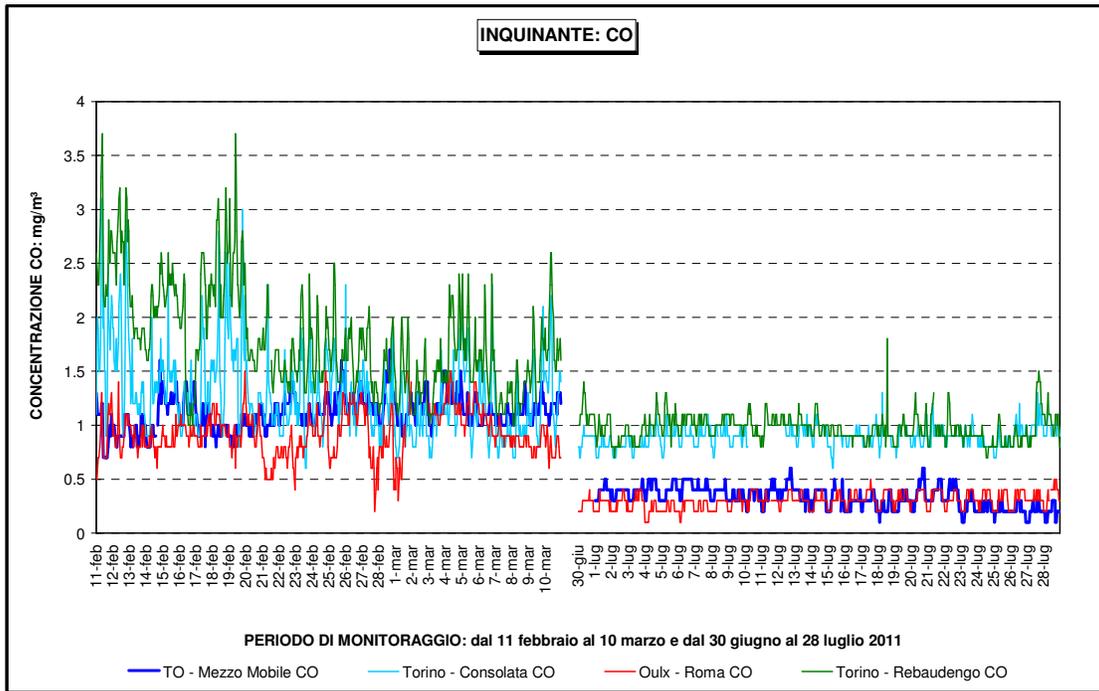


Figura 23: CO: andamento del giorno medio campagna invernale

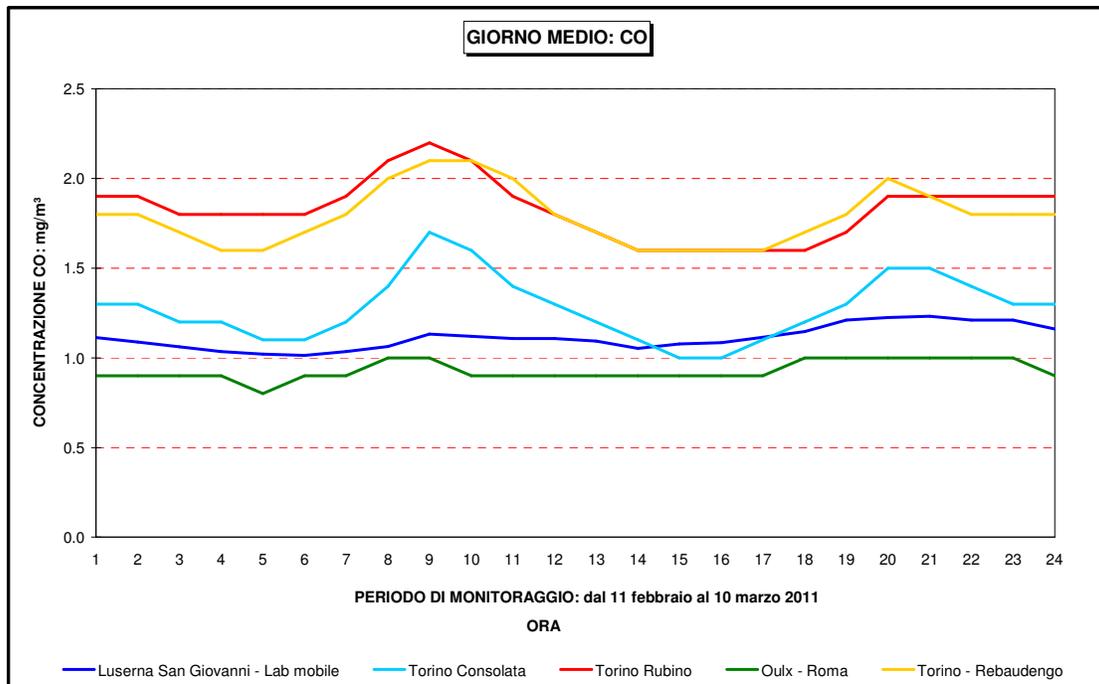
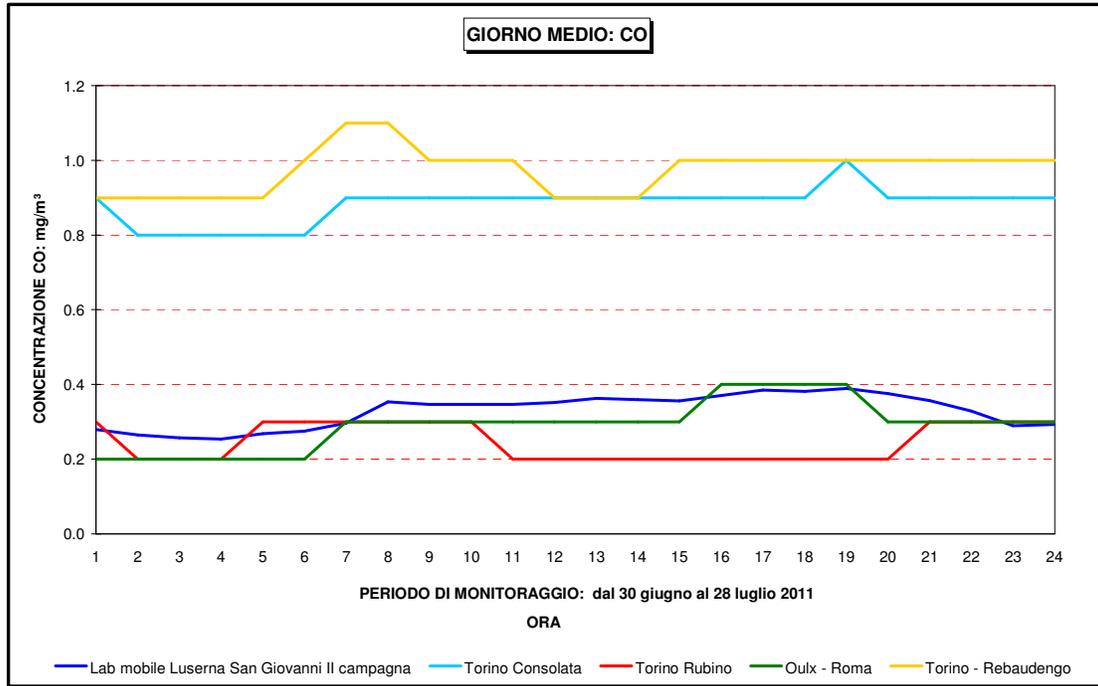


Figura 24: CO andamento del giorno medio campagna estiva



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) consigliano un valore guida 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 prevede per il benzene un valore limite annuale di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, visto che la durata del monitoraggio nel sito di Luserna S. Giovanni è pari a due mesi distribuiti nel corso dell'anno in stagioni diverse, la media dei valori del rilevamento invernale ed estivo non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo, non è quindi possibile in termini formali un confronto diretto con il limite stesso.

Si può però considerare un valore stimato di media annuale descritto nella nota. Applicando tale procedimento, si ottengono i valori di media annuale che sono stati messi a confronto con i valori delle altre due centraline della rete di monitoraggio della provincia di Torino che misurano il benzene ubicate in Torino – Via della Consolata e Via Rubino.

Nota

Si sono calcolate le medie di benzene, per il periodo della campagna, per le stazioni di Torino Consolata e Torino Rubino; dal rapporto con la media dell'anno 2010 di Torino Consolata e Torino Rubino si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne di Luserna permette di ricavare la stima annuale;

$$M_c = (M_p / m_p) \times m_c$$

dove

m_c : media periodo campagne benzene di Luserna San Giovanni

M_c : media anno 2010 benzene di Luserna San Giovanni

m_p : media periodo campagne benzene di Consolata e Rubino

M_p : media anno 2010 benzene di Consolata e Rubino

Le stime annuali ottenute sono tutte inferiori al valore limite annuale per la protezione della salute di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ imposto dal D.Lgs 155/2010 (vedi [Figura 28](#)); infatti la media delle medie giornaliere della campagna invernale è stata di $2,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mentre in quella estiva si è misurato un valore di $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La media annuale stimata è stata di $1,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ben al di sotto del limite annuale.

Dalla [Figura 25](#), [Figura 26](#) e [Figura 27](#) osserviamo che le concentrazioni orarie del benzene nel sito monitorato con il laboratorio mobile hanno un andamento significativamente inferiore a quello delle altre due stazioni di monitoraggio che misurano tale inquinante, ubicate in Torino – Via della Consolata e Via Rubino; trattandosi di un inquinante di origine prevalentemente auto veicolare, tale fenomeno è con tutta evidenza legato alle situazioni locali di traffico e alle caratteristiche del sito di monitoraggio.

Per il toluene la massima media giornaliera è risultata essere di $5,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nel corso della campagna invernale e di $4,8$ in quella estiva ([Tabella 11](#)), ben al di sotto del valore guida consigliato dall'OMS.

Tabella 10: Dati relativi al benzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	1.2	0.4
Massima media giornaliera	3.0	0.7
Media delle medie giornaliere	2.1	0.5
Giorni validi	24	29
Percentuale giorni validi	86%	100%
Media dei valori orari	2.1	0.5
Massima media oraria	5.1	1.1
Ore valide	577	694
Percentuale ore valide	86%	100%

Tabella 11: Dati relativi al toluene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	1.8	3.3
Massima media giornaliera	5.9	4.8
Media delle medie giornaliere	2.8	3.7
Giorni validi	24	29
Percentuale giorni validi	86%	100%
Media dei valori orari	2.9	3.7
Massima media oraria	12.7	15.6
Ore valide	577	694
Percentuale ore valide	86%	100%

Figura 25: Benzene: andamento orario e confronto con i dati della stazione di Torino - Consolata e Torino - Rubino

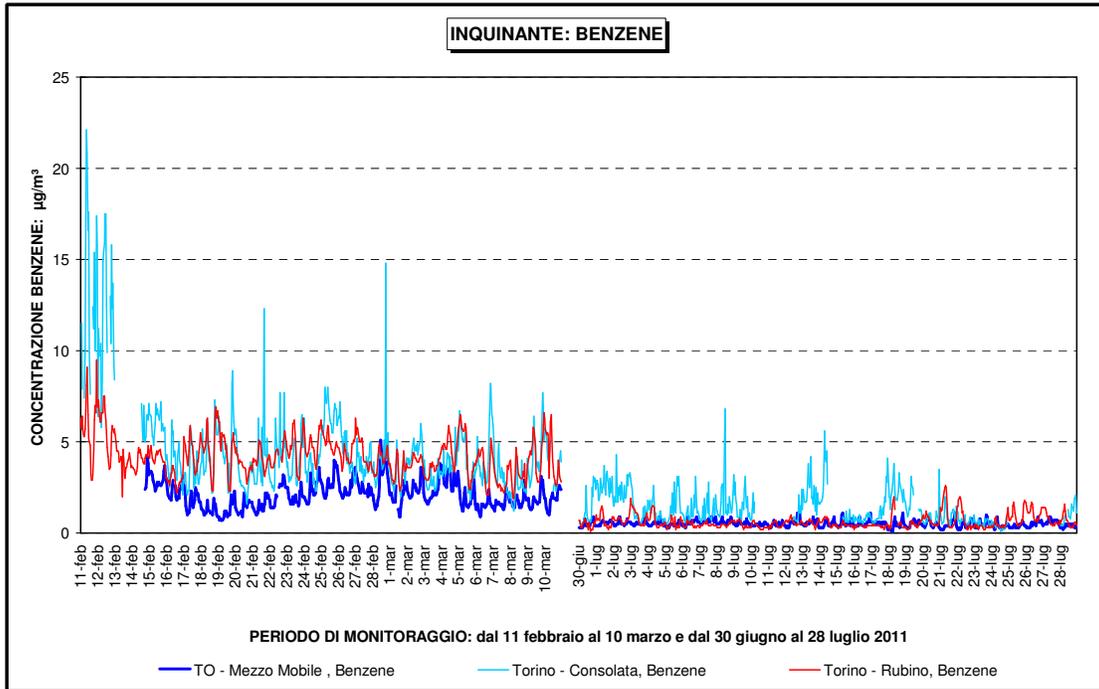


Figura 26: Benzene: giorno medio e confronto con i dati della stazione di Torino - Consolata e Torino - Rubino campagna invernale

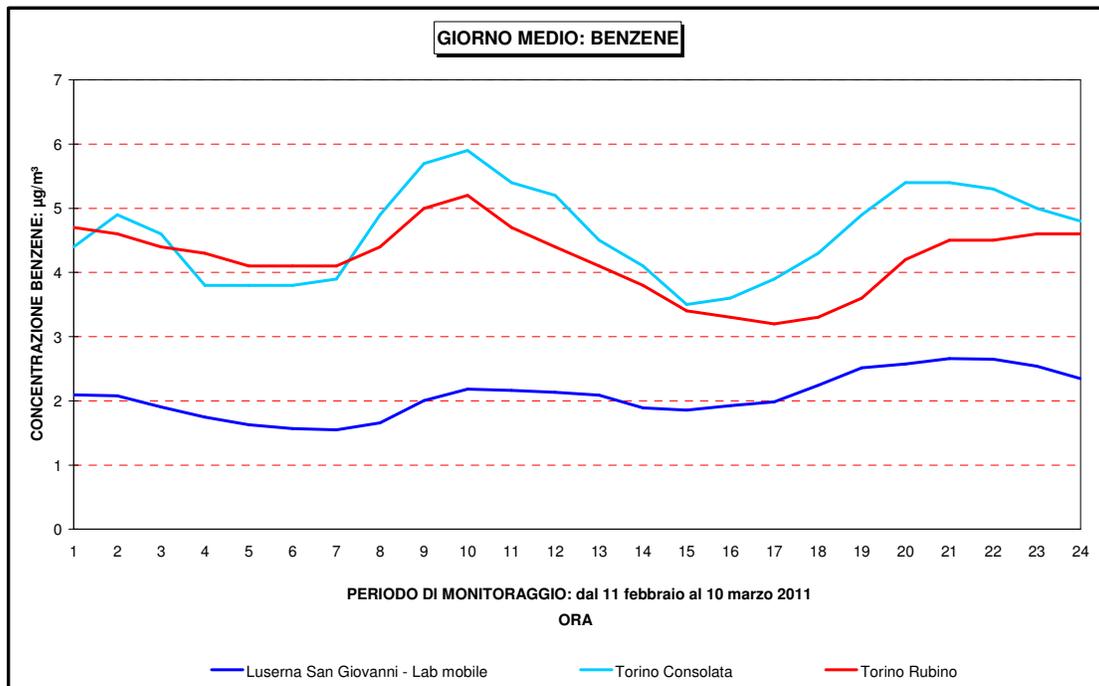


Figura 27: Benzene: giorno medio e confronto con i dati della stazione di Torino - Consolata e Torino – Rubino campagna estiva

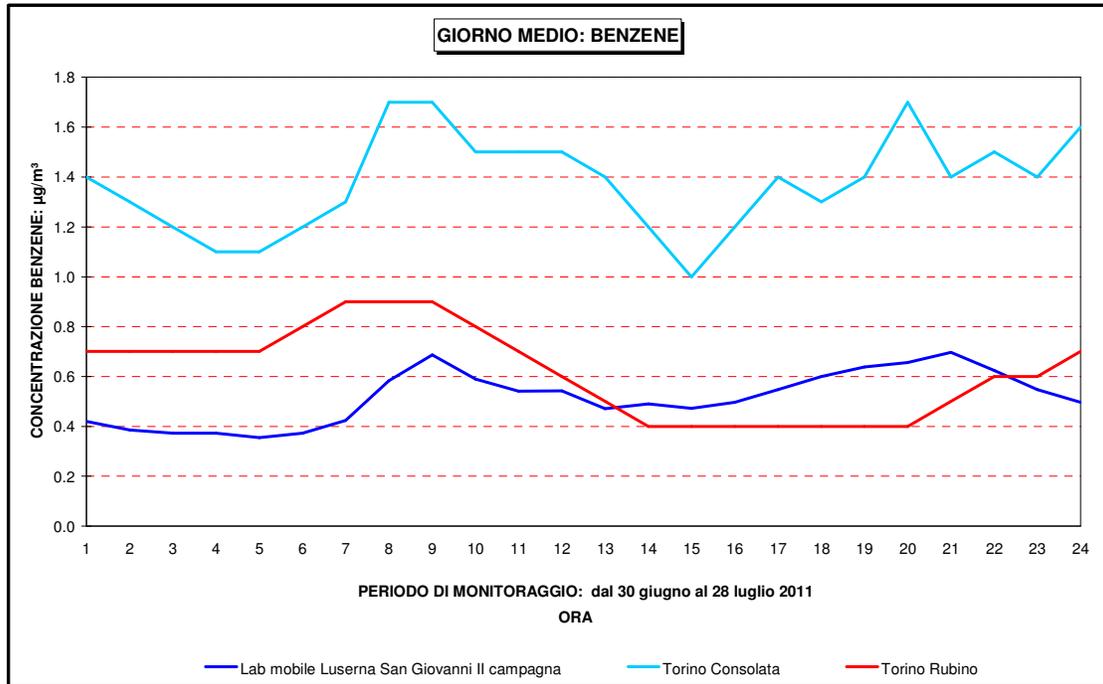
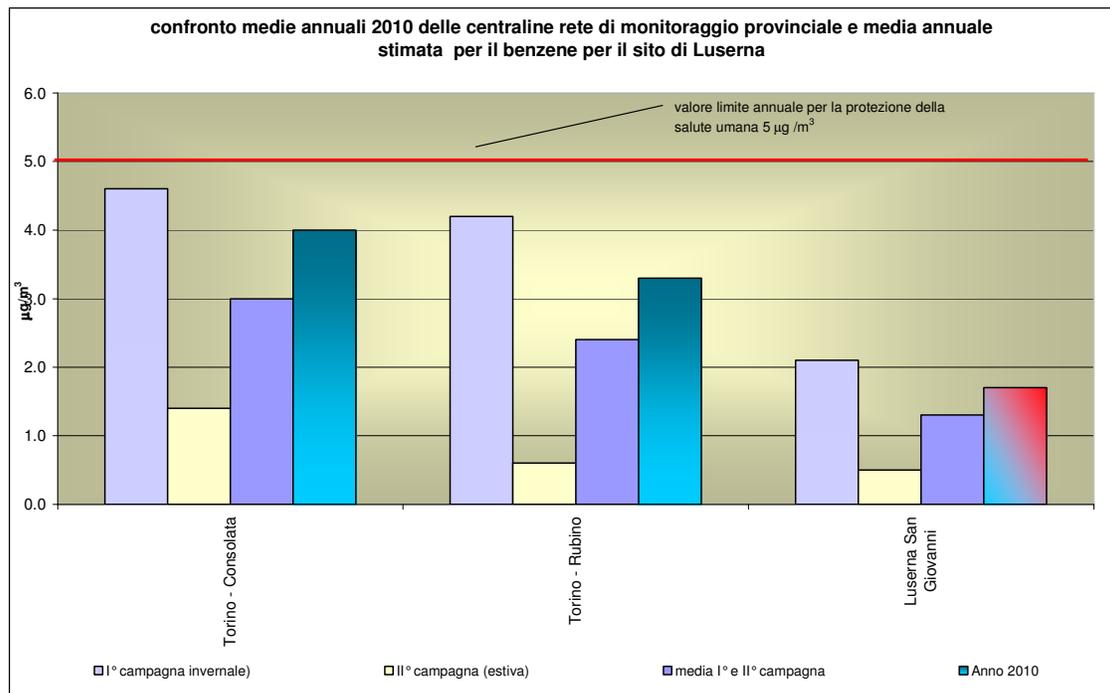


Figura 28: benzene, confronto medie annuali 2010 delle centraline rete di monitoraggio provinciale e media annuale stimata per il sito di Luserna S. Giovanni



Particolato Sospeso (PM_{10}) e ($PM_{2.5}$)

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 manifestazioni di malattie croniche alle vie respiratorie, a causa degli inquinanti che queste particelle veicolano e che possono essere rilasciate negli alveoli polmonari.

La legislazione italiana, recependo quella europea, non ha più posto limiti per il particolato sospeso totale (PTS), ma a partire dal DM 60/2002 ha previsto dei limiti esclusivamente per il particolato PM_{10} , cioè la frazione con diametro aerodinamico inferiore a 10 μm , più pericolosa in quanto può raggiungere facilmente trachea e bronchi e mettere inoltre a contatto l'apparato respiratorio con sostanze ad elevata tossicità adsorbite sul particolato stesso.

Inoltre il DLgs 155/2010 ha introdotto, come descritto nel capitolo relativo alla normativa, un valore limite e un valore obiettivo annuale anche per il $PM_{2.5}$ (particolato con diametro aerodinamico inferiore ai 2.5 μm).

PM_{10}

Nel monitoraggio eseguito nel comune di Luserna S. Giovanni si sono avuti per il particolato PM_{10} dieci superamenti del valore limite giornaliero di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ su 28 giorni, pari al 36 % dei dati validi della campagna invernale, mentre non si sono avuti superamenti in quella estiva come indicato in [Tabella 12](#) e in [Figura 33](#); notiamo che, nel periodo invernale si sono avuti superamenti del limite giornaliero su tutte le stazioni di rilevamento della provincia con l'eccezione della stazione di Ceresole Reale, posizionata ad una quota di circa 1800 metri s.l.m. e classificata come stazione di fondo rurale, mentre nel periodo estivo (luglio 2011) non si sono avuti superamenti in nessuna stazione della rete provinciale.

La [Figura 29](#) mostra come l'andamento e i livelli di PM_{10} determinati per il sito di Luserna S. Giovanni siano inferiori alle stazioni messe a confronto, compresa la stazione di Druento posizionata nel parco regionale "La Mandria". Si osserva inoltre che la diminuzione dei valori medi di particolato si ha, com'è prevedibile, in corrispondenza dei giorni nei quali si sono presentate precipitazioni atmosferiche o era presente vento con velocità sostenute.

La normativa prevede anche un valore limite annuale per la protezione della salute umana di 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Visto che la durata del monitoraggio a Luserna S. Giovanni è pari a due mesi distribuiti nel corso dell'anno in stagioni diverse, la media dei valori non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo; non è quindi possibile in termini formali un confronto diretto con il limite stesso.

Si può però considerare un valore stimato di media annuale ricavato come descritto nella nota. Applicando tale procedimento, si ottengono i valori di media annuale che sono stati messi a confronto con i valori delle altre centraline della rete di monitoraggio della provincia di Torino in cui si determina il PM_{10} .

Nota

Si sono calcolate le medie di PM 10 per il periodo della campagna, per la stazione di Susa che meglio rappresenta le condizioni meteorologiche (velocità e direzione vento delle valli alpine); dal rapporto con la media dell'anno 2010 di Susa si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne di Luserna S. Giovanni San Giovanni permette di ricavare la stima annuale;

$$M_c = (M_p / m_p) \times m_c$$

dove

m_c : media periodo campagne PM 10 di Luserna S. Giovanni

M_c : media anno 2010 PM 10 di Luserna S. Giovanni

m_p : media periodo campagne PM 10 di Susa

M_p : media anno 2010 PM 10 di Susa

La stima annuale ottenuta è inferiore al valore limite annuale per la protezione della salute di 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ imposto dal D.Lgs 155/2010.

La media annuale stimata è pari a 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e situa il comune di Luserna S. Giovanni nell'intorno dei valori più bassi rilevabili a livello provinciale vedi [Figura 32](#).

Tale condizioni relativamente favorevoli della qualità dell'aria hanno la loro origine nell'elevata dinamicità atmosferica caratteristica delle valli alpine; si conferma pertanto la notevole influenza dei meccanismi di diluizione e rimozione ad opera dei fenomeni meteorologici nel determinare i livelli degli inquinanti atmosferici.

PM_{2.5}

Il parametro PM_{2.5} segue, come andamento temporale e valori medi di concentrazione giornaliera, il PM₁₀ (vedi [Figura 31](#)). Il rapporto PM_{2.5}/PM₁₀ medio nel sito di Luserna S. Giovanni in entrambe le campagne è pari a 0,84, mentre per una stazione di fondo urbano come Torino Lingotto o suburbano come Borgaro Torinese tale rapporto nello stesso periodo risulta inferiore (0,80 per Lingotto e 0,75 per Borgaro).

In base ai dati di letteratura scientifica ciò fa presumere che nel sito di Luserna S. Giovanni il particolato aerodisperso abbia una significativa componente secondaria, vale a dire non attribuibile a emissioni dirette a carattere locale ma bensì originata da complessi processi chimico-fisici che intessano ampie zone del territorio e comportano la trasformazione in particolato di inquinanti in origine allo stato gassoso.

Dalla [Figura 30](#) e dalla [Figura 34](#) notiamo che, in termini relativi, i valori di PM_{2.5} nel sito di Luserna S. Giovanni sono risultati mediamente inferiori a quelle delle altre stazioni provinciali in cui viene misurato questo inquinante, ad eccezione di Ceresole Reale. Il valore medio del periodo invernale è 38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ mentre in quello estivo diminuisce a 13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, il valore medio delle due campagne risulta essere di 25,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. In termini assoluti tale valore è superiore al valore limite previsto dalla normativa pari a 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ che però va calcolato su base annuale.

Visto che la durata del monitoraggio a Luserna S. Giovanni è pari a due mesi distribuiti nel corso dell'anno in stagioni diverse, la media dei valori non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo; non è quindi possibile in termini formali un confronto diretto con il limite stesso.

Si può però considerare un valore stimato di media annuale come descritto nella nota. Applicando tale procedimento, si ottengono i valori di media annuale che sono stati messi a confronto con i valori delle altre centraline della rete di monitoraggio della provincia di Torino in cui si determina il PM 2,5.

Nota

Si sono calcolate le medie di PM 2,5 per il periodo della campagna, per la stazione della provincia in cui si misura il PM 2,5 dal rapporto con la media dell'anno 2010 della provincia si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne di Luserna S. Giovanni San Giovanni permette di ricavare la stima annuale;

$$M_c = (M_p / m_p) \times m_c$$

dove

m_c : media periodo campagne PM 2,5 di Luserna San Giovanni

M_c : media anno 2010 PM 2,5 di Luserna San Giovanni

m_p : media periodo campagne PM 2,5 della provincia

M_p : media anno 2010 PM 2,5 della provincia

La stima annuale stimata ottenuta è pari a 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e quindi nominalmente inferiore al valore limite annuale per la protezione della salute di 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ imposto dal D.Lgs 155/2010. Va comunque osservato che, trattandosi di un valore stimato, la differenza con il valore limite non è statisticamente significativa e quindi è più corretto affermare che la media annuale del PM2.5 nel sito considerato è confrontabile con il valore limite.

In termini relativi tale media annuale si situa comunque nell'intorno dei valori più bassi rilevabili a livello provinciale (vedi [Figura 34](#)).

In termini generali per PM_{2,5} e PM₁₀, che sono due tra gli inquinanti più critici nell'intero bacino padano, sono necessari interventi strutturali a livello provinciale e regionale per la riduzione delle fonti primarie di polveri e dei precursori della componente secondaria del particolato.

Tuttavia anche interventi a livello locale in armonia con tale strategia possono dare un contributo importante per ottenere gli obiettivi indicati.

Tabella 12: Dati relativi al particolato sospeso PM₁₀ (µg/m³)

	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	12	8
Massima media giornaliera	83	32
Media delle medie giornaliere	42	17
Giorni validi	28	28
Percentuale giorni validi	100%	97%
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)</u>	10	0

Tabella 13: Dati relativi al particolato sospeso PM_{2,5} (µg/m³)

	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	9	5
Massima media giornaliera	77	26
Media delle medie giornaliere	38	13
Giorni validi	26	27
Percentuale giorni validi	93%	93%

Figura 29: Particolato sospeso PM₁₀: confronto con il limite giornaliero per la protezione della salute e con i dati di alcune stazioni della rete fissa

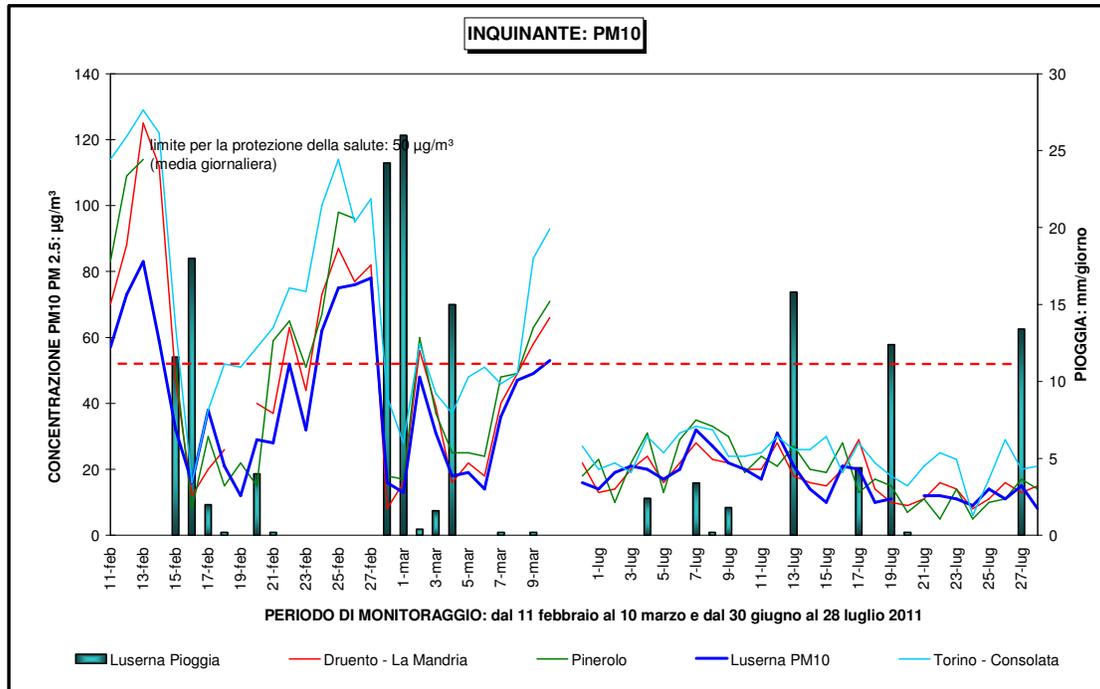


Figura 30: Particolato sospeso PM_{2.5}: confronto con i dati di alcune stazioni della rete fissa

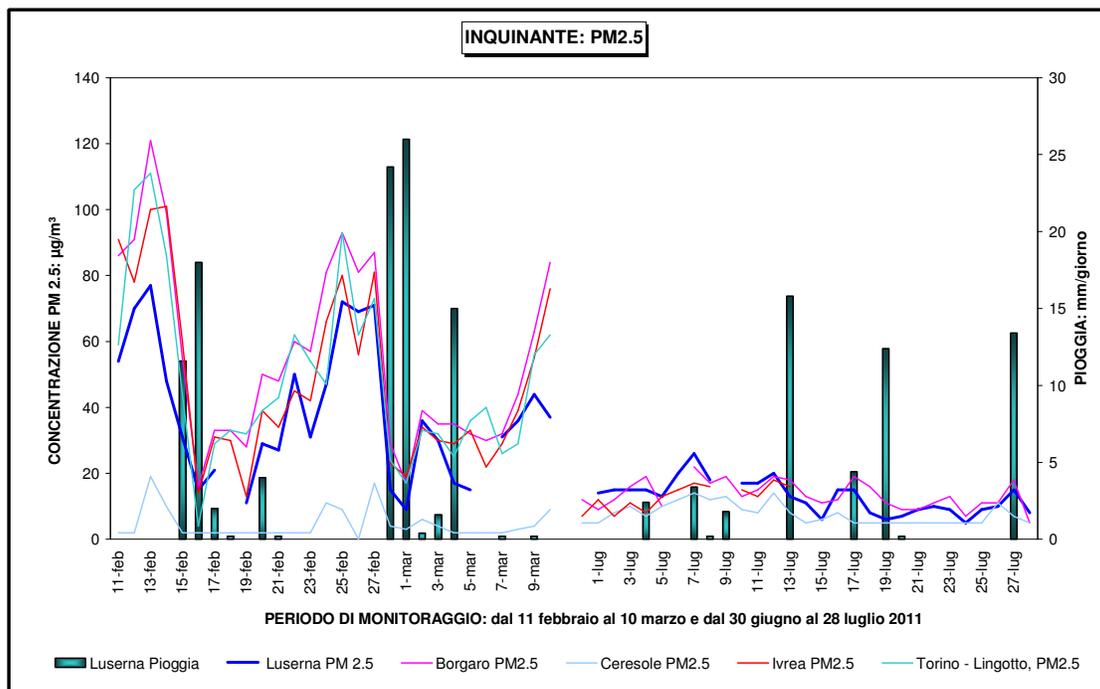


Figura 31: Particolato sospeso PM₁₀ e PM_{2.5}: confronto

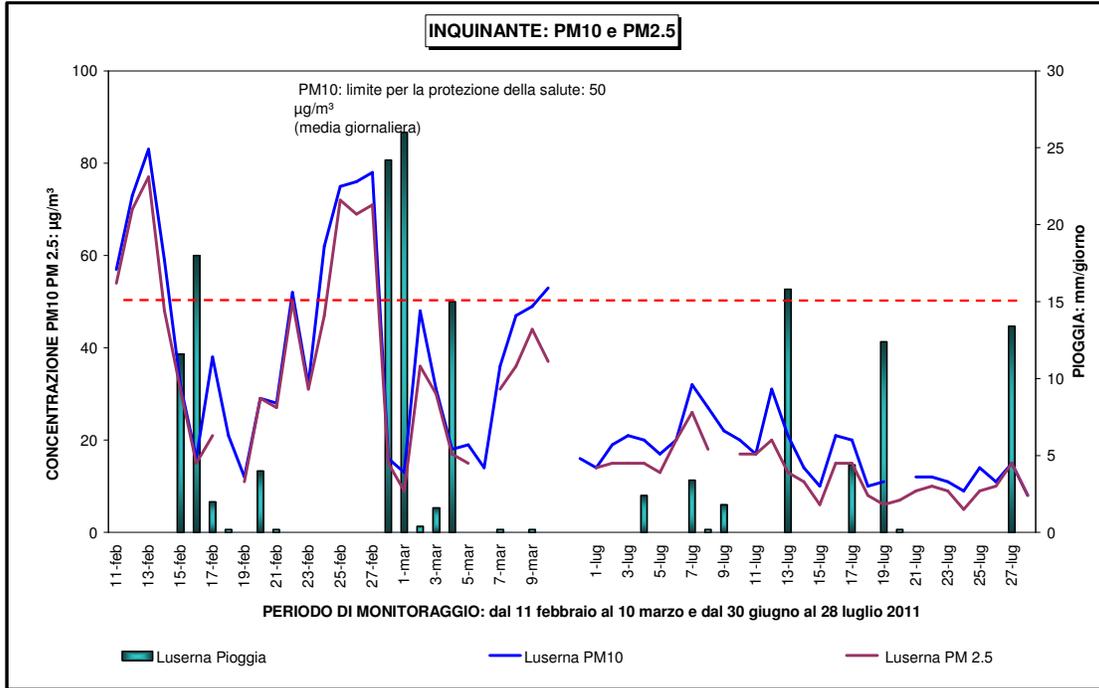


Figura 32: Particolato sospeso PM₁₀ confronto medie anno 2010 e medie del periodo nella provincia di Torino

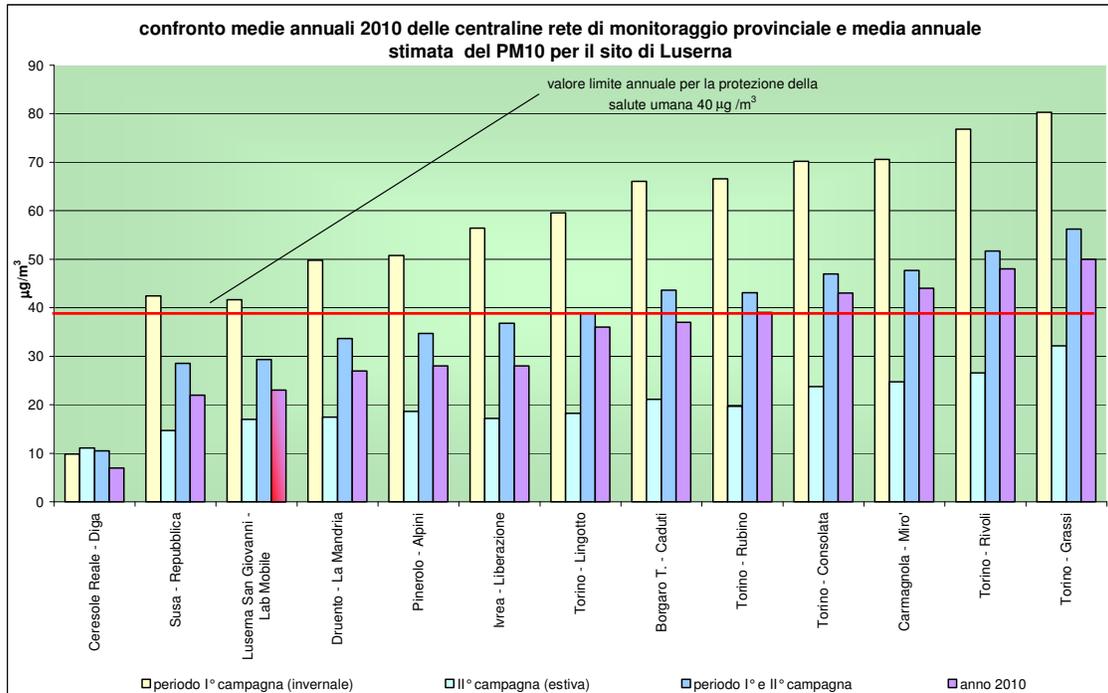


Figura 33: Particolato sospeso PM₁₀ confronto percentuali di superamenti del limite giornaliero di 50 µg/m³ del periodo nella provincia di Torino

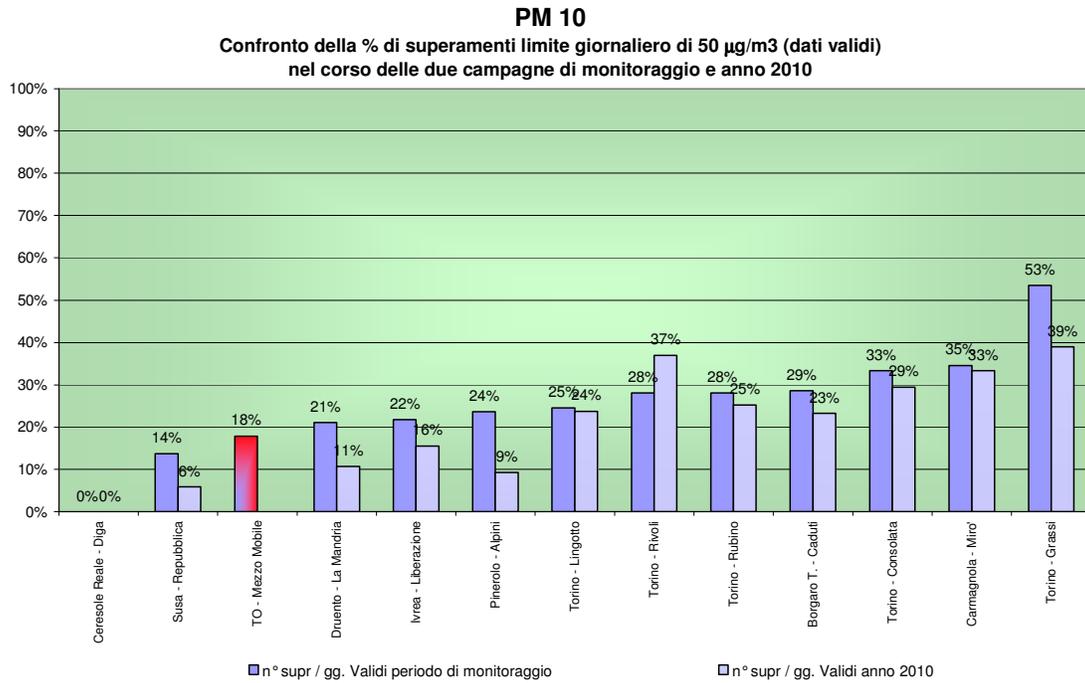
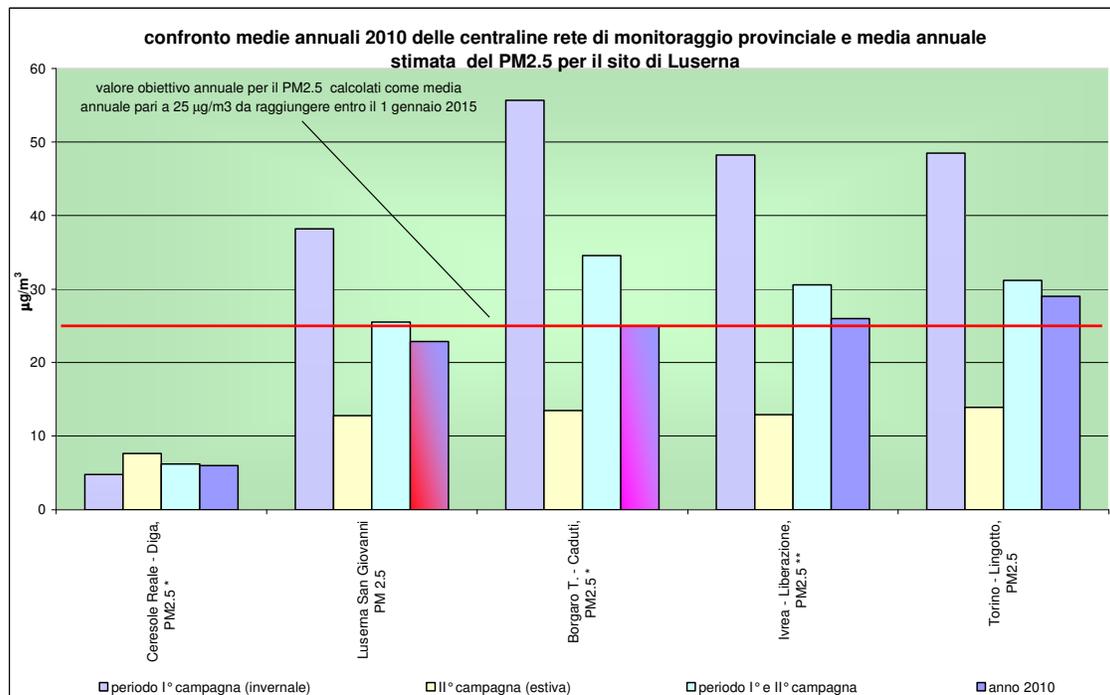


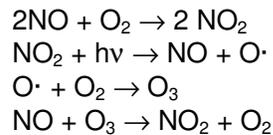
Figura 34: Particolato sospeso PM_{2.5} confronto medie anno 2010 e medie del periodo nella provincia di Torino



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 periodo di campionamento della campagna invernale i livelli di ozono sono sempre risultati inferiori a 93 µg/m³, come media oraria pertanto non si sono registrati superamenti del livello di protezione della salute (120 µg/m³ calcolata come media trascinata sulle 8 ore) né superamenti del livello d'informazione (pari a 180 µg/m³ come media oraria), come riportato in [Tabella 14](#): e mostrato in [Figura 36](#). Durante la campagna estiva si sono avuti 7 superamenti del livello di protezione della salute (120 µg/m³ calcolata come media trascinata sulle 8 ore), nessun superamento del livello d'informazione (pari a 180 µg/m³ come media oraria),

Questo parametro presenta quindi una certa criticità solo nel periodo estivo, visto che la normativa attualmente in vigore (D.Lgs 155/2010) prevede che a partire 2010 il valore di 120 µg/m³ non venga superato per più di 25 giorni per anno civile come media su tre anni¹; tuttavia dalla [Tabella 15](#) si evince che si tratta di una criticità estesa a tutto il territorio provinciale. L'ozono infatti, data la origine secondaria, è di fatto un inquinante ubiquitario: nei siti più periferici e remoti sono possibili fenomeni di trasporto e accumulo sia dell'ozono sia dei precursori emessi nelle aree antropizzate .

La formazione e la degradazione dell'ozono coinvolgono un numero notevole di composti e di fenomeni chimico-fisici e interessano aree molto vaste, per cui per la risoluzione di questo problema sono fondamentali le politiche a livello regionale o sovraregionale miranti alla complessiva riduzione dei precursori.

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))

Tabella 14: Dati relativi all'ozono (O₃) (µg/ m³)

	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	15	47
Massima media giornaliera	53	99
Media delle medie giornaliere	35	70
Giorni validi	28	29
Percentuale giorni validi	100%	100%
Media dei valori orari	35	70
Massima media oraria	93	152
Ore valide	668	694
Percentuale ore valide	99%	100%
Minimo delle medie 8 ore	10	23
Media delle medie 8 ore	35	70
Massimo delle medie 8 ore	72	135
Percentuale medie 8 ore valide	99%	100%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore(120)</u>	0	18
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 120)</u>	0	7
<u>Numero di superamenti livello informazione (180)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello informazione (180)</u>	0	0
<u>Numero di valori orari superiori al livello allarme (240)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (240 per almeno 3 ore consecutive)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un valore superiore al livello allarme (240)</u>	0	0

Figura 35: O₃: confronto con i limiti di legge

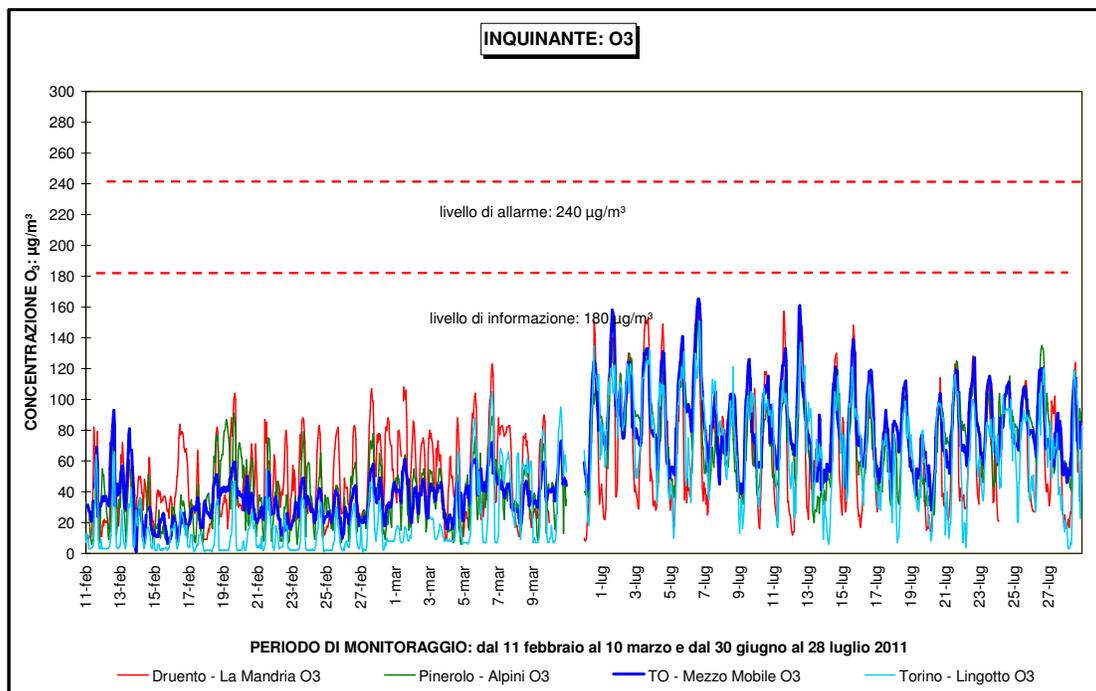


Figura 36: O3 superamenti protezione della salute umana

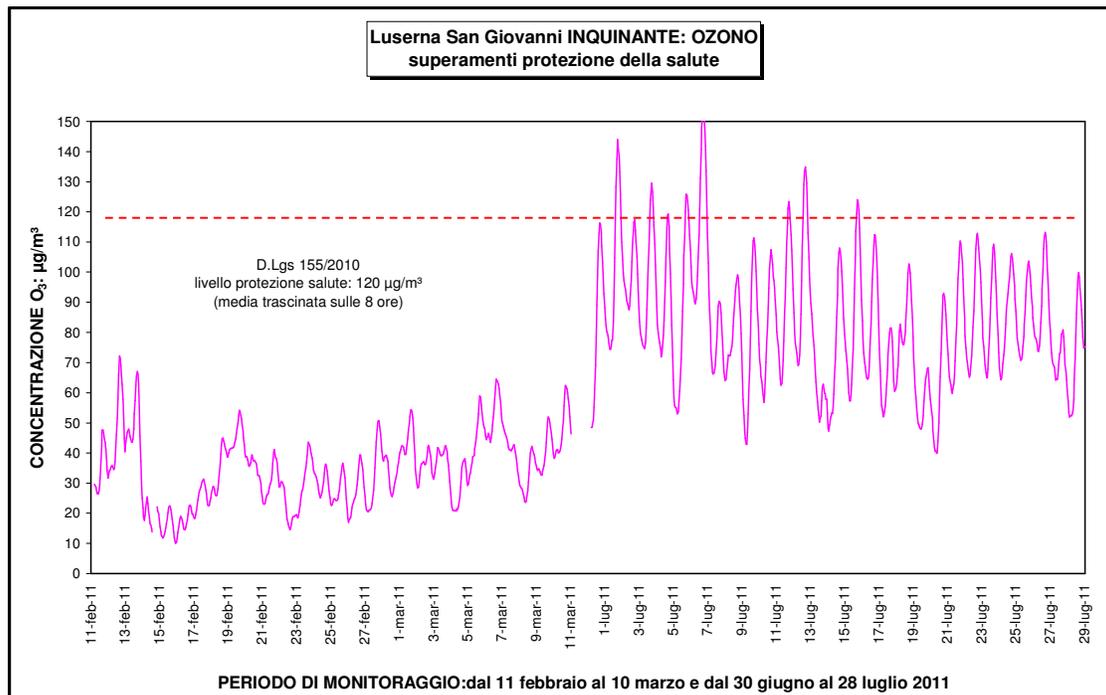


Tabella 15: valori medi di ozono, numeri di superamenti limiti di legge, confronto con anno 2010 nella provincia di Torino

	I° campagna (invernale)			II° campagna (estiva)			I° e II° campagna			Anno 2010		
	media conc. O ₃ µg/m ³	Numero di superamenti a lungo termine per la protezione e della salute umana (max media 8h > (0))	Numero di superamenti livello informazione (180)	media conc. O ₃ µg/m ³	Numero di superamenti a lungo termine per la protezione e della salute umana (max media 8h > (0))	Numero di superamenti livello informazione (180)	media conc. O ₃ µg/m ³	Numero di superamenti a lungo termine per la protezione e della salute umana (max media 8h > (0))	Numero di superamenti livello informazione (180)	media conc. O ₃ µg/m ³	Numero di superamenti a lungo termine per la protezione e della salute umana (max media 8h > (0))	Numero di superamenti livello informazione (180)
Torino - Lingotto	19	0	0	72	3	0	46	3	0	40	34	0
Borgaro T. - Caduti	28	0	0	64	1	0	46	1	0	47	52	0
Susa - Repubblica	34	0	0	63	1	0	49	1	0	54	30	0
Vinovo - Volontari	30	0	0	70	7	0	50	7	0	42	37	0
Orbassano - Gozzano	34	0	0	69	3	0	52	3	0	47	36	0
Ivrea - Liberazione	36	0	0	67	1	0	52	1	0	54	53	0
Alpignano - Gobetti	37	0	0	70	5	0	54	5	0	49	45	25
Pinerolo - Alpini	35	0	0	76	5	0	56	5	0	56	27	0
Druento - La Mandria	47	0	0	70	8	0	59	8	0	50	59	22
Luserna San Giovanni Lab mobile	35	0	0	84	7	0	60	7	0			
Ceresole - Diga	89	0	0	94	7	0	92	7	0	92	82	8

IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI

DESCRIZIONE

Gli idrocarburi policiclici aromatici, noti come IPA, sono un importante gruppo di composti organici caratterizzati dalla presenza di due o più anelli aromatici condensati. Gli IPA presenti in aria ambiente si originano da tutti i processi che comportano la combustione incompleta e/o la pirolisi di materiali organici. Le principali fonti di emissione in ambito urbano sono costituite dagli autoveicoli alimentati a benzina o gasolio e dalle combustioni domestiche e industriali che utilizzano combustibili solidi o liquidi. Tuttavia negli autoveicoli alimentati a benzina l'utilizzo di marmitte catalitiche riduce l'emissione di IPA dell'80-90%². A livello di ambienti confinati il fumo di sigaretta e le combustioni domestiche possono costituire un'ulteriore fonte di inquinamento da IPA.

In termini generali la parziale sostituzione del carbone e degli oli combustibili con il gas naturale ai fini della produzione di energia ha costituito un indubbio beneficio anche in termini di emissioni di IPA. La diffusione della combustione di biomasse per il riscaldamento domestico, invece, se da un lato ha indubbi benefici in termini di bilancio complessivo di gas serra, dall'altro va tenuta attentamente sotto controllo in quanto la quantità di IPA emessi da un impianto domestico alimentato a legna è 5 -10 volte maggiore di quella emessa da un impianto alimentato con combustibile liquido (kerosene, gasolio da riscaldamento, ecc.)³.

In termini di massa gli IPA costituiscono una frazione molto piccola del particolato atmosferico rilevabile in aria ambiente (< 0,1%) ma rivestono un grande rilievo tossicologico, specialmente quelli con 5 o più anelli, e sono per la quasi totalità adsorbiti sulla frazione di particolato con diametro aerodinamico inferiore a 2,5 µm.

In particolare il benzo(a)pirene (o 3,4-benzopirene), che è costituito da cinque anelli condensati, viene utilizzato quale indicatore di esposizione in aria per l'intera classe degli IPA. Il D.Lgs. 152/2007 individua anche altri sei idrocarburi policiclici aromatici di rilevanza tossicologica (art. 5.4) che vanno misurati al fine di verificare la costanza dei rapporti tra la loro concentrazione e quella del benzo(a)pirene stesso

I dati ricavati da test su animali di laboratorio indicano che molti IPA hanno effetti sanitari rilevanti che includono l'immunotossicità, la genotossicità, e la cancerogenicità. Va comunque sottolineato che, da un punto di vista generale, la maggiore fonte di esposizione a IPA, secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità, non è costituita dall'inalazione diretta ma dall'ingestione di alimenti contaminati a seguito della deposizione del particolato atmosferico al suolo. In particolare il benzo(a)pirene, produce tumori a livello di diversi tessuti sugli animali da laboratorio ed è inoltre l'unico idrocarburo policiclico aromatico per il quale sono disponibili studi approfonditi di tossicità per inalazione, dai quali risulta che questo composto induce il tumore polmonare in alcune specie. L'International Agency for Research on Cancer (IARC)⁴ classifica il benzo(a)pirene nel gruppo 1 come "cancerogeno per l'uomo", il dibenzo(a,h)antracene nel gruppo 2A come "probabile cancerogeno per l'uomo" mentre tutti gli altri IPA sono inseriti nel gruppo 2B come "possibili cancerogeni per l'uomo".

La normativa italiana fissa un obiettivo di qualità solo per il benzo(a)pirene qui di seguito riportato.

BENZO(A)PIRENE			
Riferimento normativo	Parametro di controllo	Periodo di osservazione	Valore di riferimento
VALORE OBIETTIVO (D.Lgs 155/2010)	media annuale	Anno (1 gennaio - 31 dicembre)	1 ng/m ³

Tabella 16: benzo(a)pirene, valori di riferimento e normativa in vigore.

Analogamente agli altri inquinanti in cui esiste un limite di legge annuale (NO₂, Benzene, PM10, PM2.5) e visto che la durata del monitoraggio del sito oggetto della relazione è pari a due mesi

² European Commission Ambient air pollution by PAH –Position Paper , pag 8

³ EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook – 2007 pag. B216-29 tab 8.1a e B216-.32 tab 8.2 b

⁴ International Agency for Research on Cancer (IARC) –Agents reviewed by the IARC monographs Volumes 1-100A last updated 2 april 2009

distribuiti nel corso dell'anno in stagioni diverse, la media dei due mensili non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo; non è quindi possibile in termini formali un confronto diretto con il limite stesso.

Si può però considerare anche in questo caso un valore stimato di media annuale ricavato come descritto nella nota. Applicando tale procedimento, si ottengono i valori di media annuale che sono stati messi a confronto con i valori delle altre stazioni della rete di monitoraggio della provincia di Torino in cui si determinano gli idrocarburi policiclici aromatici.

Nota

Si sono calcolate le medie dei quattro IPA (Benzo(a)antracene, Benzo(b+j+k)fluorantene, Benzo(a)pirene, Indeno(1, 2, 3-cd)pirene per il periodo della campagna, per la stazione di Susa che meglio rappresenta le condizioni meteorologiche velocità e direzione vento delle valli alpine); dal rapporto con la media dell'anno 2010 di Susa si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne di ogni sito oggetto del monitoraggio permette di ricavare la stima annuale di ogni singolo IPA analizzato;

$$M_c = (M_p / m_p) \times m_c$$

dove

m_c : media periodo campagne per ogni parametro IPA di Luserna San Giovanni

M_c : media anno 2010 ogni parametro IPA di Luserna San Giovanni

m_p : media periodo campagne per ogni parametro IPA di Susa

M_p : media anno 2010 per ogni parametro IPA di Susa

Dall'analisi dei dati notiamo che in base alla stima effettuata il valore obiettivo dettato dal D.Lgs 155/2010 per il benzo(a)pirene (1 ng/m³ media annuale) nel sito di monitoraggio con di Luserna San Giovanni è ampiamente rispettato; gli altri IPA monitorati hanno evidenziato concentrazioni analoghe ad altri siti della rete di monitoraggio provinciale, aventi le stesse condizioni d'inquinamento (vedi dalla Figura 37 alla Figura 40); il valore medio sia di benzo(a)pirene (0,2 ng/m³) che degli altri IPA risulta inferiore a quello misurato in tutte le stazioni fisse della provincia, con l'eccezione di Druento "La Mandria" e Ceresole Reale, entrambe situate all'interno di parchi naturali (in particolare quella di Ceresole Reale è situata a 1800 m sul livello del mare e all'interno del Parco Nazionale del Gran Paradiso).

Gli IPA determinati sul particolato PM 2,5 seguono lo stesso andamento di quelle analizzati sul PM 10 e le concentrazioni riscontrate sono del tutto confrontabili, avvalorando l'ipotesi che i vari IPA vengono adsorbiti totalmente sul particolato più fine come documentato in letteratura

Tabella 17: Lab mobile ARPA Luserna San Giovanni concentrazione IPA rilevati nel monitoraggio

Lab mobile ARPA Luserna San Giovanni concentrazione IPA rilevati nel monitoraggio						
	Inverno		Estate		Media campagna	
	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5
Benzo(a)antracene (ng/m ³)	0.3	0.3	0.04	0.04	0.1	0.1
Benzo(b+j+k)fluorantene (ng/m ³)	1.6	1.6	0.07	0.07	0.6	0.6
Benzo(a)pirene (ng/m ³)	0.6	0.5	0.04	0.04	0.2	0.2
Indeno(1,2,3-cd)pirene (ng/m ³)	0.7	0.7	0.04	0.04	0.2	0.2
sommatoria IPA (ng/m ³)	3.1	3.0	0.18	0.17	1.1	1.1

Figura 37: Benzo(a)antracene confronto della media campagna invernale e estiva con media anno 2010 nella provincia di Torino

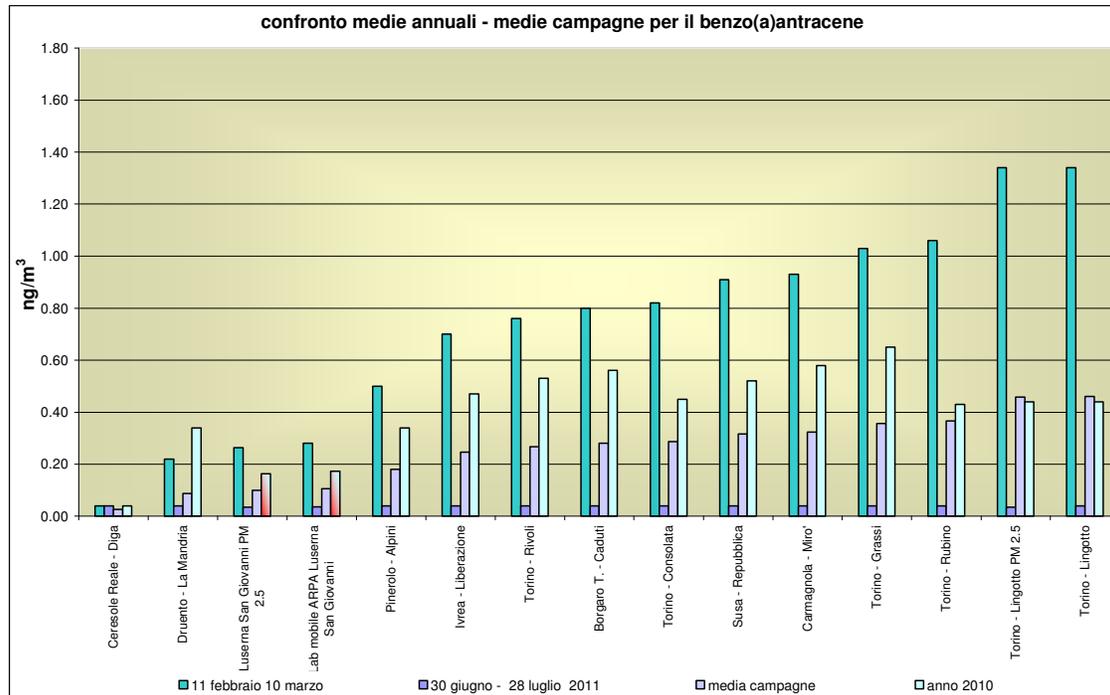


Figura 38: Benzo(b+j+k)fluorantene confronto della media campagna invernale e estiva con media anno 2010 nella provincia di Torino

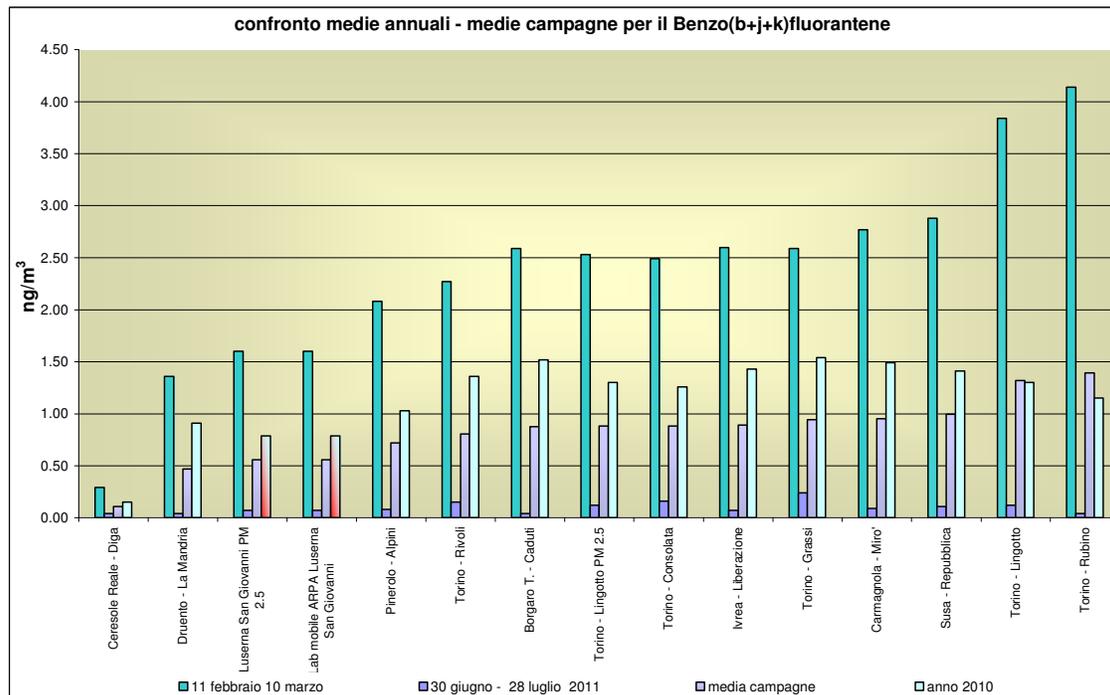


Figura 39: Benzo(a)pirene confronto della media campagna invernale e estiva con media anno 2010 nella provincia di Torino

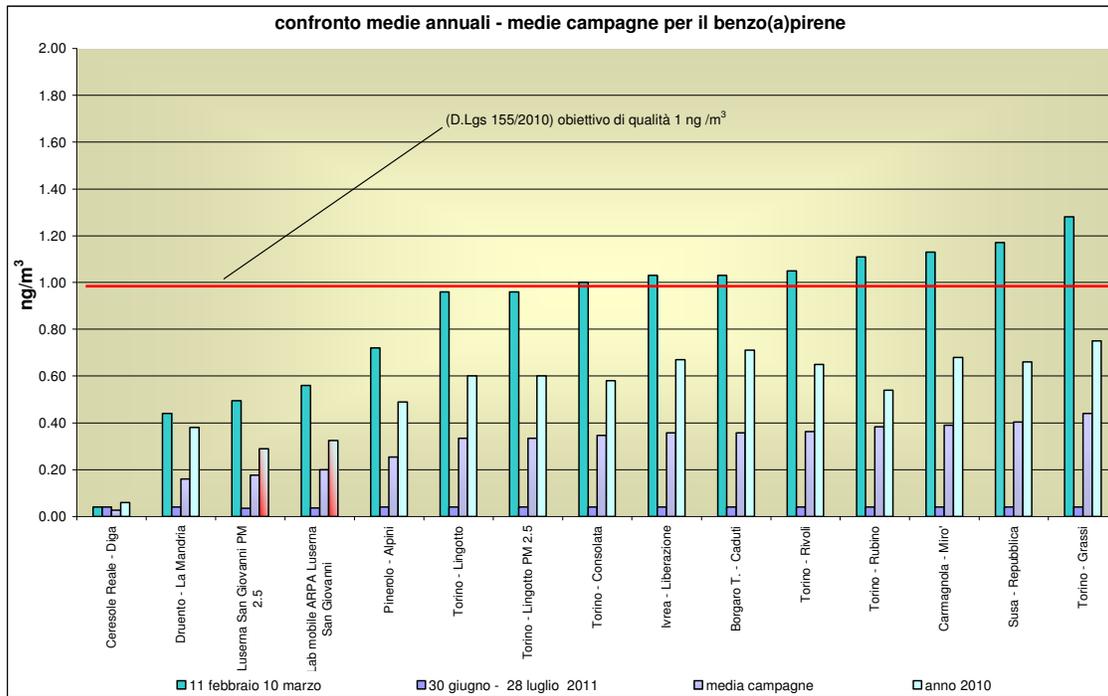
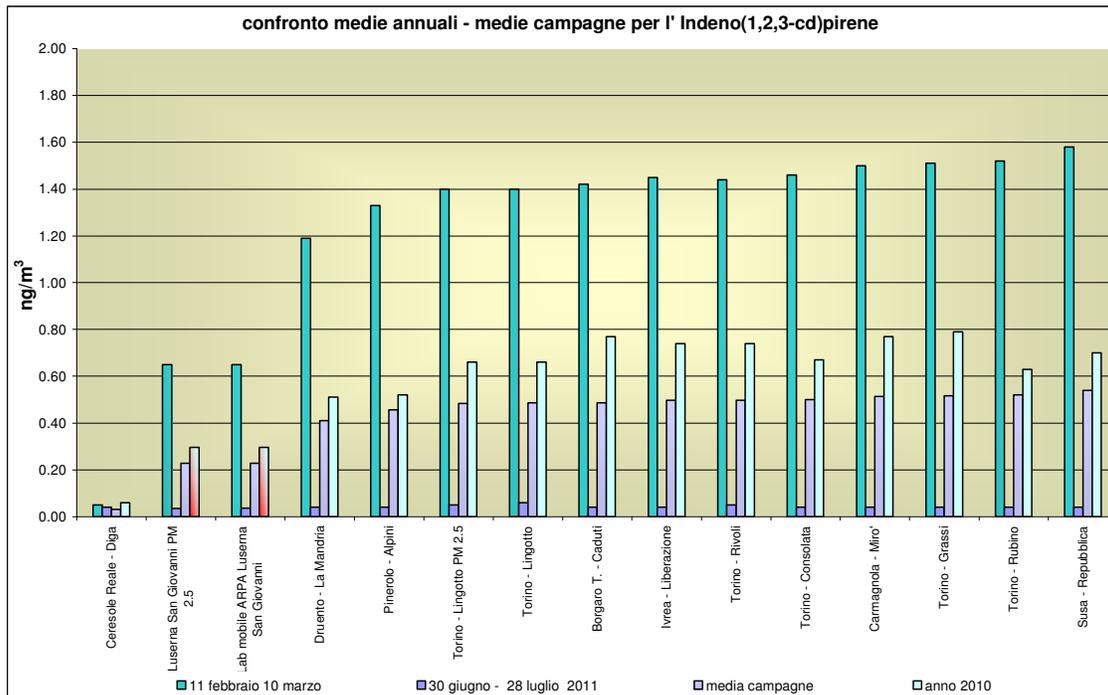


Figura 40:Indeno(1, 2, 3-cd)pirene confronto della media campagna invernale e estiva con media anno 2010 nella provincia di Torino



DESCRIZIONE

I metalli pesanti costituiscono una classe di sostanze inquinanti estremamente diffusa nelle varie matrici ambientali. La loro presenza in aria, acqua e suolo può derivare da fenomeni naturali (erosione, eruzioni vulcaniche), ai quali si sommano gli effetti derivanti da tutte le attività antropiche.

Riguardo l'inquinamento atmosferico i metalli che maggiormente preoccupano sono generalmente As (arsenico), Cd (cadmio), Co (cobalto), Cr (cromo), Mn (manganese), Ni (nicel) e Pb (piombo), che sono veicolati dal particolato atmosferico.

La loro origine è varia, Cd, Cr e As provengono principalmente dalle industrie minerarie e metallurgiche; Cu dalla lavorazione di manufatti e da processi di combustione; Ni dall'industria dell'acciaio, della numismatica, da processi di fusione e combustione; Co e Zn da materiali cementizi ottenuti con il riciclaggio degli scarti delle industrie siderurgiche e degli inceneritori. L'incenerimento dei rifiuti può essere una fonte di metalli pesanti quali antimonio, cadmio, cromo, manganese, mercurio, stagno, piombo.

L'effetto dei metalli pesanti sull'organismo umano dipende dalle modalità di assunzione del metallo, nonché dalle quantità assorbite. Alcuni metalli sono oligoelementi necessari all'organismo per lo svolgimento di numerose funzioni quali il metabolismo proteico (Zn), quello del tessuto connettivo osseo e la sintesi dell'emoglobina (Cu), la sintesi della vitamina B12 (Co) e altre funzioni endocrino-metaboliche ancora oggetto di studio. L'assunzione eccessiva e prolungata di tali sostanze, invece, può provocare danni molteplici a tessuti ed organi.

L'avvelenamento da zinco si manifesta con disturbi al sistema nervoso centrale, anemia, febbre e pancreatite. Il rame, invece, produce alterazioni della sintesi di emoglobina e del tessuto connettivo osseo oltre a promuovere epatiti, cirrosi e danni renali. L'intossicazione da cobalto provoca un blocco della captazione dello iodio a livello tiroideo con conseguente gozzo da ipotiroidismo, alterazioni delle fibre muscolari cardiache e disturbi neurologici. Cromo e nichel, sono responsabili, in soggetti predisposti, di dermatiti da contatto e di cancro polmonare. L'enfisema polmonare (per deficit di $\alpha 1$ antitripsina) è la principale manifestazione dell'intossicazione cronica da cadmio, cui generalmente si accompagnano danni ai tubuli renali e osteomalacia. Sia il piombo, che l'arsenico, inoltre, sono responsabili di numerose alterazioni organiche. L'avvelenamento cronico da piombo (saturnismo), ad esempio, è responsabile di anemia emolitica e danni neurologici.

Tra i metalli che sono più comunemente monitorati nel particolato atmosferico, quelli di maggiore rilevanza sotto il profilo tossicologico sono il nichel, il cadmio e il piombo. I composti del nichel e del cadmio sono classificati dalla Agenzia Internazionale di Ricerca sul Cancro come cancerogeni per l'uomo; l'Organizzazione Mondiale della Sanità stima che, a fronte di una esposizione ad una concentrazione di nichel nell'aria di $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per l'intera vita, quattro persone su diecimila siano a rischio di contrarre il cancro.

Nella Tabella 18 sono riportati i valori obiettivo per As, Cd e Ni e il valore limite per la protezione della salute umana per il Pb previsti dal D.Lgs. 13/8/2010 n. 155.

PIOMBO (Pb)		
VALORE LIMITE ANNUALE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA		
Periodo di mediazione	Valore limite (condizioni di campionamento)	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
Anno civile	$0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	1 gennaio 2005
ARSENICO (As)		
VALORE OBIETTIVO DELLA MEDIA ANNUALE		
Periodo di mediazione	Valore Obiettivo	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
Anno civile	$6 \text{ ng}/\text{m}^3$	31 dicembre 2012
CADMIO (Cd)		

VALORE OBIETTIVO DELLA MEDIA ANNUALE		
Periodo di mediazione	Valore Obiettivo	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
Anno civile	5 ng/m ³	31 dicembre 2012
NICHEL (Ni)		
VALORE OBIETTIVO DELLA MEDIA ANNUALE		
Periodo di mediazione	Valore Obiettivo	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
Anno civile	20 ng/m ³	31 dicembre 2012

Tabella 18: valori obiettivo per As, Cd e Ni e il valore limite per la protezione della salute umana per il Pb dal previsti dal D.Lgs. 13/8/2010 n. 155.

Anche per i quattro metalli monitorati nell'indagine visto che la durata del monitoraggio di Luserna S. Giovanni oggetto della relazione è pari a due mesi distribuiti nel corso dell'anno in stagioni diverse, la media dei valori del periodo di campionamento non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo; non è quindi possibile in termini formali un confronto diretto con il limite stesso.

Si può però considerare un valore stimato di media annuale ricavato come descritto nella nota. Applicando tale procedimento, si ottengono i valori di media annuale che sono stati messi a confronto con i valori delle altre centraline della rete di monitoraggio della provincia di Torino in cui si determinano i metalli.

Nota

Si sono calcolate le medie di nichel (Ni), cadmio (Cd), arsenico (As), e piombo (Pb) per il periodo della campagna, per la stazione di Susa che meglio rappresenta le condizioni meteorologiche velocità e direzione vento delle valli alpine; dal rapporto con la media dell'anno 2010 di Susa si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne di ogni sito oggetto del monitoraggio permette di ricavare la stima annuale di ogni singolo metallo analizzato;

$$M_c = (M_p / m_p) \times m_c$$

dove

m_c : media periodo campagne per ogni metallo di Luserna San Giovanni

M_c : media anno 2010 ogni metallo di Luserna San Giovanni

m_p : media periodo campagne per ogni metallo di Susa

M_p : media anno 2010 per ogni metallo di Susa

Il valore stimato di media annuale per tutti i metalli considerati è abbondantemente inferiore al valore obiettivo in vigore. Le concentrazioni di piombo, l'arsenico e cadmio sono omogenee in tutto il territorio provinciale, mentre per il nichel le concentrazioni del sito di Luserna s. Giovanni sono superiori solo a quelle di Ceresole Reale e Druento. I metalli determinati su PM 2,5 seguono lo stesso andamento di quelle analizzati su PM10, con concentrazioni confrontabili in tutti i casi tranne che per il nichel, che nel PM2.5 è presente in quantità minore.

Tabella 19: Lab mobile ARPA Luserna San Giovanni concentrazione dei quattro metalli rilevati nel monitoraggio

Lab mobile ARPA Luserna San Giovanni concentrazione dei quattro metalli rilevati nel monitoraggio						
	Inverno		Estate		Media campagna	
	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5
Arsenico (ng/m ³)	0.75	0.75	0.73	0.73	0.49	0.49
Cadmio (ng/m ³)	0.41	0.41	0.07	0.07	0.16	0.16
Nichel (ng/m ³)	4.12	4.12	2.38	0.78	2.17	1.63
Piombo (µg/m ³)	0.011	0.011	0.002	0.001	0.004	0.004

Figura 41: Arsenico confronto della media campagna invernale e estiva con media anno 2010 nella provincia di Torino

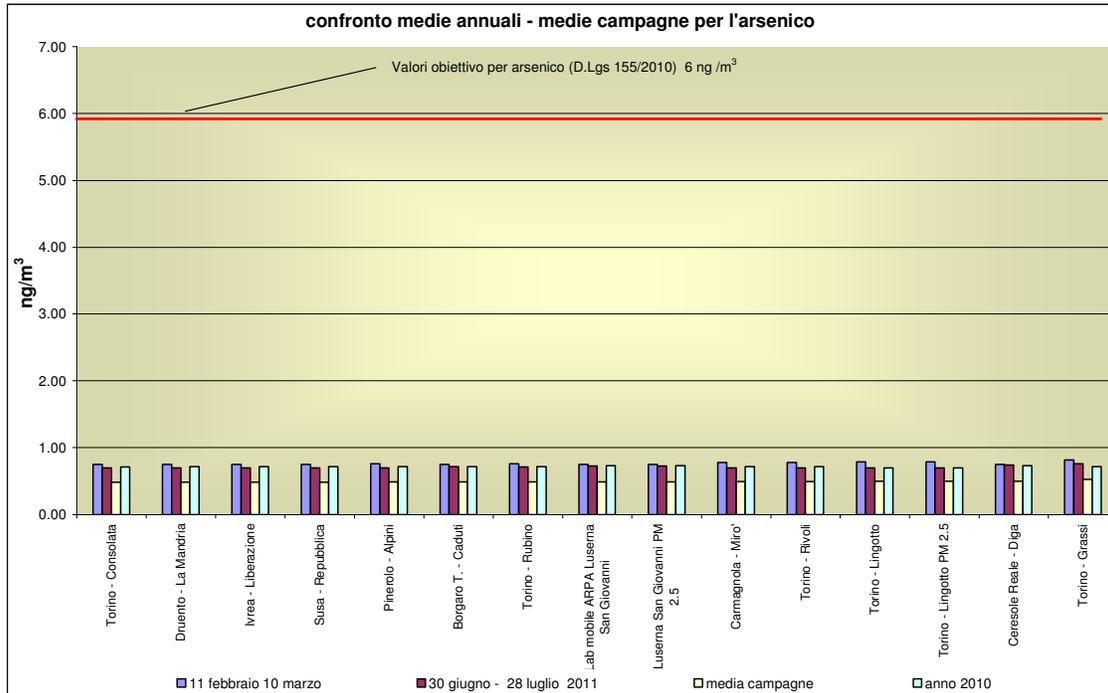


Figura 42: Cadmio confronto della media campagna invernale e estiva con media anno 2010 nella provincia di Torino

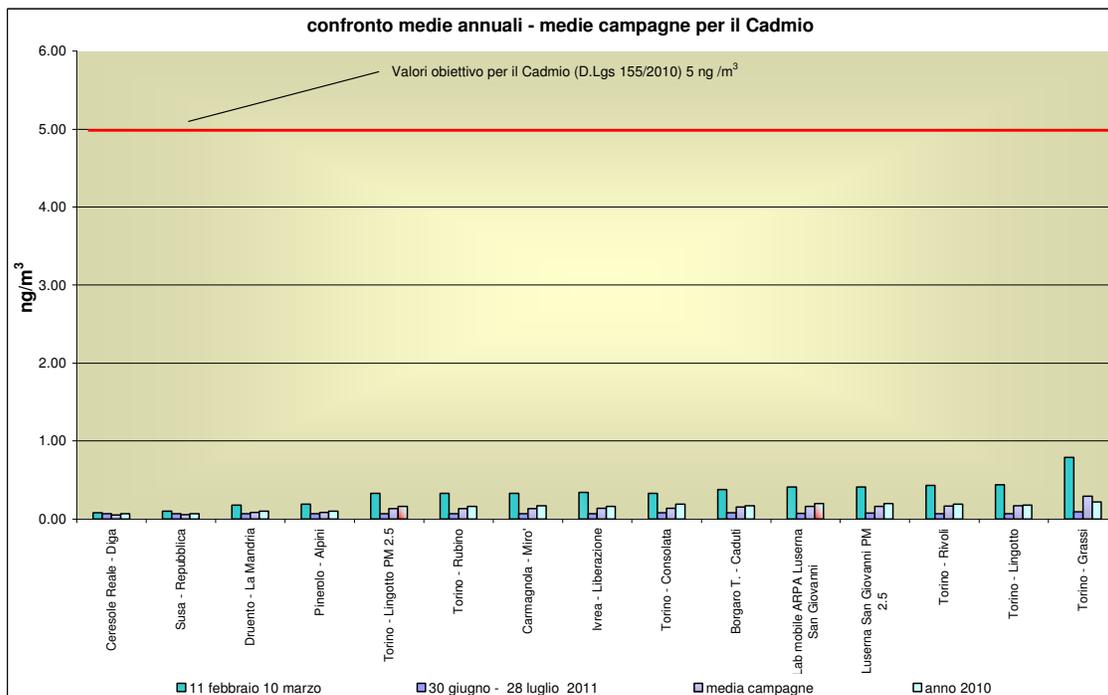


Figura 43: Nichel confronto della media campagna invernale e estiva con media anno 2010 nella provincia di Torino

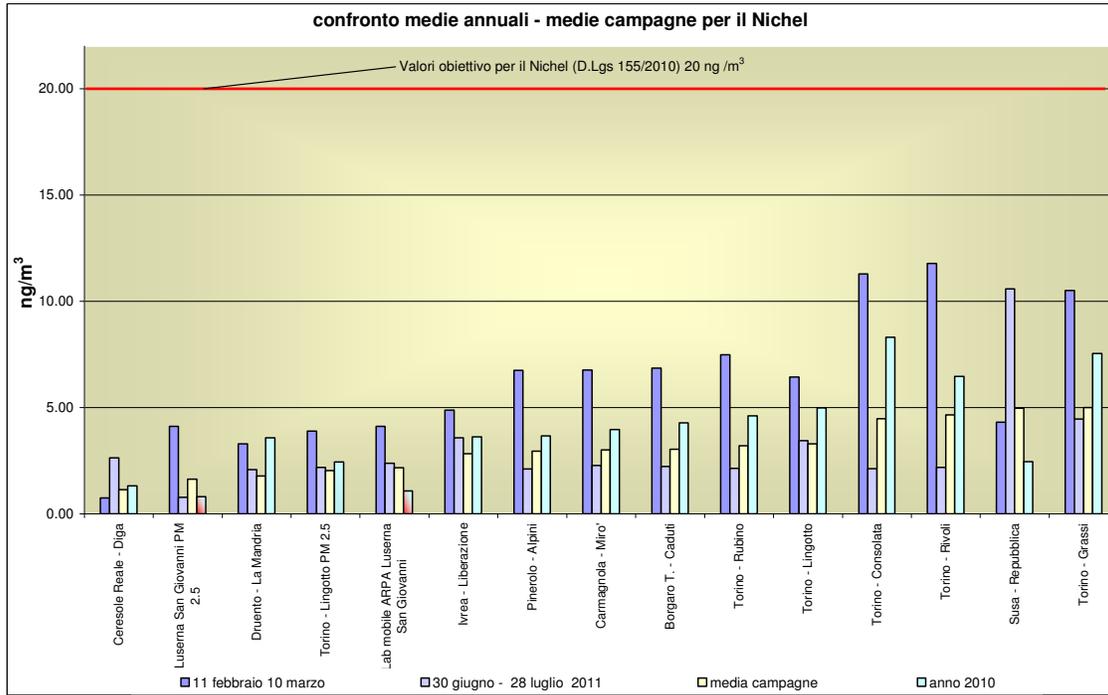
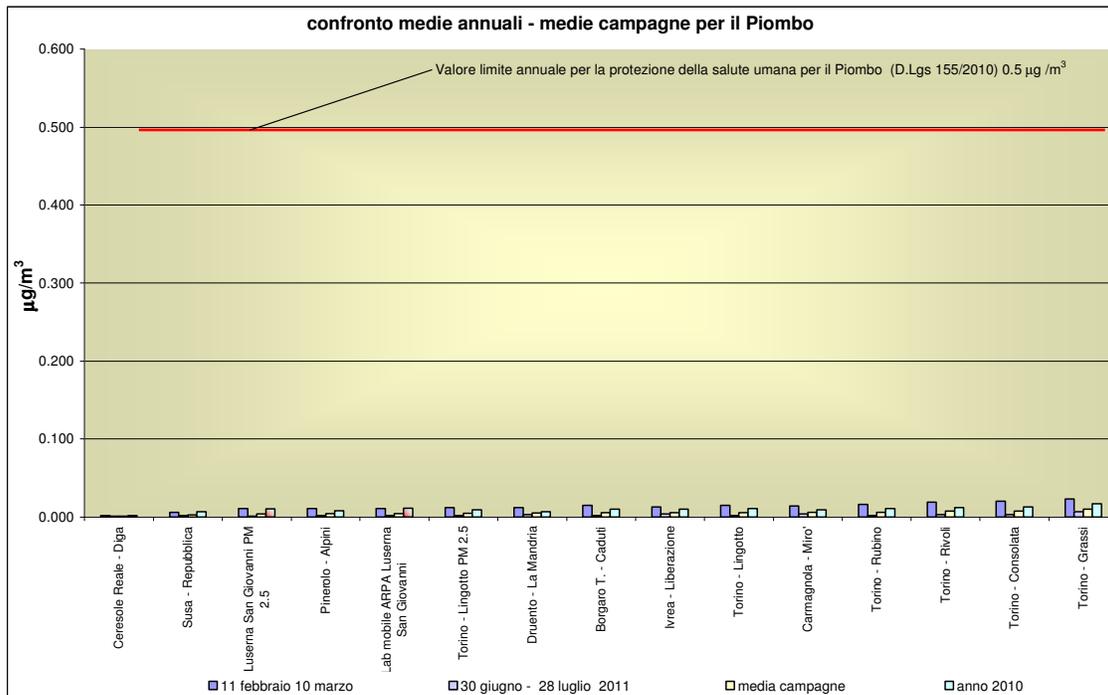


Figura 44: Piombo confronto della media campagna invernale e estiva con media anno 2010 nella provincia di Torino



Conclusioni

Le condizioni di qualità dell'aria rilevate nel territorio di Luserna San Giovanni a seguito della campagna di monitoraggio condotta con l'utilizzo del mezzo mobile rispecchiano quelle osservate in siti di valle 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 ampiamente rispettati i valori limite per la protezione della salute umana per biossido di zolfo, monossido di carbonio, benzene, benzo(a)pirene, e per i metalli di cui la normativa prevede la determinazione sul particolato (piombo, arsenico, cadmio e nichel),

Per il biossido d'azoto non si sono verificati, superamenti del valore limite giornaliero; anche la stima della concentrazione media su base annuale risulta pari a $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e quindi abbondantemente inferiore al valore limite pari a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Per quanto riguarda l'ozono questo inquinante, a differenza degli altri previsti dalla normativa, presenta i valori più elevati nel periodo estivo, in cui si sono verificati 7 superamenti del livello di protezione della salute ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ calcolata come massimo giornaliero della media trascinata sulle 8 ore), il numero più alto del territorio provinciale in quel periodo se si esclude la stazione di Druento nel Parco della Mandria (vedi Tabella 20). Va comunque sottolineato che la criticità dell'ozono nei mesi estivi non è caratteristica del sito in esame ma è estesa a tutto il territorio provinciale e regionale. L'ozono infatti, data la origine secondaria, è un inquinante di fatto ubiquitario e sono possibili fenomeni di trasporto e accumulo in aree relativamente remote, come quelle vallive o collinari, sia dell'ozono stesso sia dei suoi precursori emessi nelle aree antropizzate.

In relazione al particolato sospeso PM_{10} si osserva che nella campagna invernale il valore limite giornaliero ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) è stato superato per 10 giorni, pari al 36% dei giorni validi di monitoraggio, a fronte di un massimo di 35 superamenti nel corso dell'intero anno previsti dalla normativa, mentre non si sono avuti superamenti durante la campagna estiva (Tabella 12). In termini di percentuale di superamenti del valore limite giornaliero (Figura 33) il sito in esame si situa in una condizione intermedia tra la stazione di Susa, che nel 2010 ha rispettato il massimo numero di superamenti, e quella di Druento che nel 2010 non lo ha rispettato. Come già evidenziato nella relazione della prima campagna⁵, nel periodo invernale si sono avuti superamenti del limite giornaliero del PM_{10} su tutte le stazioni di rilevamento del territorio provinciale, con la sola eccezione di quella di Ceresole Reale; tale situazione di diffusa criticità spaziale è legata alle condizioni meteorologiche sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti che sono tipiche dell'Italia settentrionale nei mesi freddi dell'anno. Per quanto riguarda il valore limite su base annuale pari a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sulla base dei dati rilevati è del tutto prevedibile che nel sito in esame tale limite sia rispettato. La media annuale stimata per il sito di Luserna San Giovanni è infatti pari a $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e situa il sito monitorato nell'intorno dei valori più bassi rilevabili a livello provinciale (vedi Figura 32).

Per quanto riguarda il $\text{PM}_{2,5}$ la stima del valore medio annuale, pari a $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$, è confrontabile con il valore limite di $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ previsto dal D.Lgs 155/2010; anche in questo caso il comune di Luserna S. Giovanni si situa nell'intorno dei valori più bassi rilevabili a livello provinciale (vedi Figura 34).

Come già rilevato nel corso della prima campagna, il valore elevato del rapporto $\text{PM}_{2,5} / \text{PM}_{10}$ indica che nel sito di Luserna S. Giovanni il particolato aerodisperso ha una significativa componente secondaria, vale a dire non attribuibile a emissioni dirette a carattere locale ma originata da complessi processi chimico-fisici che intessano ampie zone del territorio e comportano la trasformazione in particolato di inquinanti che in origine si trovavano allo stato gassoso.

⁵ Si veda in particolare la Tab. 19 della relazione tecnica relativa alla prima campagna (11 Febbraio-10 Marzo 2011)

Ciò conferma un assunto generale delle politiche di risanamento relative al particolato atmosferico, vale a dire che il miglioramento della qualità dell'aria è legato soprattutto all'attuazione di adeguati interventi coordinati su vasta scala territoriale.

Nel loro insieme i dati rilevati, se rapportati alla situazione complessiva del territorio provinciale, mostrano che le concentrazioni degli inquinanti atmosferici nel sito considerato si situano nell'intorno dei valori più bassi rilevabili, con l'eccezione dell'ozono. Queste condizioni relativamente favorevoli della qualità dell'aria hanno la loro origine nell'elevata dinamicità atmosferica caratteristica delle valli alpine, manifestatasi nel corso del periodo di monitoraggio, con episodi di vento relativamente intenso e di precipitazioni prolungate (vedi Figura 5 e Figura 9). Si conferma pertanto la notevole influenza dei meccanismi di diluizione e rimozione a opera dei fenomeni meteorologici nel determinare i livelli degli inquinanti atmosferici.

I dati della presente relazione sono da considerarsi rappresentativi delle condizioni di qualità dell'aria ambiente ante operam in riferimento all'eventuale entrata in funzione della centrale a biomasse alimentata con cippato di legno.

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**

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

Gas Cromatografo 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;
- ✓ Campo di misura etilbenzene : 0 ÷ 441 µg/m³;