

DIPARTIMENTO TERRITORIALE PIEMONTE NORD OVEST
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 1^a e 2^a CAMPAGNA POST OPERAM
(14 luglio – 8 agosto 2016 e 2 dicembre 2016 – 10 gennaio 2017)



Redazione	Funzione: Collaboratore Tecn. Professionale Nome: Roberto Sergi	Data: 27/09/2017	Firma: 
Verifica e approvazione	Funzione: Dirigente con incarico professionale presso la S.S. di Produzione Nome: Dott. Francesco Lollobrigida	Data: 27/09/2017	Firma: 



L'organizzazione della campagna di monitoraggio, l'elaborazione dei dati e la stesura della presente relazione sono state curate dai tecnici del Gruppo di Lavoro di "Monitoraggio della Qualità dell'Aria" nel Dipartimento Territoriale Piemonte Nord Ovest di Arpa Piemonte, d.ssa Annalisa Bruno, d.ssa Elisa Calderaro, sig.ra Maria Leogrande, d.ssa Marilena Maringo, d.ssa Laura Milizia, sig. Francesco Romeo, ing. Milena Sacco, sig. Vitale Sciortino, sig. Roberto Sergi, d.ssa Claudia Strumia 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	11
OBIETTIVI DELLA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO	12
<i>Traffico veicolare.....</i>	<i>17</i>
<i>Elaborazione dei dati meteorologici</i>	<i>25</i>
<i>Elaborazione statistiche e grafiche relative al monitoraggio nel comune di Luserna San Giovanni.....</i>	<i>30</i>
<i>Andamento orario e giornaliero - Confronto con i limiti di legge.....</i>	<i>31</i>
<i>Giorno medio</i>	<i>31</i>
<i>Biossido di zolfo.....</i>	<i>32</i>
<i>Ossidi di Azoto</i>	<i>35</i>
<i>Monossido d'azoto</i>	<i>35</i>
<i>Biossido d'azoto.....</i>	<i>37</i>
<i>Monossido di Carbonio.....</i>	<i>42</i>
<i>Benzene e Toluene</i>	<i>45</i>
<i>Particolato Sospeso (PM₁₀) e (PM_{2.5}).....</i>	<i>49</i>
<i>PM₁₀</i>	<i>49</i>

<i>PM_{2.5}</i>	51
<i>Ozono</i>	57
<i>IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI</i>	62
<i>METALLI</i>	67
<i>Analisi comparata dei dati di PM₁₀, PM_{2.5} e biossido di azoto nei periodi di monitoraggio precedente e successivo all'entrata in esercizio della centrale a biomasse</i>	72
<i>Conclusioni</i>	79
<i>APPENDICE - SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI</i>	81



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.

Oggigiorno è analiticamente possibile identificare nell'atmosfera numerosissimi composti di varia origine, presenti in concentrazioni che variano dal nanogrammo per metro cubo (ng/m³) al milligrammo per metro cubo (mg/m³).

Le principali sorgenti di inquinanti sono:

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

Le emissioni indicate generano innumerevoli sostanze che si disperdono nell'atmosfera. Si possono dividere tali sostanze in due grandi gruppi: al primo 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 2015", elaborata congiuntamente dal Dipartimento Ambiente della Città metropolitana 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.

INQUINANTE	Traffico autoveicolare veicoli a benzina	Traffico autoveicolare veicoli diesel	Emissioni industriali	Combustioni fisse alimentate con combustibili liquidi o solidi	Combustioni fisse alimentate con combustibili gassosi
BIOSSIDO DI ZOLFO					
BIOSSIDO DI AZOTO					
BENZENE					
MONOSSIDO DI CARBONIO					
PARTICOLATO SOSPESO					
PIOMBO					
BENZO(a)PIRENE					

 = fonti primarie

 = fonti secondarie

IL LABORATORIO MOBILE

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

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

Il laboratorio mobile in dotazione al Dipartimento Territoriale Piemonte Nord Ovest 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 e PM_{2.5}, 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 PM_{2.5} e in particolare:

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

- un **valore obiettivo, espresso come media annuale**, pari a $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da raggiungere entro il 1 gennaio 2010;

La nuova normativa prevede inoltre per il $\text{PM}_{2.5}$ un obiettivo nazionale di riduzione e un obbligo di concentrazione dell'esposizione il cui rispetto è calcolato sulla base di misurazioni effettuate da stazioni di fondo in siti fissi di campionamento urbani, che verranno definite con Decreto del Ministero dell'Ambiente (art. 12 D. Lgs. 155/2010).

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 2014".

Tabella 2 – Valori limite per alcuni inquinanti atmosferici.

INQUINANTE	LIMITE	PERIODO DI MEDIAZIONE	VALORE DI RIFERIMENTO	SUPERAMENTI CONCESSI	DATA PER IL RISPETTO DEL LIMITE
BIOSSIDO DI ZOLFO (SO_2)	Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	$350 \mu\text{g}/\text{m}^3$	24 volte/anno civile	1-gen-2005
	Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	24 ore	$125 \mu\text{g}/\text{m}^3$	3 volte/anno civile	1-gen-2005
	Valore limite per la protezione degli ecosistemi	anno civile	$20 \mu\text{g}/\text{m}^3$	--	19-lug-2001
		inverno (1 ott ÷ 31 mar)			
Soglia di allarme	3 ore consecutive	$500 \mu\text{g}/\text{m}^3$	--	--	
BIOSSIDO DI AZOTO (NO_2) e OSSIDI DI AZOTO (NO_x)	Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	$200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (NO_2)	18 volte/anno civile	1-gen-2010
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	$40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (NO_2)	--	1-gen-2010
	Soglia di allarme	3 ore consecutive	$400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (NO_2)	--	--
	Valore limite annuale per la protezione della vegetazione	anno civile	$30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (NO_x)	--	19-lug-2001
MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)	Valore limite per la protezione della salute umana	media massima giornaliera su 8 ore	$10 \text{mg}/\text{m}^3$	---	1-gen-2005
PIOMBO (Pb)	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	$0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	---	1-gen-2005
PARTICELLE (PM_{10})	Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	24 ore	$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	35 volte/anno civile	1-gen-2005
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	$40 \mu\text{g}/\text{m}^3$	---	1-gen-2005
BENZENE	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	$5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	---	1-gen-2010

Tabella 3 – Valori limite per ozono e benzo(a)pirene.

INQUINANTE	LIMITE	PARAMETRO	VALORE DI RIFERIMENTO	SUPERAMENTI CONCESSI	DATA PER IL RISPETTO DEL LIMITE
OZONO (O ₃) (D.Lgs. 13/08/2010 n.155)	SOGLIA DI INFORMAZIONE	media oraria	180 µg/m ³	-	-
	SOGLIA DI ALLARME	media oraria	240 µg/m ³	-	-
	VALORE BERSAGLIO PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA	media su 8 ore massima giornaliera	120 µg/m ³ ⁽¹⁾	25 giorni per anno civile come media su 3 anni	2010
	VALORE BERSAGLIO PER LA PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE	AOT40 calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	18000 µg/m ³ *h come media su 5 anni ⁽²⁾		2010
	OBIETTIVO A LUNGO TERMINE PER LA PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE	AOT40 calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	6000 µg/m ³ *h ⁽²⁾		
BENZO(a)PIRENE (D.Lgs. 13/08/2010 n.155)	OBIETTIVO DI QUALITÀ	media mobile valori giornalieri (3)	1 ng/m ³ ⁽⁴⁾	-	-

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

(2) Per AOT40 si intende la somma delle differenze tra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m³ e il valore di 80 µg/m³, rilevate in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori orari rilevati ogni giorno tra le 8.00 e le 20.00.

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

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

Tabella 4 – Valori obiettivo per arsenico, cadmio e nichel (D.Lgs. 13/08/2010 n.155).

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

(1) Il valore obiettivo è riferito al tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione PM₁₀ del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile.

LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO

OBIETTIVI DELLA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO

La campagna di monitoraggio condotta nel Comune di Luserna San Giovanni da Arpa Piemonte - Dipartimento Territoriale Piemonte Nord Ovest, è stata effettuata in seguito alla richiesta dell'Amministrazione Comunale, inviata con posta certificata (protocollo n° AOO.c_e758.06/08/2014.0011280). In particolare tale campagna è stata proposta allo scopo di avere informazioni puntuali della concentrazione degli inquinanti in aria ambiente prima e dopo la costruzione di una centrale a biomasse. L'impianto, alimentato a biomassa solida, è stato autorizzato per una potenza elettrica nominale di 999 KW e serve una rete di teleriscaldamento, con potenza termica disponibile in cogenerazione di 4200 kW.

Nel corso del 2015 sono state condotte due campagne ante operam (6 luglio – 3 agosto e 20 novembre – 18 dicembre) quando la centrale a biomasse non era ancora stata costruita o non era in funzione.

Ai fini di una corretta interpretazione dei risultati della campagna si ricorda che il monitoraggio effettuato permette di verificare se nell'area di indagine la concentrazione degli inquinanti oggetto di misura è significativamente diversa da quella di altre zone del territorio provinciale, ma non di quantificare il contributo di una determinata fonte (nel caso specifico l'impianto di combustione di biomasse) rispetto alle altre sorgenti di inquinanti atmosferici presenti.

Le strumentazioni di misura in aria ambiente come quelle installate sulla stazione mobile, infatti rilevano per loro natura la concentrazione complessiva di un determinato inquinante, vale a dire la somma dei contributi delle sorgenti inquinanti (traffico veicolare, impianti di riscaldamento civile, impianti industriali ecc.).

Il sito di posizionamento del mezzo mobile per l'esecuzione della campagna di monitoraggio è stato individuato nella piazzetta Airali, adiacente alla rotonda nella quale si intersecano la SP161 e via G. Gianavello.

Nelle **Figura 1**, **Figura 2** e **Figura 3** viene meglio rappresentato il sito nel quale è stato posizionato il laboratorio mobile.

Tale sito è stato individuato durante il sopralluogo del 14/11/2014, al quale erano presenti: per Arpa Piemonte il Dott. Francesco Lollobrigida e il sig. Roberto Sergi; per il comune di Luserna il Geom. Marco Benedetto, Responsabile dell'Area Tecnica, il Geom. Enrico Agli, dell'Ufficio Tecnico ed il Comandante della Polizia Municipale, sig. Diego Cogno.

Il sito anzidetto è stato scelto in considerazione delle richieste pervenute da codesto Ente e delle esigenze tecniche e di sicurezza legate alla tipologia delle indagini ambientali effettuate.

Dal punto di vista della classificazione prevista dalle norme tecniche europee si tratta di un sito da traffico, vale a dire di un "hot spot" con una rappresentatività spaziale limitata.

A rigore un sito come quello esaminato non potrebbe ospitare una stazione fissa per il rilevamento dei limiti di legge sulla qualità dell'aria, in quanto la normativa prescrive una distanza di almeno 25 m dai grandi incroci e di 4 metri dalla corsia di traffico più vicina. Come per molte campagne della stazione mobile si è trattato di trovare un compromesso tra le esigenze normative e quelle logistiche.

Le campagne di misura vengono in generale calendarizzate in modo da acquisire informazioni ambientali in differenti condizioni meteo-climatiche. Nello specifico sono state previste due campagne di misura: una prima campagna nel periodo estivo ed una seconda campagna nel periodo invernale, tra dicembre e gennaio.

Questa campagna del 2016 è la seconda *post operam*, effettuata con l'impianto a biomasse in funzione e corrisponde, come periodo dell'anno, alla seconda del 2015.

La campagna estiva è stata condotta tra il **14 luglio** e l'**8 agosto 2016** (26 giorni), quella invernale dal **2 dicembre 2016** al **10 gennaio 2017** (40 giorni). Si rammenta che per ragioni tecniche le elaborazioni sono state effettuate considerando esclusivamente i giorni di campionamento completi e pertanto non vi è corrispondenza con le date di posizionamento e spostamento del laboratorio mobile. I dati utili per l'effettuazione delle elaborazioni vanno dal 15 luglio al 7 agosto, per un totale di 24 giorni per quanto riguarda la prima campagna, e dal 3 dicembre al 9 gennaio (38 giorni) per la seconda.

Va sottolineato che i dati acquisiti nel corso della campagna condotta con il Laboratorio Mobile 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, scelto a caso, di ogni settimana in modo che le misure siano uniformemente distribuite durante l'anno, oppure otto settimane di misurazione distribuite in modo regolare nell'arco dell'anno).

I dati presentati forniscono quindi, unicamente un quadro generale della situazione di inquinamento atmosferico del sito in esame; il confronto con i dati rilevati nello stesso periodo della campagna dalle stazioni fisse della rete provinciale di monitoraggio della qualità dell'aria permette, inoltre, di effettuare considerazioni di tipo comparativo.

In accordo con l'Amministrazione comunale si è deciso, considerando la tipologia del sito in esame, di valutare quantitativamente il flusso veicolare nel corso della campagna. A tal fine è stato posizionato un conta traffico adiacente al sito di campionamento con il laboratorio mobile, come indicato nelle **Figura 1**, **Figura 2** e **Figura 3**.

Le campagne oggetto della presente relazione si configurano come *post operam* in quanto sono state effettuate in periodi in cui la centrale a biomasse era in funzione.

La valutazione del confronto tra i risultati delle campagne di monitoraggio *ante e post operam* viene affrontata, utilizzando come indici di confronto gli inquinanti più significativi per problematicità nel territorio provinciale, nel capitolo "*Analisi comparata dei dati di PM₁₀, PM_{2,5} e biossido di azoto nei periodi di monitoraggio precedente e successivo all'entrata in esercizio della centrale a biomasse*".

Si ricorda inoltre che nel corso del 2011 sono state condotte due campagne di monitoraggio della qualità dell'aria con il laboratorio mobile presso il territorio comunale di Luserna S. Giovanni: la prima nel periodo invernale, dall'11 febbraio al 10 marzo; la seconda dal 30 giugno al 28 luglio. Le ragioni che hanno motivato tali campagne sono le medesime di quelle oggetto della presente relazione.

Nel 2011 il sito nel quale si sono svolte le campagne era il Piazzale della palestra comunale in via Airali, scelto a seguito dell'analisi delle direzioni di vento prevalente (rose dei venti) disponibili per l'area. Si sottolinea che tale sito ha caratteristiche differenti rispetto a quello scelto per le campagne del 2015 e 2016, da cui dista 200 mt circa in linea d'area, essendo abbastanza lontano da zone di traffico intenso.

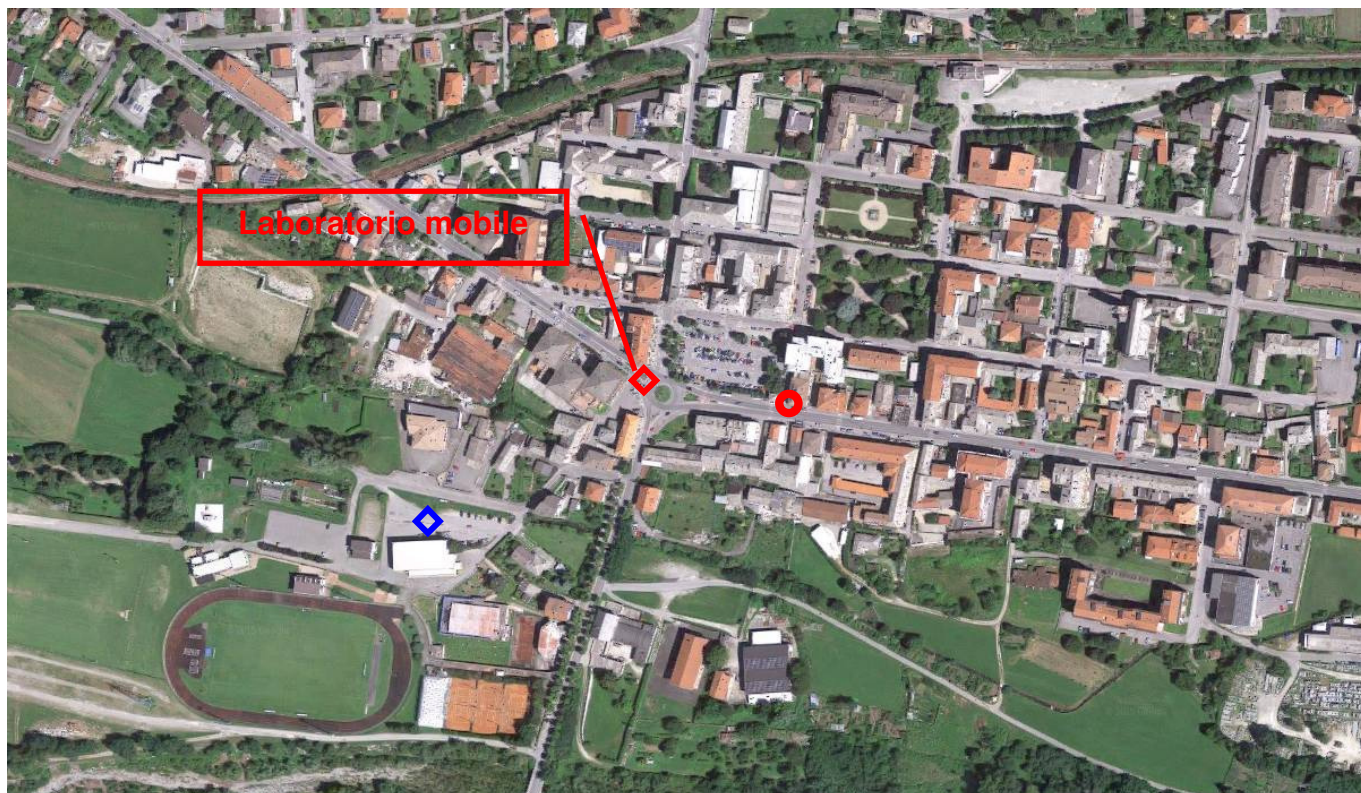
Figura 1: Ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Luserna S. Giovanni.



● = sito di rilevamento flussi di traffico veicolare

◆ = ubicazione del Laboratorio Mobile durante le campagne di monitoraggio del 2011

Figura 2: Ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Luserna S. Giovanni.



● = sito di rilevamento flussi di traffico veicolare

◆ = ubicazione del Laboratorio Mobile durante le campagne di monitoraggio del 2011

Figura 3: Ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Luserna S. Giovanni.



● = sito di rilevamento flussi di traffico veicolare

◆ = ubicazione del Laboratorio Mobile durante le campagne di monitoraggio del 2011

Traffico veicolare

Per meglio comprendere la persistenza degli inquinanti da traffico veicolare nel sito di posizionamento del laboratorio mobile si è provveduto a conteggiare i passaggi di veicoli leggeri e pesanti lungo l'asse stradale della Strada Provinciale 161 all'altezza dell'incrocio con via Ribet, a circa 100 mt dal laboratorio mobile. Il periodo di monitoraggio durante la seconda campagna si è svolto dal 2 dicembre al 10 gennaio.

Il conta traffico utilizzato nei rilevamenti è della ditta GmbH modello Viacount II ed è sostanzialmente un apparecchio per il monitoraggio del traffico composto da un sensore radar "Doppler" da 24.165 GHz con memoria dati integrata e orologio in tempo reale; il sensore radar misura i movimenti dei veicoli di una corsia o direzione di marcia oppure di entrambe le direzioni di marcia. In particolare lo strumento determina la lunghezza, la velocità, il senso di marcia, l'ora e data dei veicoli che attraversano il fascio radar.

Le classi dei veicoli in funzione della lunghezza sono le seguenti:

Classi	lunghezza
motocicli;	< 2,26 m
automobili;	da 2,27 m a 4,82 m
transporter;	da 4,83 m a 5,84 m
autocarri;	da 5,85 m a 9,01 m
autotreni;	> 9,02 m

Prendendo come riferimento le "Le linee guida per la predisposizione delle reti di monitoraggio della qualità dell'aria in Italia" dell'APAT (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici) si è potuto classificare il sito di Luserna San Giovanni in funzione dei flussi di traffico e delle caratteristiche stradali.

I rilievi di traffico hanno evidenziato che il numero medio giornaliero di passaggi veicolari lungo la SP 161 è stato di **15.917** veicoli/giorno nel periodo estivo e **14.294** nel periodo invernale; come termine di confronto in Torino presso corso Vittorio Emanuele II° - una arteria stradale con tre corsie per senso di marcia - all'altezza di C.so Inghilterra i passaggi giornalieri medi rilevati nel corso di una campagna invernale sono stati pari a **16.070** veicoli/giorno.

In base alle Linee guida APAT sopracitate (capitolo 4 - tipologia e numero delle stazioni per la valutazione dell'esposizione della popolazione negli agglomerati - nota 1), i valori riscontrati di **15.917** e **14.294** veicoli/giorno individua per la strada indagata una condizione di alto volume di traffico, essendo i passaggi giornalieri superiori a 10.000 veicoli/giorno.

Dall'analisi dei dati di traffico nel corso delle campagne di monitoraggio si possono trarre le seguenti considerazioni:

- 1) si sono rilevati sull'asse viario preso in considerazione flussi veicolari quantitativamente significativi; nell'analisi dei flussi elaborati in base al giorno della settimana nel periodo estivo (vedi **Figura 6**) emerge una diminuzione meno significativa nella giornata di domenica, rispetto al periodo invernale (vedi **Figura 7**), probabilmente a causa del traffico turistico verso la Val Pellice;
- 2) il traffico veicolare nel tratto monitorato della SP161 è un traffico non veloce e continuo in cui i veicoli rallentano essendo presente la rotonda all'incrocio con via G. Gianavello; infatti durante la campagna estiva il tempo di passaggio medio tra un veicolo e l'altro è stato di 10,02 secondi e in quella invernale 11,02 secondi, la percentuale della circolazione in colonna

è stata rispettivamente del 49,9 % e del 44,08%, mentre la velocità media dei veicoli registrata nei due periodi è stata di 28,61 e 29,87 Km/h; probabilmente le differenze tra le due campagne come la differenza nei numeri di veicoli/giorno è imputabile al periodo delle vacanze natalizie durante le quali si è svolta parte della seconda campagna;

- 3) le percentuali di veicoli pesanti e di veicoli di trasporto commerciale (transporter, che di norma hanno motori diesel) in transito lungo l'asse viario considerato sono risultate significative (vedi **Figura 8** e **Figura 9**);
- 4) durante la campagna estiva l'andamento temporale medio giornaliero dei flussi veicolari totali lungo la SP161 mostra una certa costanza nelle ore centrali della giornata ed è analogo a quello delle concentrazioni degli ossidi di azoto. Il flusso dei veicoli totali è massimo nelle ore serali, con un picco di minore intensità e più distribuito nel tempo al mattino; dalle 12 alle 14 si registra un decremento dell'intensità del traffico che riprende a crescere fino alle 19; il flusso dei veicoli leggeri (autoveicoli e furgoni) è praticamente sovrapponibile a quello che considera i veicoli nel loro insieme, mentre l'andamento dei passaggi dei veicoli pesanti presenta il massimo di intensità alle 8 del mattino. I picchi di concentrazione di ossidi di azoto, come si vede nelle **figure 11, 12 e 13**, si registrano nei momenti della giornata in cui vengono registrati gli incrementi significativi dei flussi di traffico veicolare. Durante la campagna invernale i flussi di traffico veicolare corrispondono come andamento giornaliero a quello registrato durante l'estate anche se leggermente minori come valori assoluti; i picchi degli ossidi di azoto, come si nota nelle figure di cui sopra, corrispondono ai picchi di maggiore intensità del traffico;
- 5) la combustione dei motori dei veicoli di norma genera percentualmente più monossido di azoto (NO) che biossido di azoto (NO₂) ma va comunque considerato che, una volta immesso in atmosfera, il monossido di azoto si trasforma in parte per ossidazione in biossido di azoto, per cui la quantità di quest'ultimo in aria ambiente è molto maggiore di quella che sarebbe prevedibile sulla base della sola emissione diretta. L'emissione di ossidi di azoto e particolato è inoltre significativamente più alta per i veicoli diesel, per cui la presenza di una percentuale relativamente elevata di veicoli pesanti e da trasporto commerciale, come nel caso in questione, ha un effetto rilevante sull'inquinamento atmosferico. A titolo di esempio¹ si consideri che gli autoveicoli per il trasporto passeggeri con alimentazione diesel (quella più critica in termini di emissioni sia di particolato che di ossidi di azoto) di categoria da Euro 2 a Euro 4 hanno fattori di emissione che vanno da 0.6 a 0.9 g/km per gli ossidi di azoto e da 0.03 a 0.06 g/km per il particolato, mentre per i mezzi pesanti di analoga categoria (da Euro II a Euro IV) i fattori di emissione vanno rispettivamente da 2 a 7 g/km e da 0.01 (solo per gli Euro IV minori di 7.5 t) a 7.5 g/km. Va inoltre considerato che il biossido di azoto, oltre a costituire di per sé un inquinante atmosferico, è uno dei principali precursori del particolato di origine secondaria;
- 6) per il benzene si riscontra una correlazione tra i picchi di concentrazione e l'andamento temporale giornaliero dei flussi veicolari, soprattutto nella campagna invernale (**Figura 14**); in questo caso le escursioni della concentrazione sono meno evidenti rispetto a quelle degli ossidi d'azoto, considerando che le concentrazioni di benzene variano da 0.8 a 1.6 µg/m³ circa nel periodo estivo e da 0.9 a 3.6 µg/m³ nel periodo invernale. Il benzene è presente nelle benzine come tale e si produce inoltre durante la combustione a partire soprattutto da altri idrocarburi aromatici.

¹ EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook — 2009 1.A.3.b Road transport GB2009 update May 2012 Tabelle 3.16-3-17-3.20 e 3.21

Figura 4: andamento orario traffico veicolare

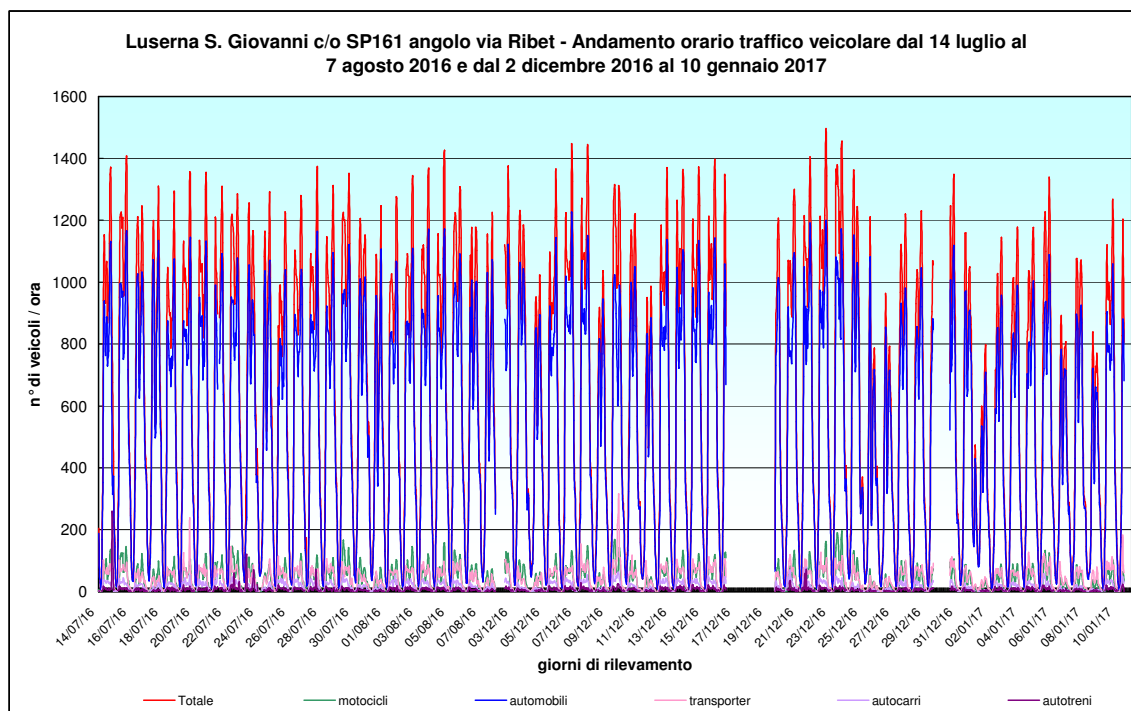


Figura 5: andamento giornaliero (solo giorni completi)

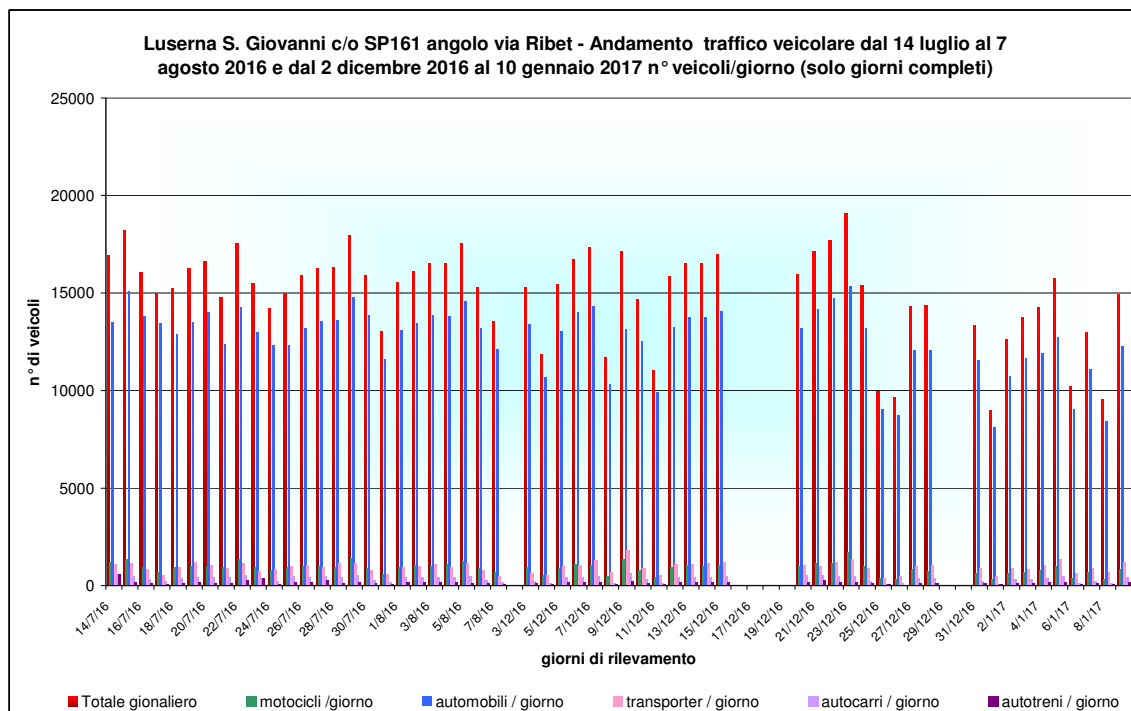


Figura 6: traffico veicolare grafico settimanale – Luserna S. Giovanni c/o SP161 angolo via Ribet (solo giorni completi) – campagna estiva

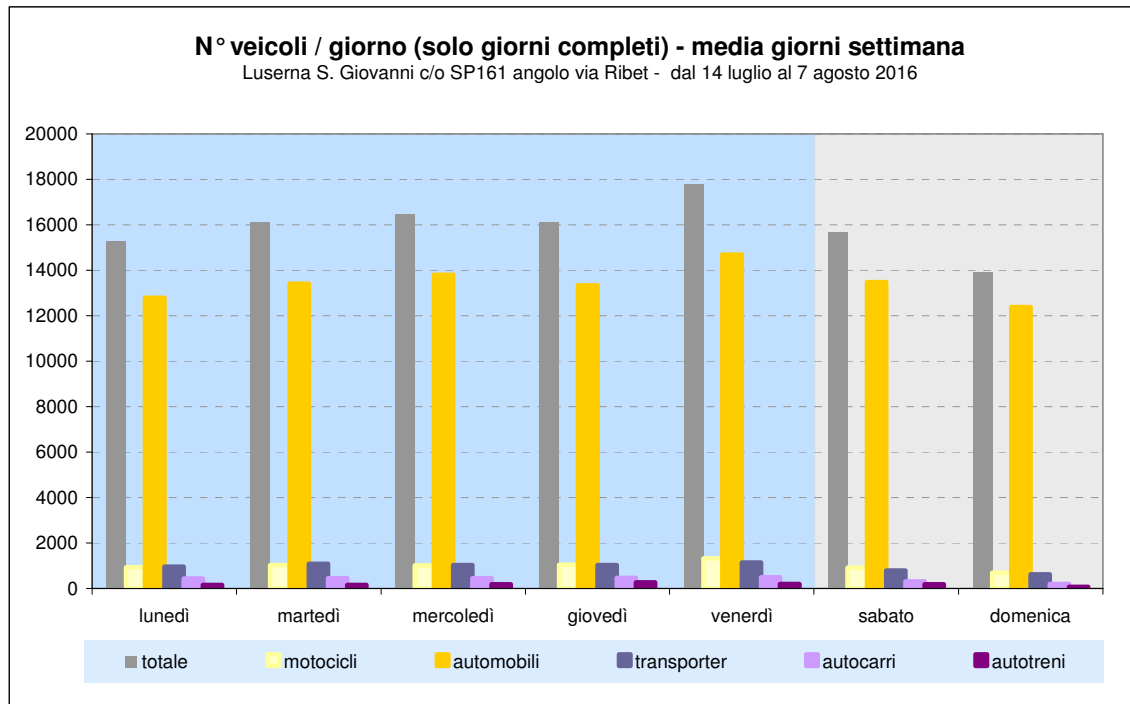


Figura 7: traffico veicolare grafico settimanale – Luserna S. Giovanni c/o SP161 angolo via Ribet (solo giorni completi) – campagna invernale

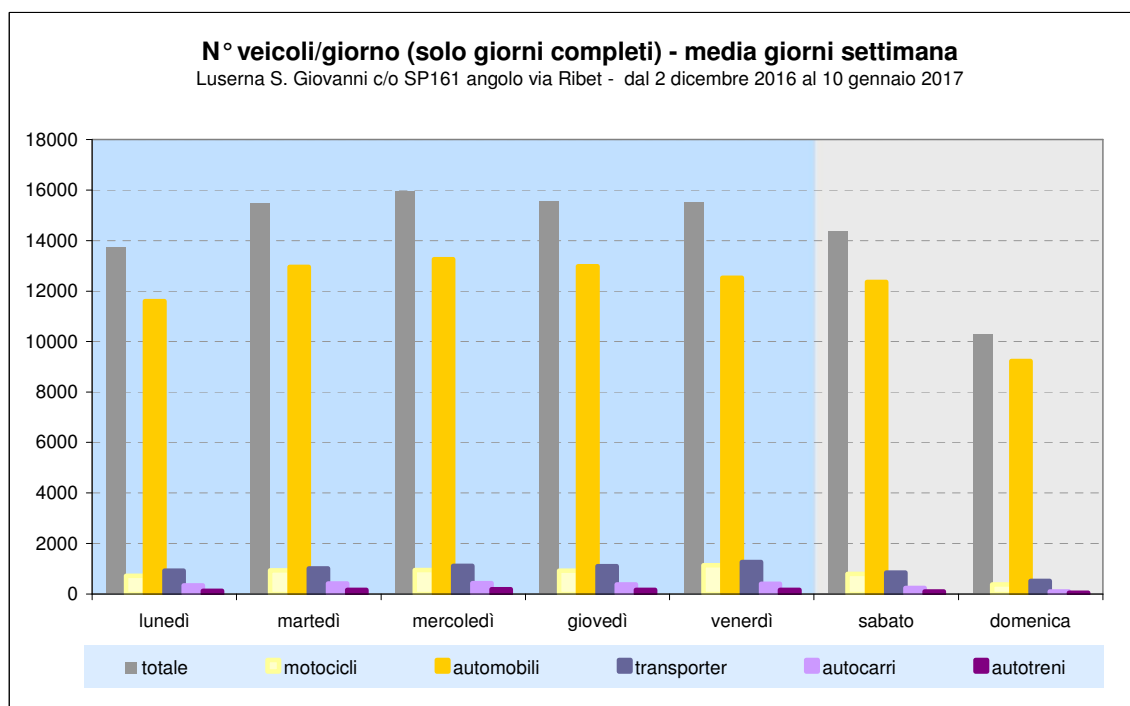


Figura 8: traffico veicolare – Luserna S. Giovanni c/o SP161 angolo via Ribet - valutazione di frequenza – campagna estiva

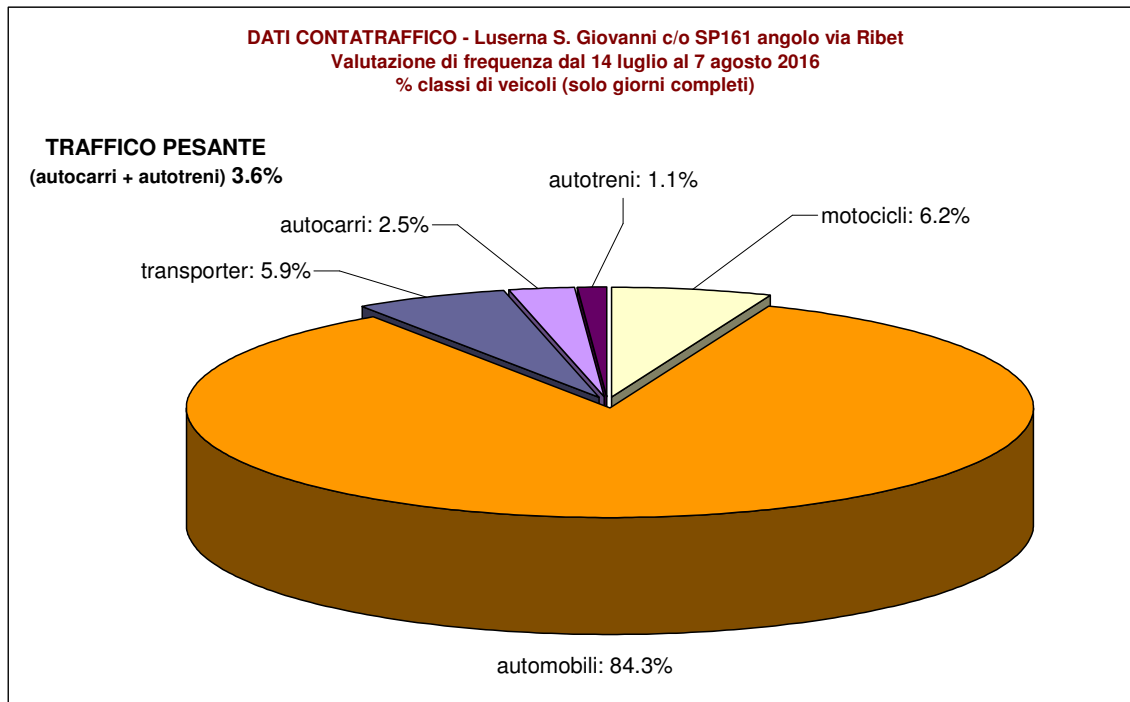


Figura 9: traffico veicolare – Luserna S. Giovanni c/o SP161 angolo via Ribet - valutazione di frequenza – campagna invernale

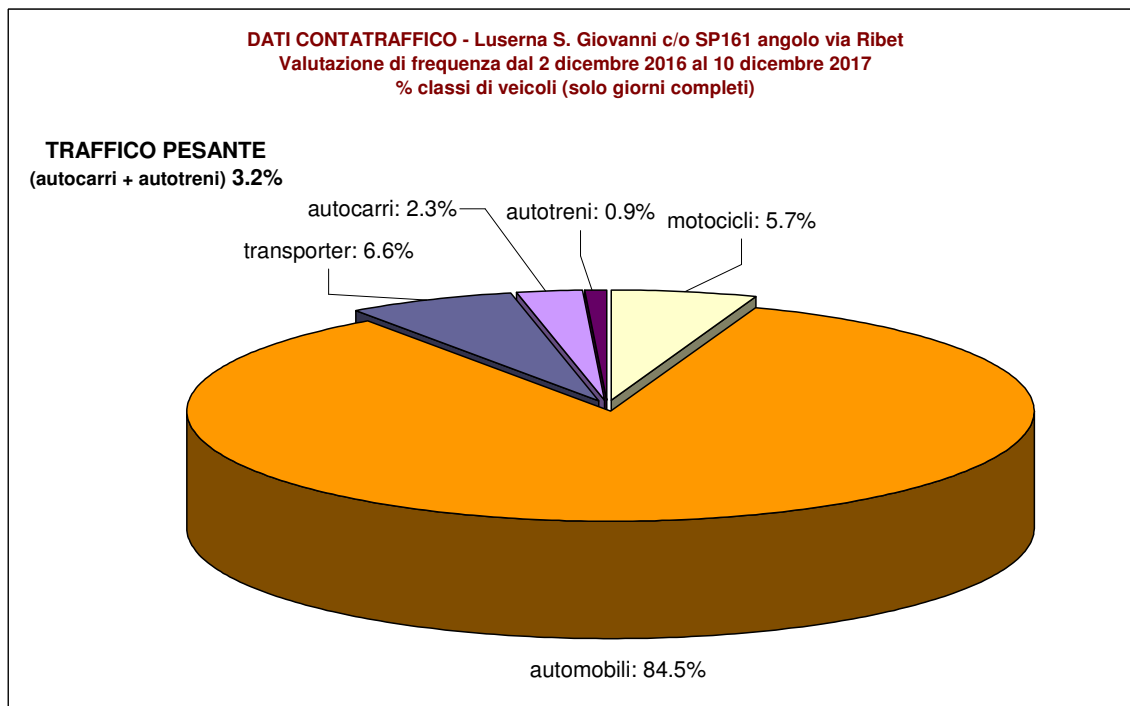


Figura 10: giorno medio flussi di traffico veicolare suddiviso in classi di veicoli in Luserna S. Giovanni c/o SP161 angolo via Ribet

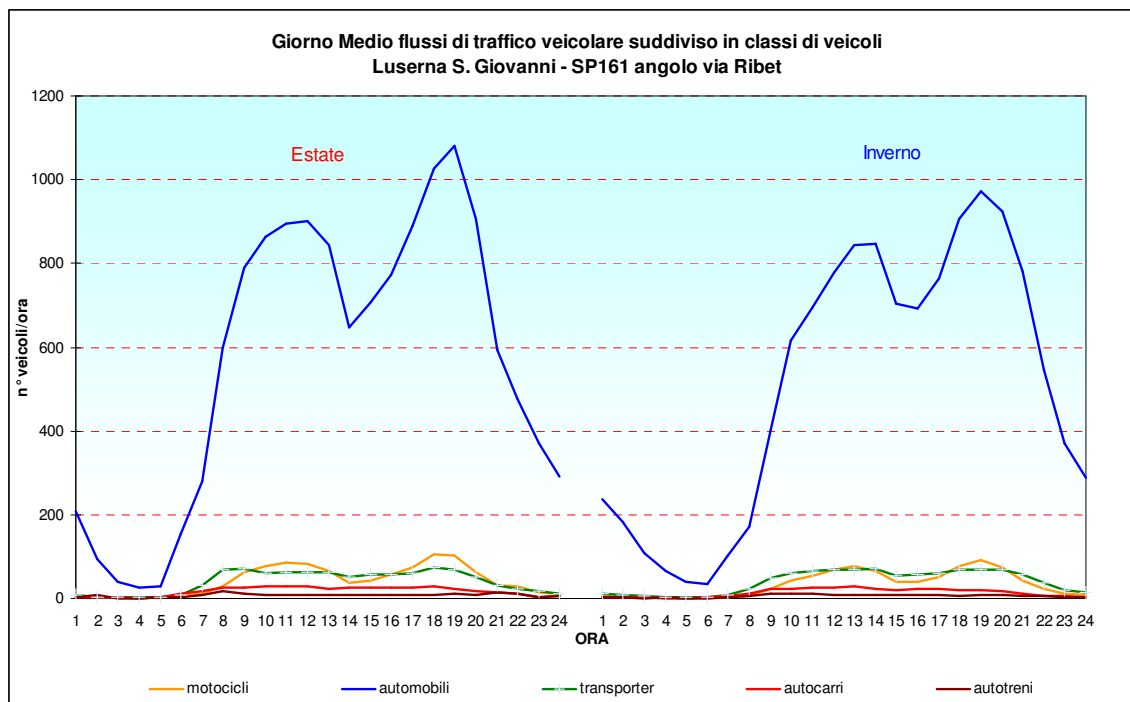


Figura 11: confronto giorno medio veicoli totali c/o SP161 angolo via Ribet con giorno medio ossidi di azoto

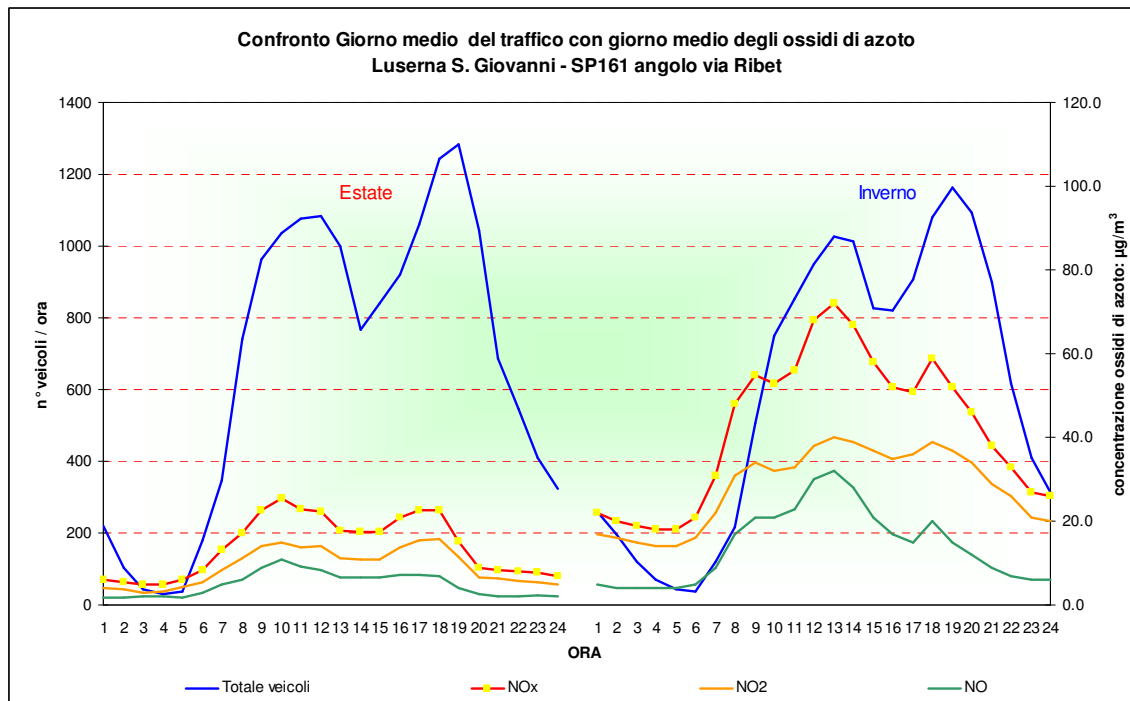


Figura 12: confronto giorno medio veicoli pesanti c/o SP161 angolo via Ribet con giorno medio ossidi di azoto

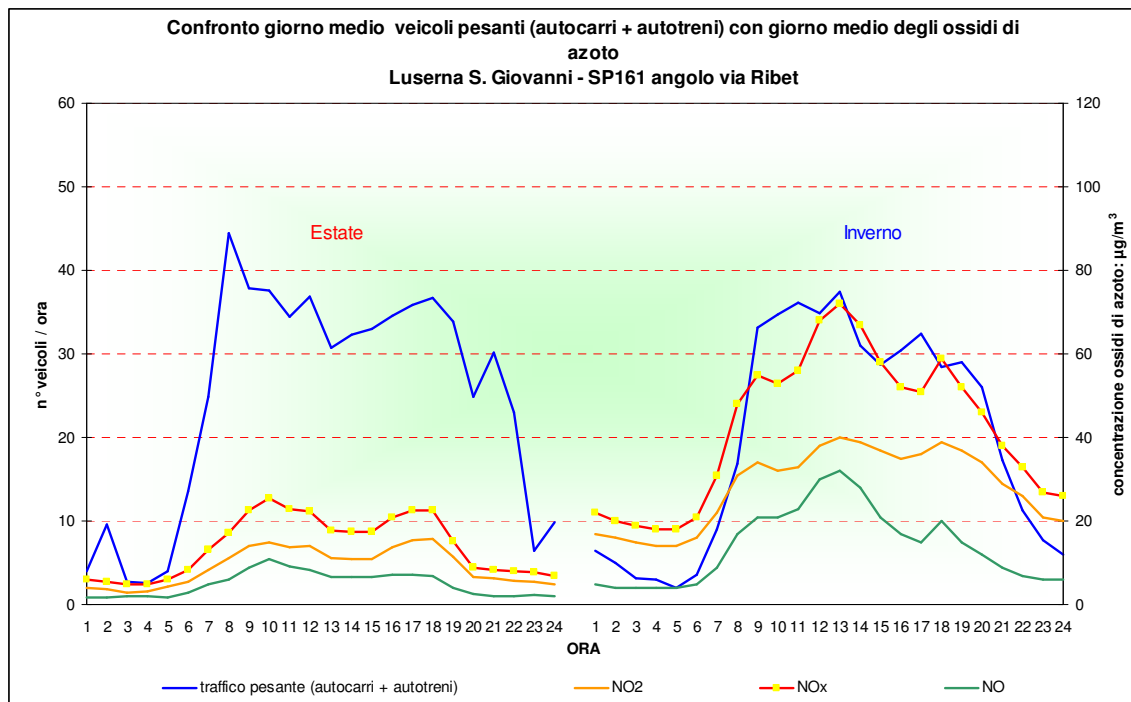


Figura 13: confronto giorno medio veicoli leggeri c/o SP161 angolo via Ribet con giorno medio ossidi di azoto

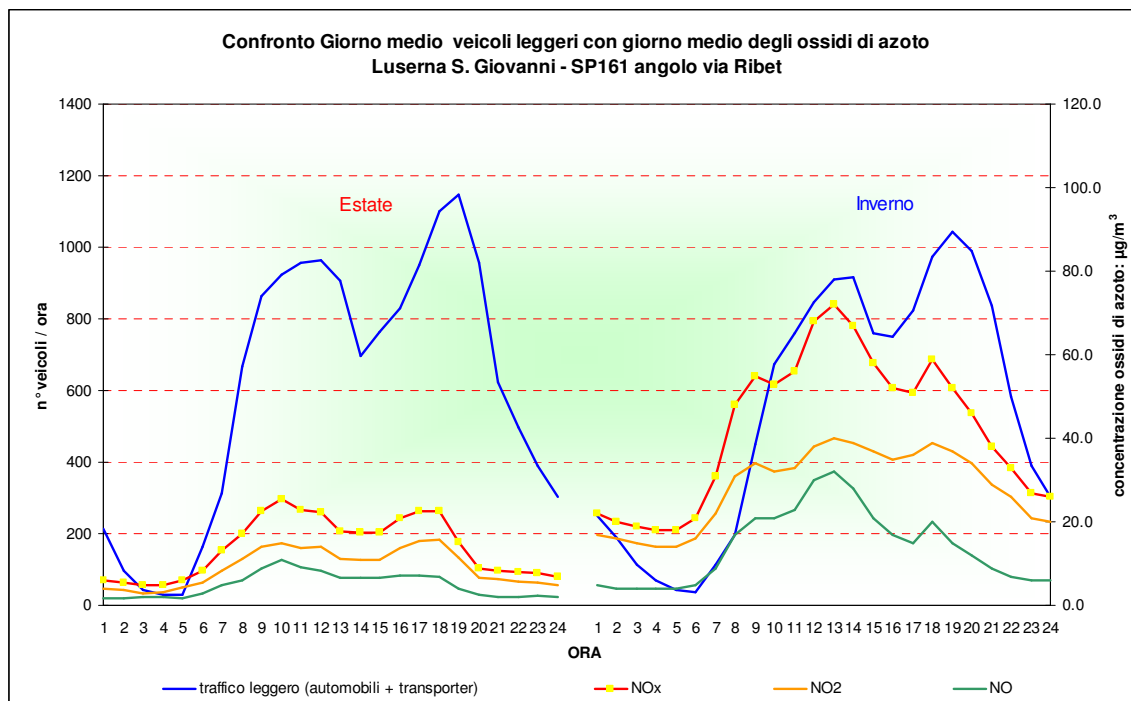
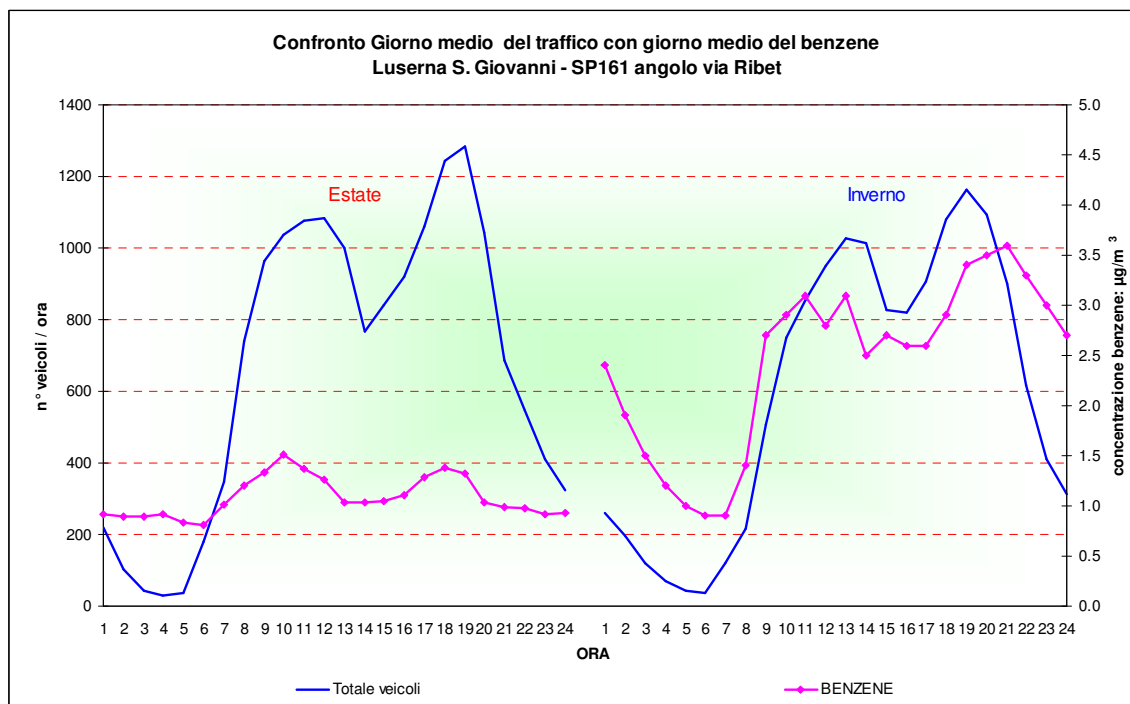


Figura 14: confronto giorno medio veicoli totale c/o SP161 angolo via Ribet con giorno medio benzene



Elaborazione dei dati meteorologici

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:

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

Rispetto alle condizioni meteorologiche registrate in Piemonte nei mesi di luglio/agosto 2016 e dicembre 2016/gennaio 2017 si riportano di seguito le considerazioni generali riportate nelle relazioni climatiche redatte dal Servizio Meteo di Arpa Piemonte.

Il mese di Luglio 2016 in Piemonte è stato più caldo della norma 1971-2000 ma le fasi anticicloniche sono state intervallate da diversi passaggi di strutture depressionarie atlantiche, che hanno causato episodi instabili con rovesci e temporali. Pertanto le ondate di calore non sono state particolarmente rilevanti né durature.

Per il mese di agosto l'evento più rilevante della prima decade del mese di agosto 2016 è stato rappresentato dall'avvicinamento all'arco alpino occidentale di una saccatura atlantica nel giorno 4, evoluta poi in circolazione depressionaria chiusa sul nord Italia nel giorno successivo. L'aria fredda instabile, associata al transito della struttura depressionaria sul territorio piemontese, ha causato forti temporali tra la serata del giorno 4 e l'alba di quello successivo. I fenomeni temporaleschi hanno interessato prima il settore settentrionale del Piemonte e successivamente i rilievi appenninici (fonte Arpa - Servizio Meteo).

Il mese di dicembre 2016 è risultato mite, nebbioso e con precipitazioni inferiori alla norma. Le precipitazioni medie mensili sono state pari a circa 40 mm, con un deficit pluviometrico del 27% (attorno ai 15 mm) rispetto alla media del periodo 1971-2000. Una caratteristica del mese sono stati i numerosi episodi nebbiosi. In particolare si sono verificati 27 giorni di nebbia ordinaria (visibilità inferiore a 1000 m) e 10 giorni di nebbia fitta (visibilità inferiore a 100 m).

In Piemonte gennaio 2017 ha avuto un'anomalia termica negativa di circa 1°C rispetto alla media del periodo 1971-2000 ed ha interrotto una sequenza di 15 mesi consecutivi (da ottobre 2015 a dicembre 2016) con temperature superiori alla norma. E' stato un mese molto secco; sono caduti appena 8.2 mm medi, con un deficit pluviometrico di 51.6 mm (pari all'86%) rispetto alla climatologia del periodo 1971-2000.

Per quanto riguarda le condizioni meteorologiche locali, l'anemologia della val Pellice, è caratterizzata, 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 scalda, 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.

Per motivi logistici il laboratorio mobile è stato posizionato in un area dove il condominio adiacente è alto più di dieci metri ed è posto sulla direttrice delle brezze di monte, ostacolando quindi la libera circolazione dell'aria. Di conseguenza le misure di velocità e direzione del vento delle ore notturne non sono attendibili e sono state omesse nella presente trattazione.

Durante la campagna estiva il campo pressorio si è attestato tra 955 e 965 mbar (**Figura 15**), con picco minimo il 5 agosto con 955 mbar e picco massimo il 7 con 970 mbar. Nei giorni invernali il campo pressorio ha oscillato tra 950 e 980 mbar, con un picco massimo di 982 mbar raggiunto il 29 dicembre e un minimo di 952 il 4 gennaio.

Nel comune di Luserna, il valore medio di tutto il periodo estivo è stata di 22,5°C (**Tabella 5**); il valore massimo orario si è raggiunto il 25 luglio con un valore pari a 30,3°C; nella campagna invernale la media registrata è stata di 3,2 °C con un massimo di 15,5°C il 27 dicembre ed un minimo di -5,7°C raggiunto il 9 gennaio. In **Figura 16** insieme all'andamento orario della temperatura è riportata anche l'umidità relativa, da cui emerge che hanno andamenti speculari: durante il giorno il forte irraggiamento porta ad un abbassamento dei valori di vapore acqueo presente nell'atmosfera, che torna ad aumentare nelle ore notturne; nei giorni dal 22 al 24 luglio in corrispondenza degli eventi piovosi più significativi del periodo si sono verificati i picchi di umidità, con un calo significativo della temperatura. Anche nel periodo invernale si osserva la medesima specularità osservata d'estate, ma ovviamente le temperature risultano più basse.

La **Figura 17** mostra l'andamento della radiazione solare globale (R.S.G.) e delle precipitazioni nel corso delle campagne di monitoraggio. Il periodo estivo è stato caratterizzato da una piovosità estesa: i dati pluviometrici indicano 16 giornate di pioggia (su 24 totali), di cui sei di pioviggine, sei caratterizzate da un livello di pioggia debole, una di pioggia moderata e tre (dal 22 al 24 luglio) contraddistinte da fenomeni di forte pioggia, con carattere di rovescio il 23 e 24; questi ultimi tre giorni hanno cumulato rispettivamente 17,2, 28,6 e 26,2 mm nel corso dell'intera giornata ed è corrisposto un abbassamento della radiazione solare globale con valore diurno pari a circa 740 W/m², a causa della copertura nuvolosa. In assenza di copertura nuvolosa i valori massimi di radiazione solare, che si osservano nelle ore centrali della giornata, variano tra 840 e 990 W/m² circa. Il periodo invernale è risultato secco, con solo tre giorni di pioggia moderata ed uno ed uno a carattere di rovescio il 20 dicembre, mentre i valori massimi di radiazione solare variano da 160 a 370 W/m² ca.

La radiazione solare è un parametro significativo nel determinare il grado di stabilità atmosferica; in generale ad elevate intensità della radiazione solare corrisponde un'elevata turbolenza convettiva che favorisce il rimescolamento degli inquinanti; quindi nel periodo estivo si osservano valori

generalmente bassi degli inquinanti primari e di polveri. Essa tuttavia favorisce le reazioni chimiche che coinvolgono gli inquinanti presenti in atmosfera e di conseguenza lo sviluppo dell'inquinamento secondario di origine fotochimica, come nel caso dell'ozono che raggiunge le concentrazioni maggiori proprio durante i mesi di massima radiazione solare.

Tabella 5: Dati relativi ai parametri meteorologici nel corso delle campagne di monitoraggio

	RADIAZIONE SOLARE GLOBALE		TEMPERATURA		UMIDITA' RELATIVA		PRESSIONE ATMOSFERICA		VELOCITA' VENTO	
	W/m ²		°C		%		hPa		m/s	
	Estate	Inverno	Estate	Inverno	Estate	Inverno	Estate	Inverno	Estate	Inverno
Minima media giornaliera	120.6	6.4	17.9	-3.0	42.9	39.5	958.3	957.1	0.47	0.35
Massima media giornaliera	324.2	50.5	25.6	9.3	81.6	96.3	969.1	980.2	0.98	1.15
Media delle medie giornaliere	257.1	39.3	22.5	3.2	61.0	66.7	962.5	971.2	0.74	0.69
Giorni validi	24	38	24	38	24	38	24	38	22	35
Percentuale giorni validi	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	92%	92%
Media dei valori orari	257.1	39.3	22.5	3.2	61.0	66.7	962.5	971.2	0.73	0.69
Massima media oraria	987.0	367.0	30.3	15.4	93.0	100.0	970.0	982.0	2.00	2.40
Ore valide	576	912	576	912	576	912	576	912	547	824
Percentuale ore valide	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	95%	90%

Figura 15: Pressione Atmosferica

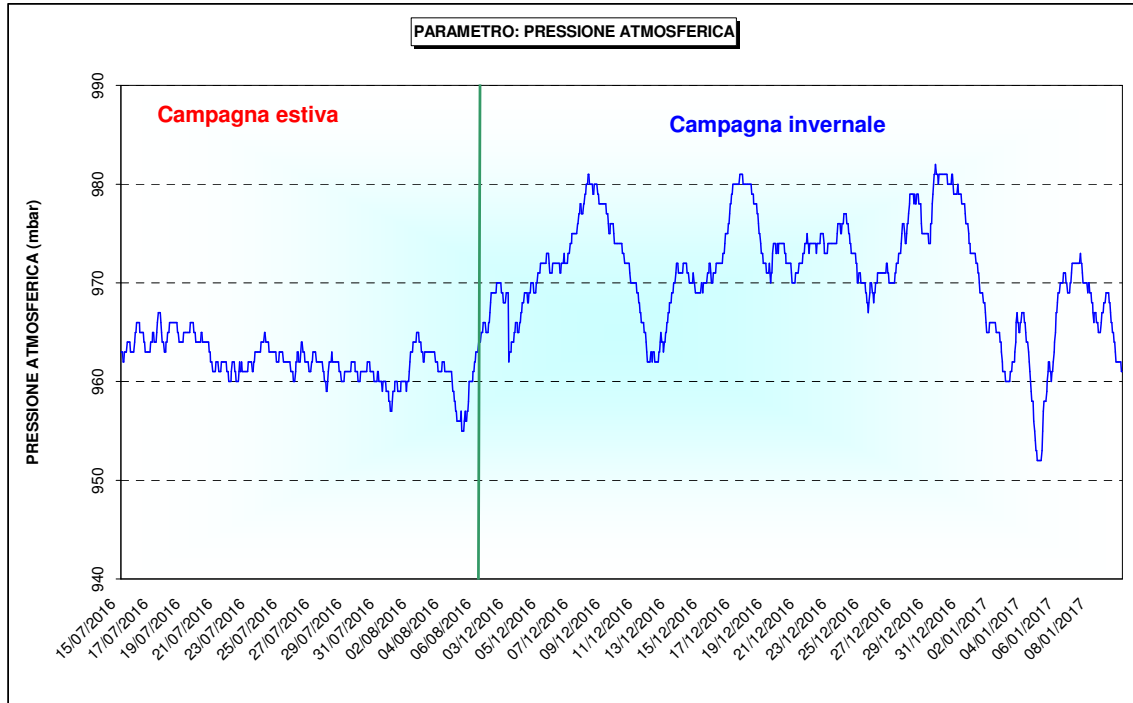


Figura 16: Umidità Relativa - Temperatura aria

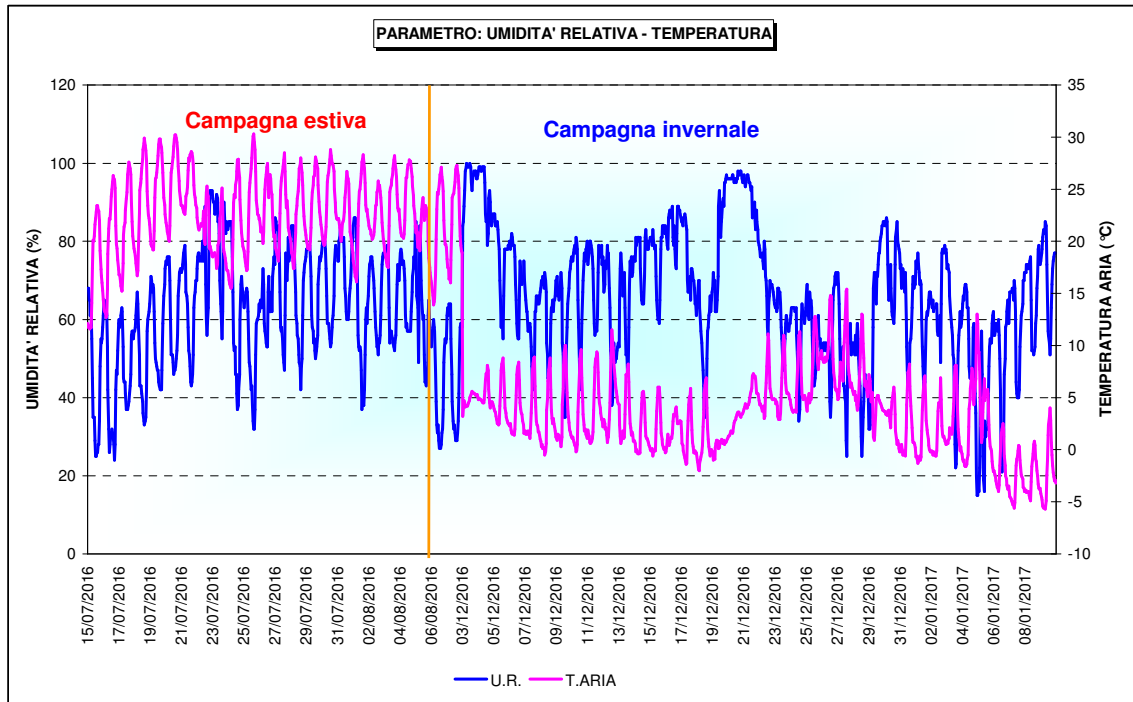
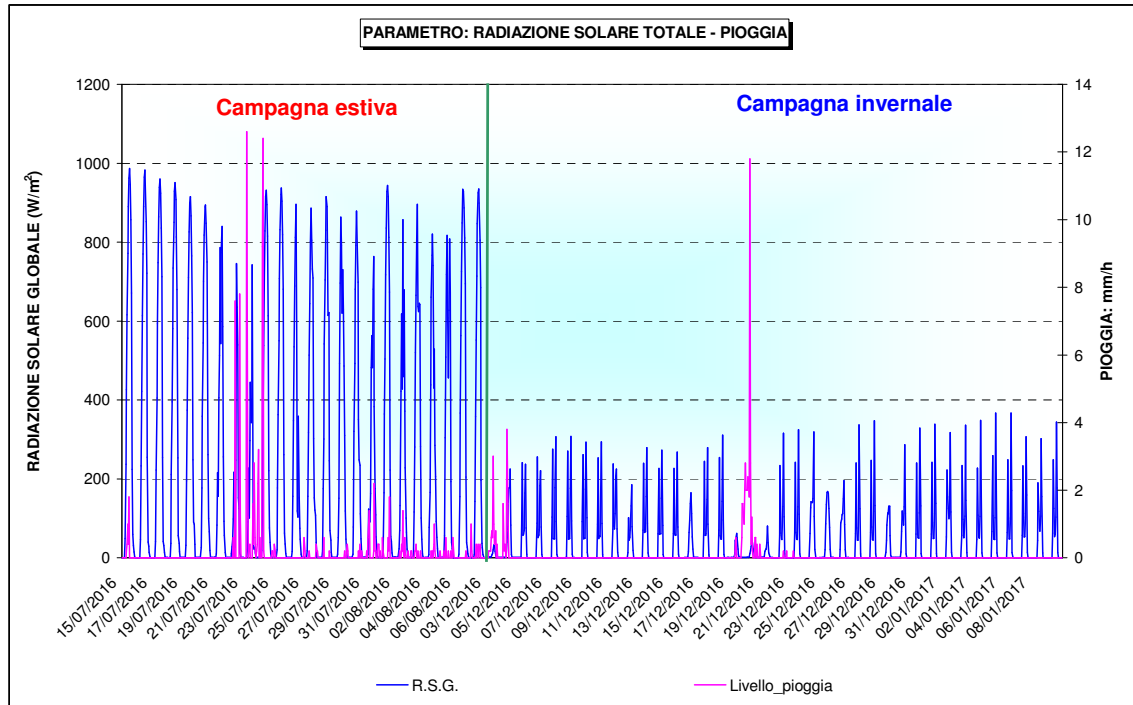


Figura 17: Radiazione Solare Globale e pioggia



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
PM ₁₀	PARTICOLATO SOSPESO PM ₁₀
PM _{2.5}	PARTICOLATO SOSPESO PM _{2.5}

Copia di tutti i dati acquisiti è conservata su supporto informatico presso il Dipartimento Territoriale Piemonte Nord Ovest (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 le campagne di monitoraggio di Luserna; infatti i valori sia giornalieri sia orari sono ampiamente al di sotto dei limiti (**Tabella 6** e **Figura 18**). Il massimo valore giornaliero (calcolato come media giornaliera sulle 24 ore), è pari a 8 µg/m³ nella campagna estiva e 10 µg/m³ in quella invernale, di molto inferiori al limite per la protezione della salute di 125 µg/m³. La massima media oraria è stata di 9 µg/m³, in estate e 14 µg/m³ in inverno, quindi è ampiamente rispettato il livello orario per la protezione della salute fissato dal D.M. 60/2002 in 350 µg/m³.

Si può concludere che questo parametro non mostra alcuna criticità, poiché le azioni a livello nazionale per la riduzione della percentuale di zolfo nei combustibili e l'utilizzo del metano per gli impianti di riscaldamento hanno dato i risultati attesi e le concentrazioni di SO₂ sono sempre 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 (SO_2) ($\mu g/m^3$)

	Estate	Inverno
Minima media giornaliera	1	1
Massima media giornaliera	8	10
Media delle medie giornaliere:	5	5
Giorni validi	24	38
Percentuale giorni validi	100%	100%
Media dei valori orari	4	5
Massima media oraria	9	14
Ore valide	573	910
Percentuale ore valide	99%	100%
<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 18: SO_2 - confronto con il livello di protezione della salute (media giornaliera)

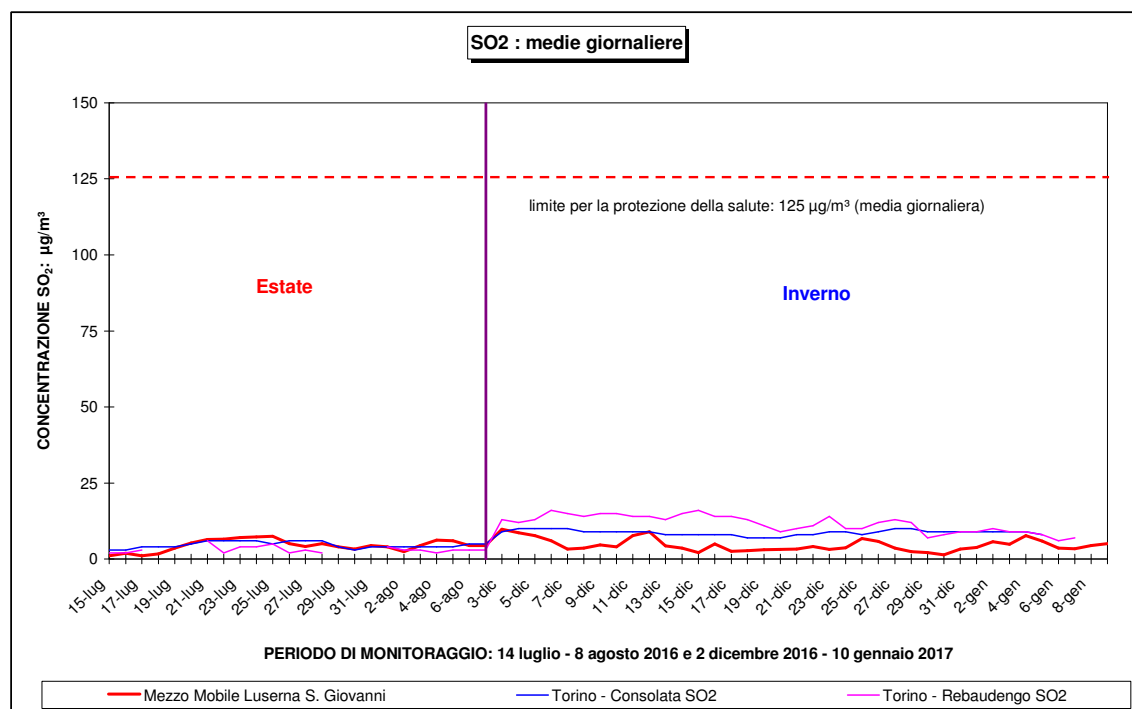
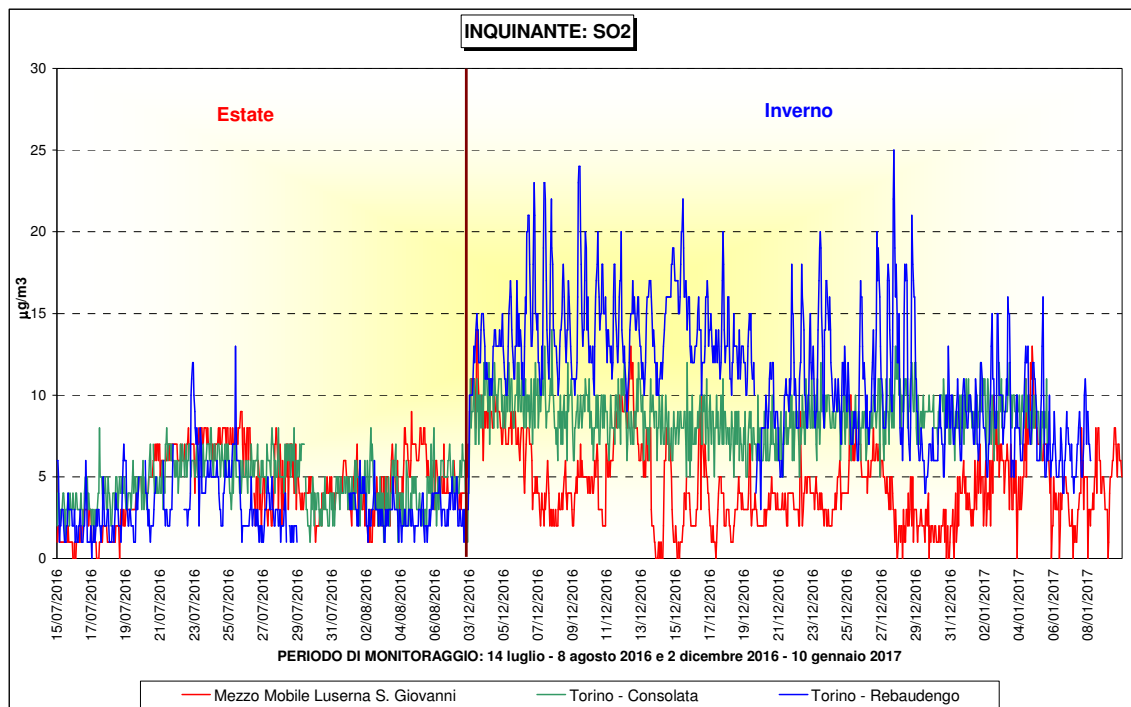


Figura 19: SO₂ - medie orarie confronto con alcune stazioni della rete fissa



Ossidi di Azoto

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

Monossido d'azoto

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

Nel corso della prima campagna di monitoraggio i livelli di NO (**Tabella 7**) sono risultati generalmente inferiori a $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, tranne il 15 luglio in cui è stato registrato un picco di $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$, corrispondente al valore orario massimo raggiunto nel periodo; la media dei valori orari risulta pari a $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Si tratta pertanto di valori bassi, tipici della stagione estiva.

Tale fenomeno risulta equivalente nelle stazioni poste a confronto, indicando come le dinamiche dell'atmosfera siano fondamentali nella formazione e accumulo degli inquinanti e gli ossidi di azoto sono caratteristici prevalentemente del periodo invernale.

Nella seconda campagna le concentrazioni sono rimaste al di sotto di $85 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ad eccezione del 12 dicembre con $119 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e il 19 dicembre con 110 , mentre il 16 dicembre ha registrato il picco massimo di $133 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Per quanto riguarda il confronto con altre stazioni della rete provinciale (**Figura 20** e **Figura 21**) la campagna invernale, nella quale come sopra evidenziato si sono registrati i valori più elevati e pertanto più rappresentativi, ha evidenziato un'analogia con la stazioni di Oulx e Druento, mentre risulta marcata la differenza con le stazioni di fondo e traffico urbano e di pianura, che registrano nel periodo freddo dell'anno concentrazioni più elevate.

Tabella 7: Dati relativi al monossido di azoto (NO) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Estate	Inverno
Minima media giornaliera	3	6
Massima media giornaliera	8	51
Media delle medie giornaliere:	5	14
Giorni validi	24	36
Percentuale giorni validi	100%	95%
Media dei valori orari	5	14
Massima media oraria	22	133
Ore valide	576	863
Percentuale ore valide	100%	95%

Figura 20: NO - medie orarie confronto con alcune stazioni della rete fissa

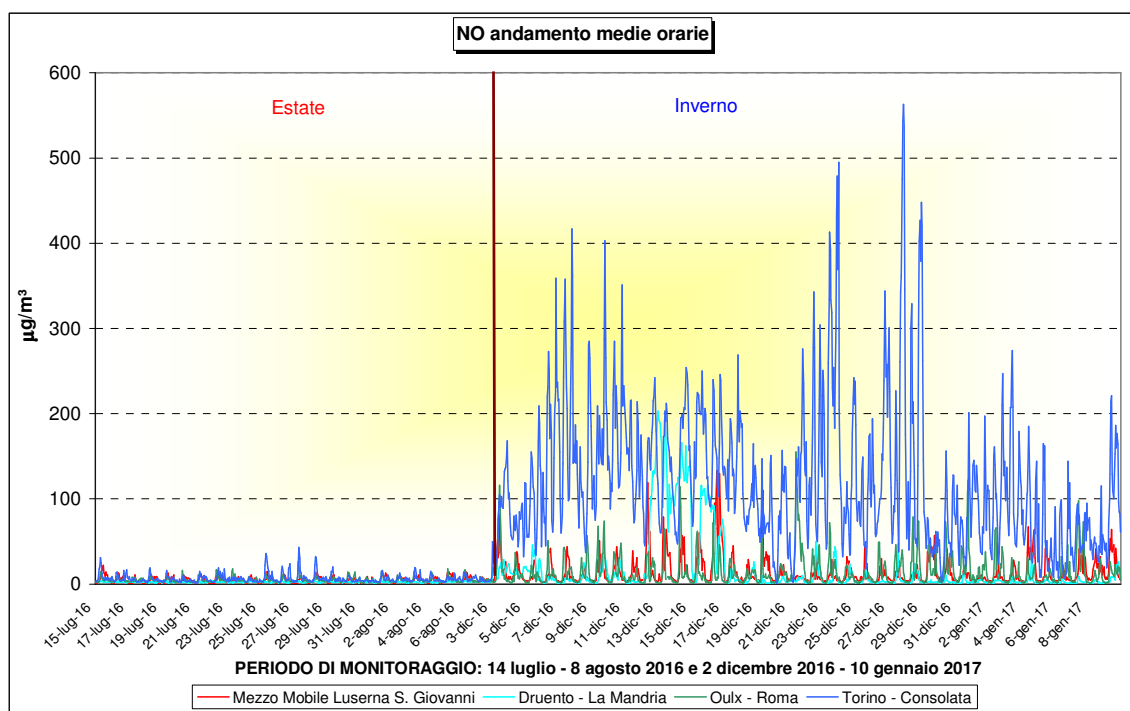
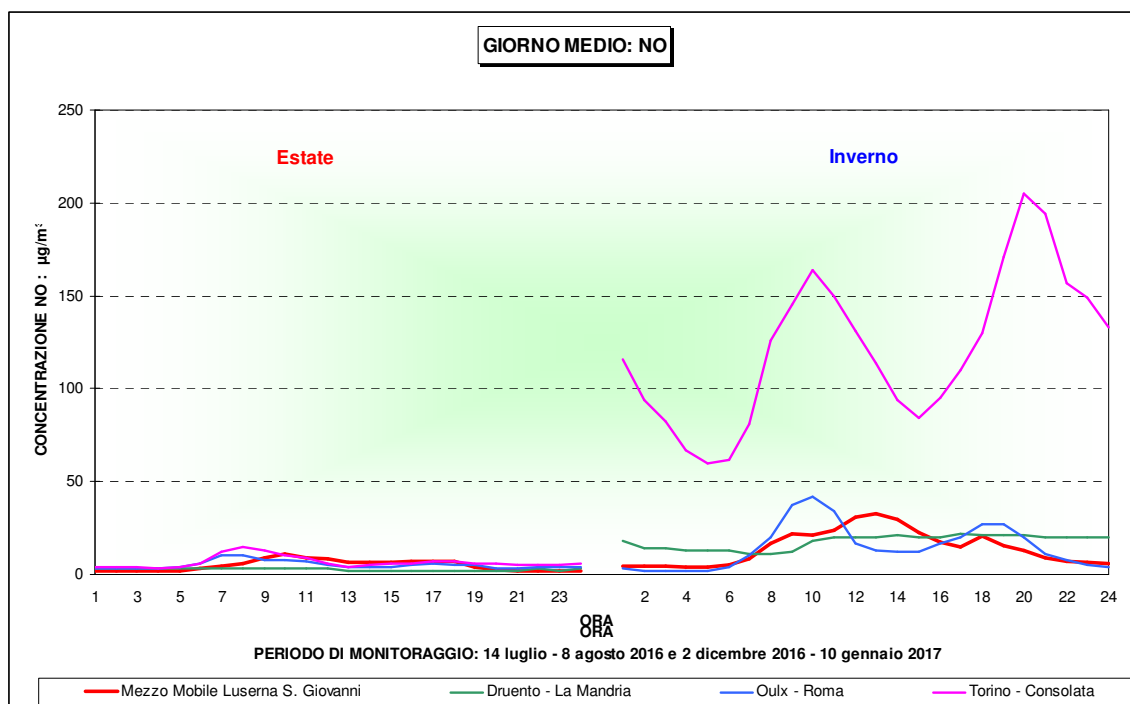


Figura 21: NO - giorno medio confronto con alcune stazioni della rete fissa



Biossido d'azoto

Il biossido di azoto è da ritenersi fra gli inquinanti atmosferici maggiormente pericolosi sia perché 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 l'NO₂ (**Tabella 9**), durante le campagne di monitoraggio nel comune di Luserna 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 di 31 µg/m³ (campagna estiva) e di 94 µg/m³ (campagna invernale). Le **figure 22 e 23** permettono di confrontare i dati delle campagne condotte con il mezzo mobile con quelli provenienti da alcune stazioni della rete fissa di monitoraggio: nel confronto del periodo estivo è evidente che sia le medie orarie che il giorno medio di Luserna presentano concentrazioni più basse rispetto a quelle di Torino-Consolata e più alte di Druento, cabina classificata di fondo rurale; gli andamenti ed i livelli di massimi e minimi

risultano in questo caso confrontabili con quelli di Oulx, cabina di traffico-suburano. Nel periodo invernale sia i dati orari che l'andamento del giorno medio risultano confrontabili con le concentrazioni di Oulx e Druento, mentre emerge con maggiore evidenza la differenza con i valori più alti della stazione di Torino-Consolata.

Il D.Lgs. 155/2010 prevede per il biossido di azoto anche un valore limite annuale per la protezione della salute umana di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Visto che la durata della campagna non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo, non è possibile un confronto diretto con le misure effettuate. Si può però considerare un valore stimato di media annuale ricavato con la metodologia descritto nella nota.

Dalla (**Figura 24**) 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 $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$; il valore è tra i più bassi dell'intera provincia, ponendosi tra Baldissero e Oulx.

Tali 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.

Nota

Si sono calcolate le medie di NO_2 , per i due periodi della campagna (estivo e invernale), di tutte le stazioni della provincia con l'esclusione di quella di Ceresole, quest'ultima tipica di una situazione non interessata da traffico; dal rapporto con la media dell'anno 2016 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne a Luserna S. Giovanni permette di ricavare la stima annuale:

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

dove

m_c : media periodo campagne NO_2 Luserna S. Giovanni

M_c : media stimata anno 2016 NO_2 Luserna S. Giovanni

m_p : media periodo campagne NO_2 Provincia di Torino

M_p : media anno 2016 NO_2 Provincia di Torino

Tabella 8: NO₂ - confronto medie del periodo di monitoraggio con medie annuali 2016 nella provincia di Torino

Stazione	Media NO ₂ (µg/m ³)			
	I° Campagna	II° Campagna	Media I° e II° Campagna	Media Anno 2016
Ceresole Reale - Diga	6	3	5	4
Druento - La Mandria	4	24	14	11
Baldissero T.(ACEA) - parco	7	25	16	12
Mezzo Mobile - Luserna (*)	9	28	19	15
Oulx - Roma	12	34	23	18
Chieri - Bersezio	10	36	23	19
Susa - Repubblica	13	32	23	20
Ivrea - Liberazione	8	47	28	23
Leini'(ACEA) - Grande Torino	15	48	32	24
Borgaro T. - Caduti	16	70	43	30
Orbassano - Gozzano	17	58	38	32
Vinovo - Volontari	25	42	34	33
Torino - Rubino	23	62	43	35
Settimo T. - Vivaldi	19	66	43	36
Carmagnola - I Maggio	29	57	43	39
Torino - Lingotto	23	80	52	40
Beinasco (TRM) - Aldo Mei	25	68	47	41
Collegno - Francia	40	81	61	46
Torino - Consolata	40	84	62	50
Torino - Rebaudengo	49	117	83	70
(*)= medie annuali stimate				

Figura 23: NO₂ - andamento del giorno medio

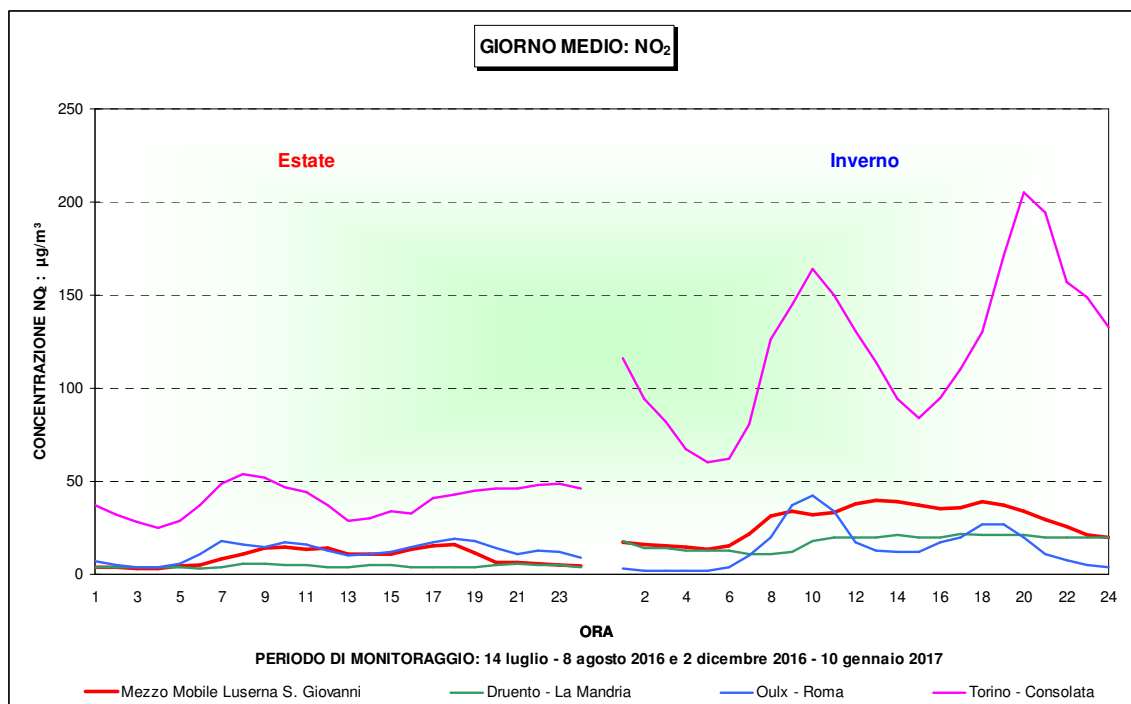
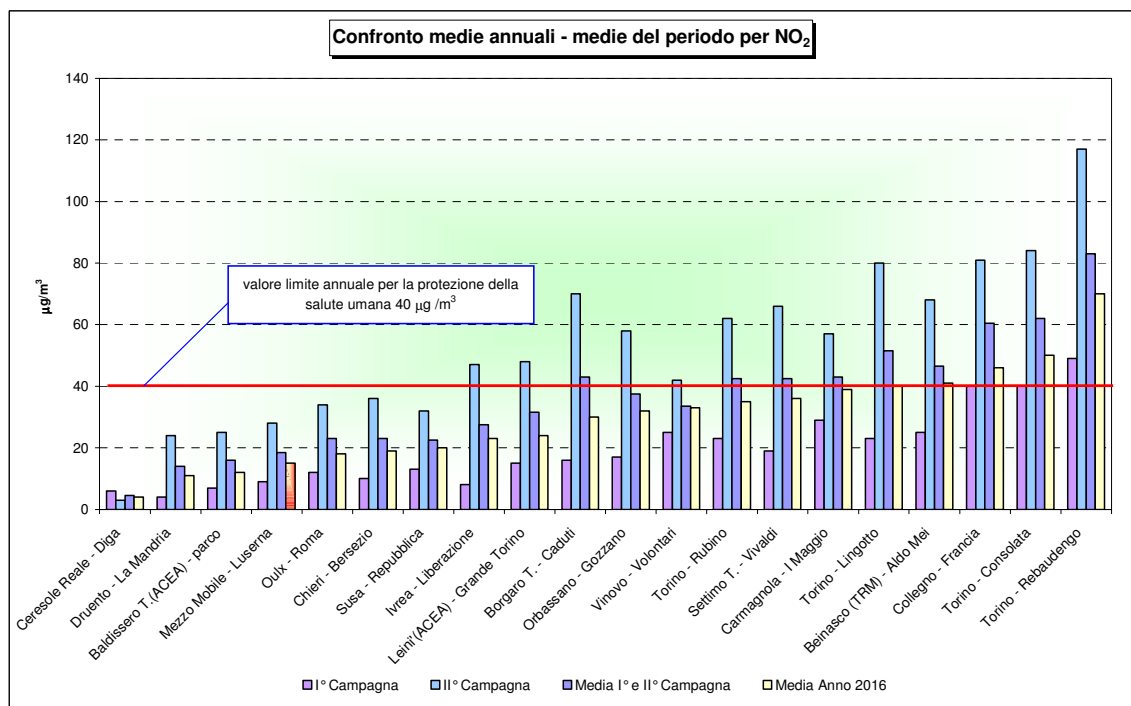


Figura 24: NO₂ - confronto medie annuali e medie del periodo nella provincia di Torino (la media annuale per il sito di Luserna è stata stimata)



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 le campagne di Luserna (**Tabella 10**) 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 $0.4 \text{ mg}/\text{m}^3$, nel periodo estivo, e $1 \text{ mg}/\text{m}^3$ in quello invernale (**Figura 25**); questo limite non è raggiunto neppure su base oraria (il massimo valore orario è stato di 0.5 e $1.2 \text{ mg}/\text{m}^3$ nelle due rispettive campagne). La **Figura 27** mostra l'andamento medio delle concentrazioni del CO nel corso della giornata. Il confronto con i dati di alcune stazioni della rete provinciale fissa (**Figura 26** e **Figura 27**) indica concentrazioni inferiori rispetto a Torino-Consolata e Torino-Rebaudengo, stazioni di traffico urbano, e molto simili a quelle di Oulx, stazione classificata di traffico suburbano.

Tabella 10: Dati relativi al monossido di carbonio (CO) (mg/m³)

	Estate	Inverno
Minima media giornaliera	0.2	0.2
Massima media giornaliera	0.4	0.8
Media delle medie giornaliere (b):	0.3	0.4
Giorni validi	24	36
Percentuale giorni validi	100%	95%
Media dei valori orari	0.3	0.4
Massima media oraria	0.5	1.2
Ore valide	572	863
Percentuale ore valide	99%	95%
Minimo medie 8 ore	0.2	0.1
Media delle medie 8 ore	0.3	0.4
Massimo medie 8 ore	0.4	1.0
Percentuale medie 8 ore valide	100%	94%
<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 25: CO - confronto con il limite di legge (media trascinata sulle 8 ore)

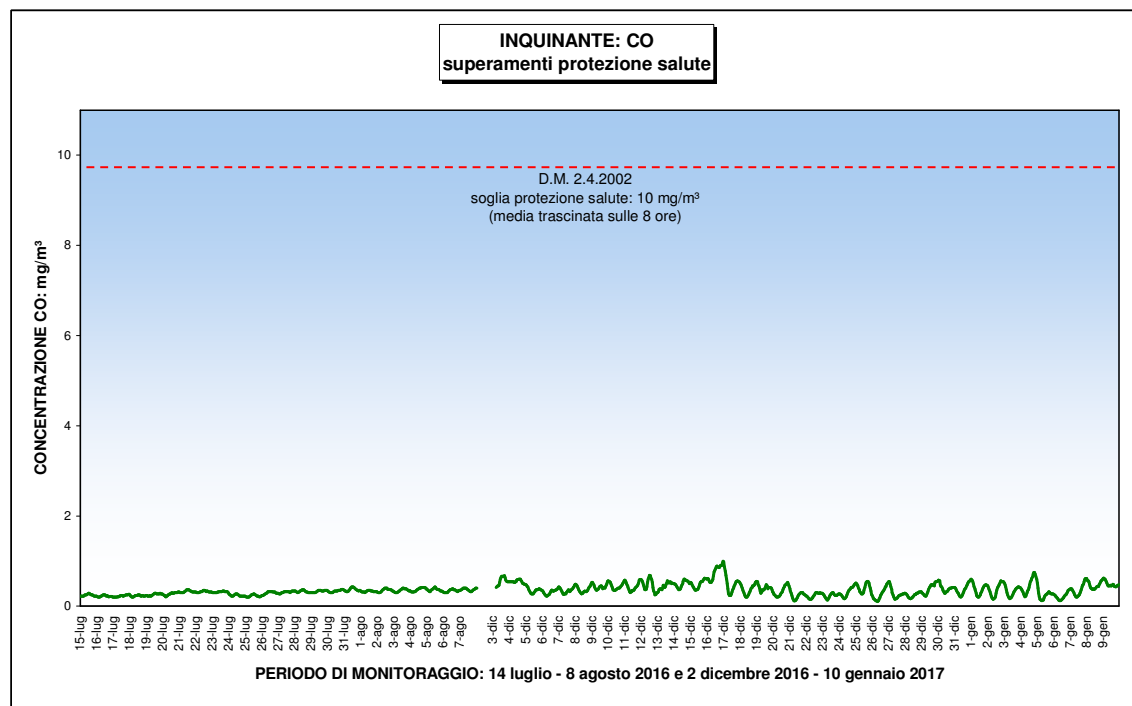


Figura 26: CO - andamento medie orarie

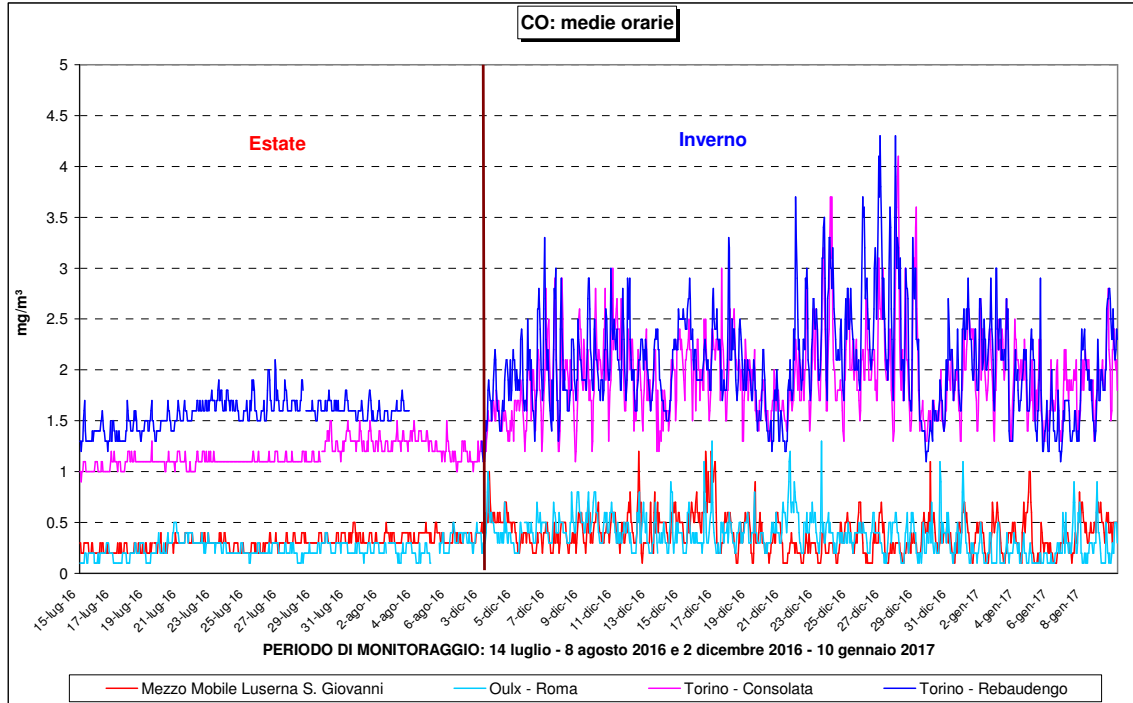
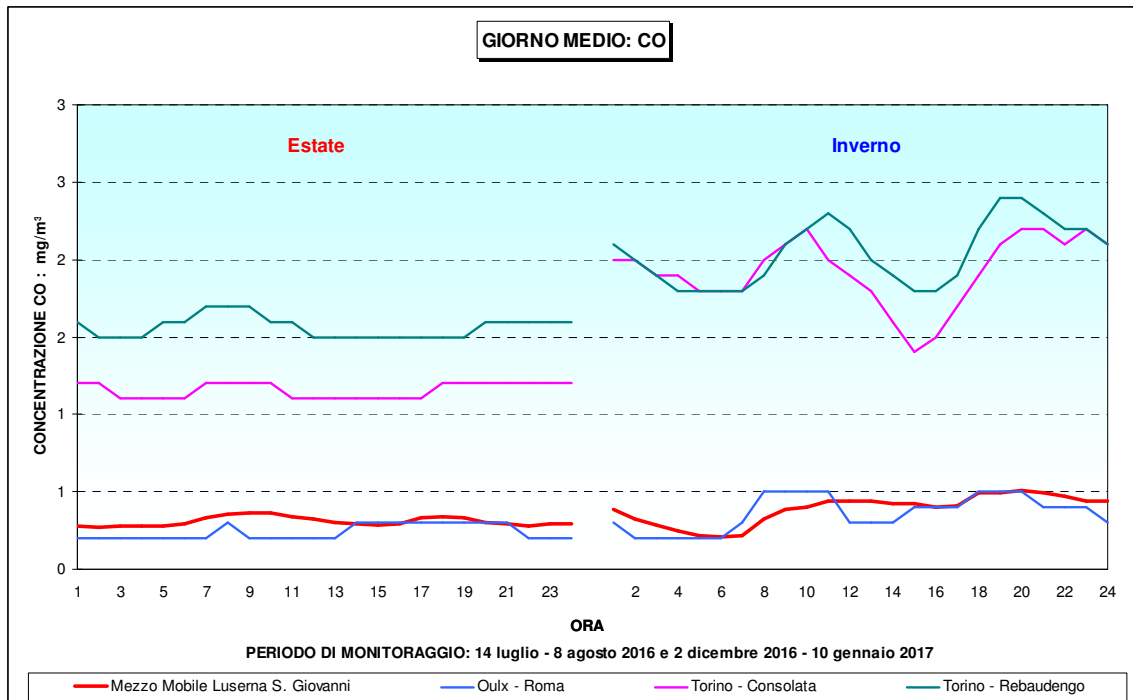


Figura 27: CO - andamento del giorno medio



Benzene e Toluene

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

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

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

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

Il benzene è una sostanza classificata:

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

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

Per quanto riguarda il toluene la normativa italiana non prevede alcun limite, ma le linee guida del 2000 dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) 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.

Durante le campagne di monitoraggio nel Comune di Luserna sono state determinate le concentrazioni medie pari a $1.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (in estate) e $2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (inverno), mentre le punte massime sono state rispettivamente di 2.3 e $1.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, come riportato in **Tabella 11**.

Dalla **Figura 28** e dalla **Figura 29** osserviamo che le concentrazioni orarie del benzene nel sito monitorato: nella stagione estiva, che è la meno critica per le concentrazioni di benzene, i valori sono confrontabili o leggermente superiori alle centraline fisse da traffico ubicate in Torino – Via della Consolata e piazza Rebaudengo, mentre una differenza più evidente si riscontra con i dati della centralina di Borgaro T.se, classificata di fondo suburbano; nella seconda campagna, durante un periodo più significativo per le valutazioni inerenti a questo inquinante, le concentrazioni del sito di Luserna sono risultate in generale inferiori a tutte le stazioni di confronto.

Dai dati del giorno medio di traffico veicolare confrontati con i dati del giorno medio benzene risulta evidente la correlazione tra le concentrazioni benzene e i flussi di traffico veicolare vedi **Figura 14**.

La normativa vigente (D.Lgs. 155/2010) prevede per il benzene un valore limite annuale di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$; poiché la durata della campagna non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo, non è possibile un confronto diretto con le misure effettuate. Si può però considerare un valore stimato di media annuale ricavato dal rapporto fra la media delle medie giornaliere dei due periodi pari a $1.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e un fattore ricavato come descritto nella nota.

Applicando tale procedimento, la media annuale stimata è pari a $1.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, (vedi **Figura 30**) valore inferiore al limite.

Per il toluene la massima media giornaliera è risultata essere di $4.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in estate e $14.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in autunno (**Tabella 12**), ben al di sotto del valore guida consigliato dall'OMS.

Nota

Si sono calcolate le medie delle concentrazioni del benzene per i due periodi della campagna (estivo e invernale), di tutte le stazioni della provincia in cui viene monitorato tale parametro; dal rapporto con la media dell'anno 2016 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio della campagna a Luserna S. Giovanni permette di ricavare la stima annuale:

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

dove

m_c : media periodo campagne benzene Luserna S. Giovanni

M_c : media stimata anno 2016 benzene Luserna S. Giovanni

m_p : media periodo campagne benzene Provincia di Torino

M_p : media anno 2016 benzene Provincia di Torino

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

	Estate	Inverno
Minima media giornaliera	0.5	1.5
Massima media giornaliera	1.4	4.7
Media delle medie giornaliere	1.1	2.5
Giorni validi	24	34
Percentuale giorni validi	100%	89%
Media dei valori orari	1.1	2.5
Massima media oraria	2.3	9.1
Ore valide	576	826
Percentuale ore valide	100%	91%

Tabella 12: Dati relativi al toluene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Estate	Inverno
Minima media giornaliera	2.6	1.7
Massima media giornaliera	4.9	14.7
Media delle medie giornaliere	4.1	5.2
Giorni validi	24	34
Percentuale giorni validi	100%	89%
Media dei valori orari	4.1	5.2
Massima media oraria	19.6	35.8
Ore valide	576	826
Percentuale ore valide	100%	91%

Figura 28: Benzene - andamento orario e confronto con i dati delle stazioni di Borgaro T.se, Torino - Consolata e Torino - Rebaudengo

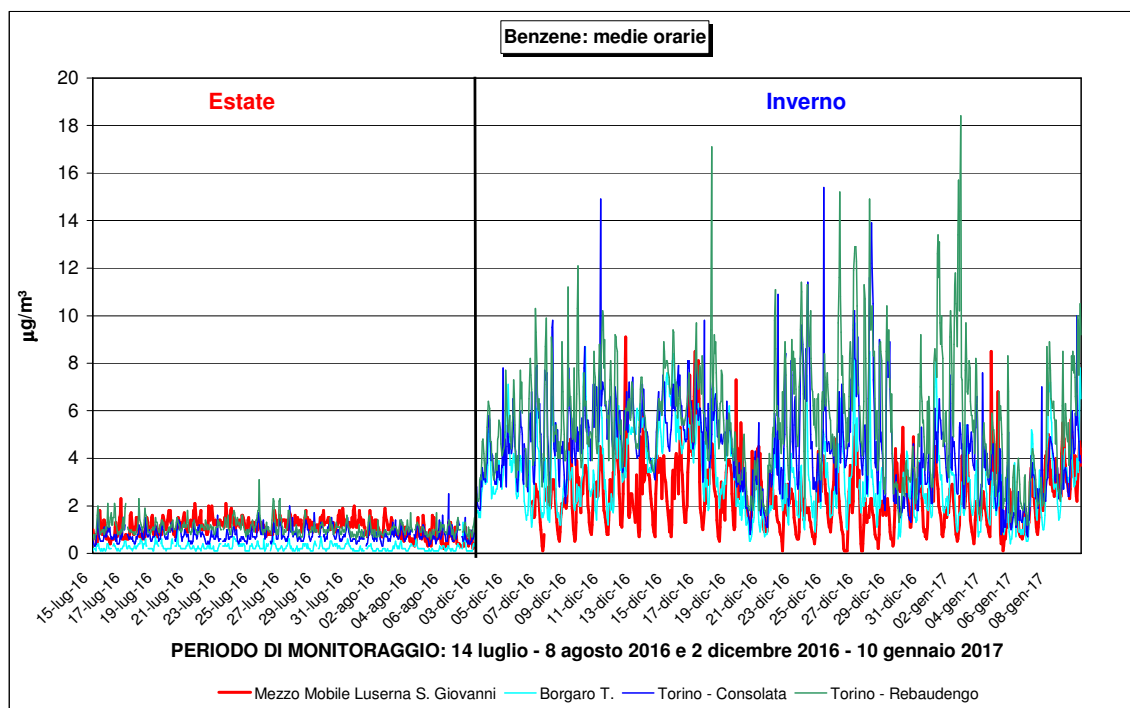


Figura 29: Benzene - giorno medio e confronto con i dati delle stazioni di Borgaro T.se, Torino - Consolata e Torino - Rebaudengo

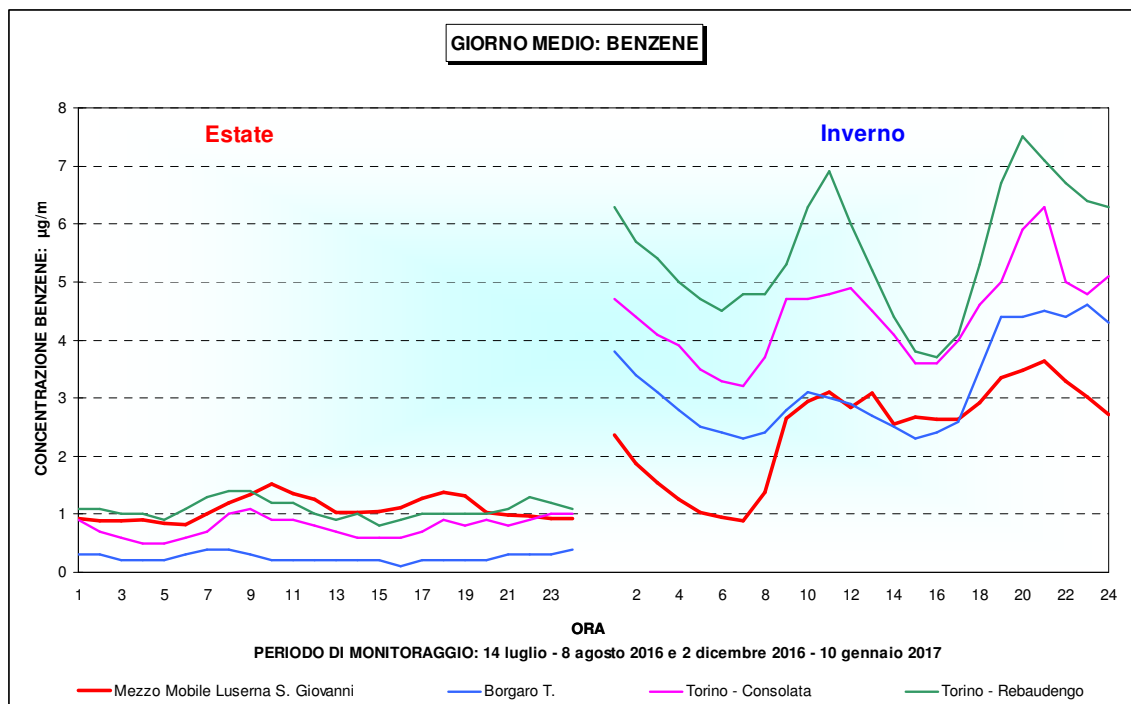
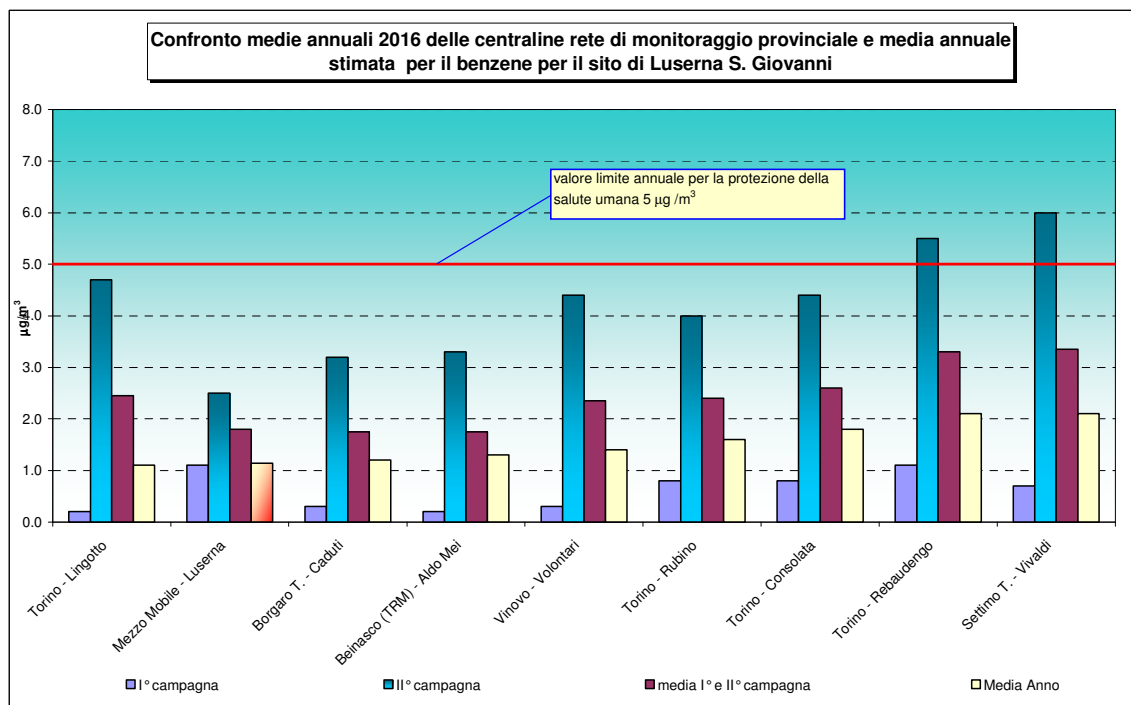


Figura 30: Benzene - confronto media annuale 2016 e media del periodo



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 particolato è costituito anche da una componente secondaria, che si forma in atmosfera a seguito di complessi fenomeni chimico-fisici a carico di precursori originariamente emessi in forma gassosa.

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 le 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 $10\ \mu\text{m}$, 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 D.Lgs. 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 $2.5\ \mu\text{m}$).

PM_{10}

Nel monitoraggio estivo eseguito nel comune di Luserna non si sono avuti per il particolato PM_{10} superamenti del valore limite giornaliero di $50\ \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre nel periodo autunnale si sono verificati 3 superamenti di tale limite, come indicato in **Tabella 13** e in **Figura 31**; nella campagna estiva notiamo inoltre che, come tipico della stagione, le concentrazioni di questo inquinante sono basse e molto simili alle stazioni di riferimento, pur con caratteristiche spaziali diverse come Druento (fondo rurale) e Torino-Consolata (traffico urbano).

La seconda campagna svoltasi in inverno ha consentito di caratterizzare meglio il sito rispetto a questo inquinante. Infatti nei profili del periodo di questa campagna, quando sia il contributo degli impianti termici che le condizioni atmosferiche favorevoli all'accumulo del particolato in atmosfera ne determinano livelli di concentrazione più elevati, le differenze tra le tipologie di cabina diventano più evidenti, mostrando una maggiore analogia con le concentrazioni registrate nelle cabine di Druento e Oulx ed una differenza più marcata con quella di Torino-Consolata dove si sono registrati valori più elevati.

Durante la campagna estiva il valore medio del periodo rilevato nel sito di è stato di $16\ \mu\text{g}/\text{m}^3$, con un valore massimo giornaliero di $24\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ registrato il 20 e 22 luglio; la concentrazione più bassa ($5\ \mu\text{g}/\text{m}^3$) si è riscontrata il 15 luglio. Nella **Figura 31** viene data evidenza dei fenomeni piovosi occorsi nel periodo, mostrando chiaramente l'influenza della pioggia rispetto all'abbattimento delle

concentrazioni di particolato sospeso. Questo fenomeno è particolarmente visibile nelle giornate dal 22 al 24 luglio che hanno registrato gli eventi di pioggia più significativi e la concentrazione di PM_{10} è scesa da 24 a $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Un'altra considerevole diminuzione della concentrazione del particolato, passata da 21 a $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, è evidente nei giorni dal 30 luglio al 1° agosto in cui è piovuto con meno intensità rispetto a quelli precedentemente citati.

Nel corso della seconda campagna il valore medio è stato di $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con un valore massimo di $66 \mu\text{g}/\text{m}^3$ registrato il 5 dicembre ed uno minimo di $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ il 21 e il 23 dicembre, successivi al fenomeno più significativo di pioggia del periodo verificatosi il 20 dicembre.

Come già accennato, durante il monitoraggio autunnale vi sono stati 3 superamenti del valore limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ su 66 giorni validi (sul totale dei giorni delle due campagne), pari al 5% dei giorni validi.

Dalla **Tabella 15**, nella quale sono riportati i dati relativi alle cabine della provincia notiamo che in estate non vi sono stati superamenti del limite giornaliero, mentre durante la campagna invernale, come è tipico del periodo considerato, si sono avuti superamenti del limite giornaliero su tutte le stazioni di rilevamento della Provincia di Torino ad eccezione di Oulx.

In **Figura 35** si osserva che, in termini percentuali, il numero di superamenti rilevati nel sito di Luserna è compreso tra quello di Oulx e quello di Susa, che hanno registrato le percentuali più basse dei siti della Provincia.

Rispetto al numero di superamenti nel corso dell'anno non è possibile effettuare stime che abbiano un'approssimazione statistica accettabile, come nel caso dei valori medi; vengono pertanto considerati per analogia le stazioni della rete fissa che, durante il periodo delle campagne, hanno registrato un numero di superamenti uguali o molto vicini. Nel caso in oggetto la stazione più simile come numero di superamenti del livello giornaliero risulta Susa, che nel corso dell'anno ha avuto in totale 10 superamenti e pertanto è ben al di sotto del limite di 35 stabilito dalla legge. È dunque presumibile che se si fosse effettuato un monitoraggio esteso all'intero anno anche nel sito di Luserna non ci sarebbe stato il superamento del limite preso in esame.

Il valore medio del periodo rilevato nel sito di Luserna è pari a $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (**Tabella 15** e **Figura 34**). In termini puramente numerici tale valore è inferiore al valore limite previsto dalla normativa per la protezione della salute umana ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) che però va calcolata su base annuale. Poiché la durata della campagna non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo, non è possibile un confronto diretto con le misure effettuate. Si può però considerare un valore stimato di media annuale ricavato come descritto nella nota.

Applicando tale procedimento, la media annuale stimata è pari a $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$, (vedi **Figura 34**), ampiamente inferiore al valore limite di legge ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$). La stima della media annuale conferma inoltre quanto già evidenziato in relazione al rispetto del valore limite giornaliero. La correlazione statistica per il PM_{10} tra media annuale e numero di giorni di superamento del valore limite giornaliero², infatti, evidenzia che sul territorio piemontese il valore limite giornaliero viene rispettato per valori di medi annuale inferiori a $24,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

² Bertello et, al Analisi della correlazione fra media annuale e numero di superamenti del valore limite per il PM_{10} – La situazione del Piemonte nel quadro europeo – Atti del VII Convegno Nazionale sul Particolato Atmosferico, Roma 2016

Nota

Si sono calcolate le medie delle concentrazioni del PM₁₀ per il periodo delle campagne, di tutte le stazioni della provincia in cui viene monitorato tale parametro ad eccezione della cabina di Ceresole in quanto stazione remota esente da apporti di particolato da traffico veicolare significativi; dal rapporto con la media dell'anno 2016 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne a Luserna permette di ricavare la stima annuale:

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

dove

m_c : media periodo campagne PM₁₀ Luserna S. Giovanni

M_c : media stimata anno 2016 PM₁₀ Luserna S. Giovanni

m_p : media periodo campagne PM₁₀ Provincia di Torino

M_p : media anno 2016 PM₁₀ Provincia di Torino

PM_{2,5}

Il parametro PM_{2,5} segue, come andamento temporale e valori medi di concentrazione giornaliera, il PM₁₀ (vedi **Figura 33**).

Il valore medio del periodo estivo è stato di 12 µg/m³, con un minimo di 5 ed un massimo di 23 µg/m³; nella seconda campagna il valore medio è stato di 23 µg/m³, con un minimo di 8 ed un massimo di 56 µg/m³ (**Tabella 14**). Dalla **Figura 32** notiamo che, in termini relativi, i valori di PM_{2,5} nel sito di Luserna sono risultati nella prima campagna mediamente molto vicini a quelle delle altre stazioni provinciali prese a riferimento, mentre nella seconda sono emersi valori più bassi. In termini assoluti la media dei due periodi di monitoraggio, pari a 18 µg/m³, è inferiore al valore limite previsto dalla normativa di 25 µg/m³ (**Tabella 16**) che però va calcolato su base annuale.

Visto che la durata del monitoraggio a Luserna S. Giovanni è pari a circa 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 le stazioni della provincia in cui si misura il PM_{2,5}; dal rapporto con la media dell'anno 2016 della provincia si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne di Luserna S. Giovanni permette di ricavare la stima annuale;

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

dove

m_c : media periodo campagne PM_{2,5} Luserna S. Giovanni

M_c : media stimata anno 2016 PM_{2,5} Luserna S. Giovanni

m_p : media periodo campagne PM_{2,5} Provincia di Torino

M_p : media anno 2016 PM_{2,5} Provincia di Torino

La stima annuale ottenuta è pari a $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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. In termini relativi tale media annuale si situa comunque nell'intorno dei valori più bassi rilevabili a livello provinciale (vedi **Tabella 16** e **Figura 36**).

In termini generali per $\text{PM}_{2.5}$ e PM_{10} , 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 13: Dati relativi al particolato sospeso PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Campagna estiva	Campagna invernale
Minima media giornaliera	5	9
Massima media giornaliera	24	66
Media delle medie giornaliere	16	29
Giorni validi	22	38
Percentuale giorni validi	92%	100%
<u>Numero di superamenti livello Giornaliero protezione della salute (50)</u>	0	3

Tabella 14: Dati relativi al particolato sospeso $\text{PM}_{2.5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Campagna estiva	Campagna invernale
Minima media giornaliera	5	8
Massima media giornaliera	21	56
Media delle medie giornaliere	12	23
Giorni validi	19	38
Percentuale giorni validi	79%	100%

Tabella 15: PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) confronto numero di superamenti limite giornaliero, concentrazioni medie del periodo e anno 2016

Stazione	periodo I° campagna (estivo)		periodo II° campagna (invernale)		periodo I° e II° campagna		anno 2016	
	media periodo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	media periodo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	media periodo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	media anno 2016 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)
Oulx - Roma	17	0	21	0	19	0	16	0
Susa - Repubblica	15	0	22	4	19	4	17	10
Mezzo Mobile - Luserna (*)	16	0	29	3	23	3	18	
Druento - La Mandria	16	0	35	10	26	10	21	22
Ivrea - Liberazione	15	0	56	24	36	24	26	41
Borgaro T. - Caduti	20	0	59	27	40	27	31	54
Collegno - Francia	20	0	65	31	43	31	32	61
Torino - Rubino	18	0	69	31	44	31	32	65
Torino - Lingotto	19	0	72	30	46	30	34	62
Settimo T. - Vivaldi	17	0	78	30	48	30	35	70
Torino - Consolata	20	0	73	31	47	31	35	75
Carmagnola - I Maggio	23	0	66	30	45	30	37	73
Torino - Grassi	25	0	83	33	54	33	42	89

* = media annuale stimata

Tabella 16: $PM_{2.5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) confronto, concentrazioni medie del periodo e anno 2016

Stazione	I° campagna	II° campagna	Media I° e II° Campagna	Media Anno 2016
	media periodo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	media periodo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	media periodo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	media anno 2016 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Mezzo Mobile - Luserna (*)	12	23	18	13
Ivrea - Liberazione	11	46	29	20
Chieri - Bersezio	11	48	30	22
Borgaro T. - Caduti	13	49	31	23
Torino - Lingotto	11	54	33	23
Settimo T. - Vivaldi	11	66	39	26

* = media annuale stimata

Figura 31: Particolato sospeso PM_{10} - confronto con il limite giornaliero per la protezione della salute e con i dati di alcune stazioni della rete fissa

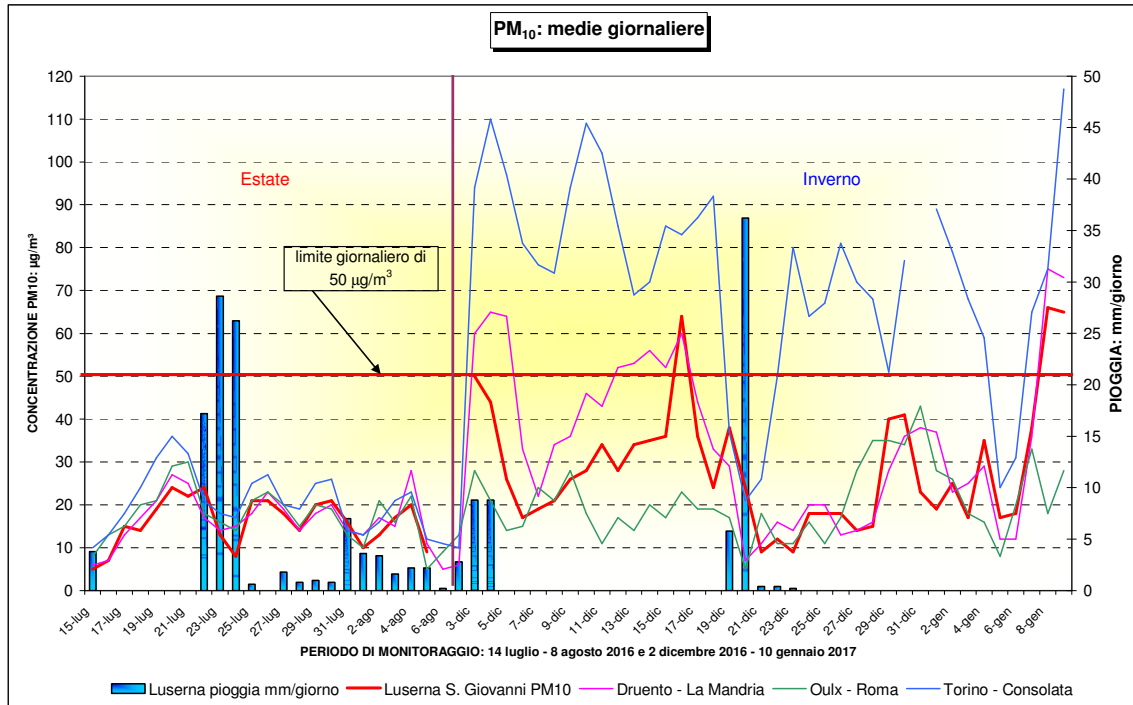


Figura 32: Particolato sospeso $PM_{2.5}$ - confronto con i dati di alcune stazioni della rete fissa

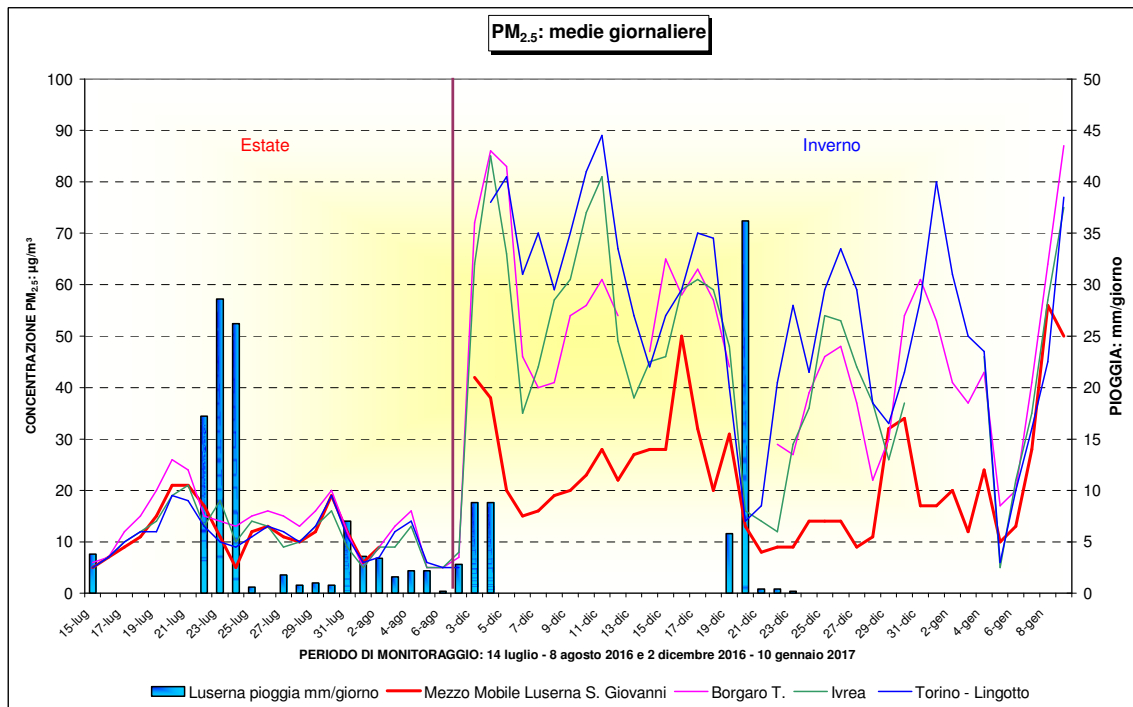


Figura 33: Particolato sospeso PM_{10} e $PM_{2.5}$: confronto

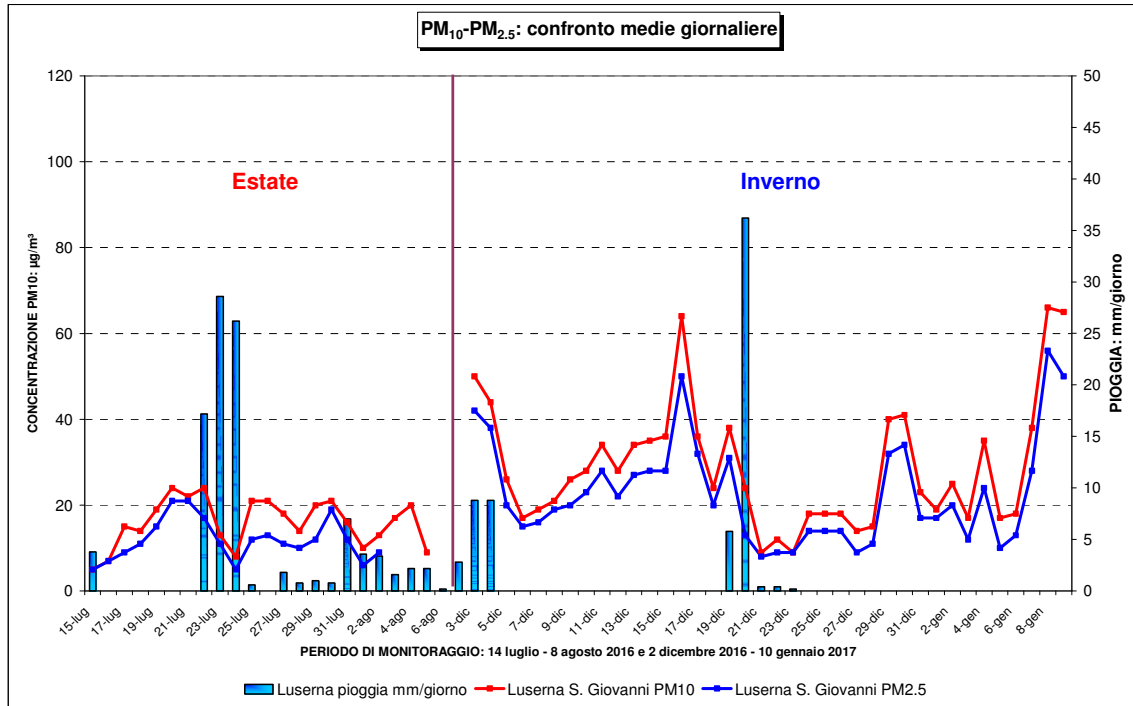


Figura 34: Particolato sospeso PM_{10} confronto medie anno 2016 e medie del periodo nella provincia di Torino

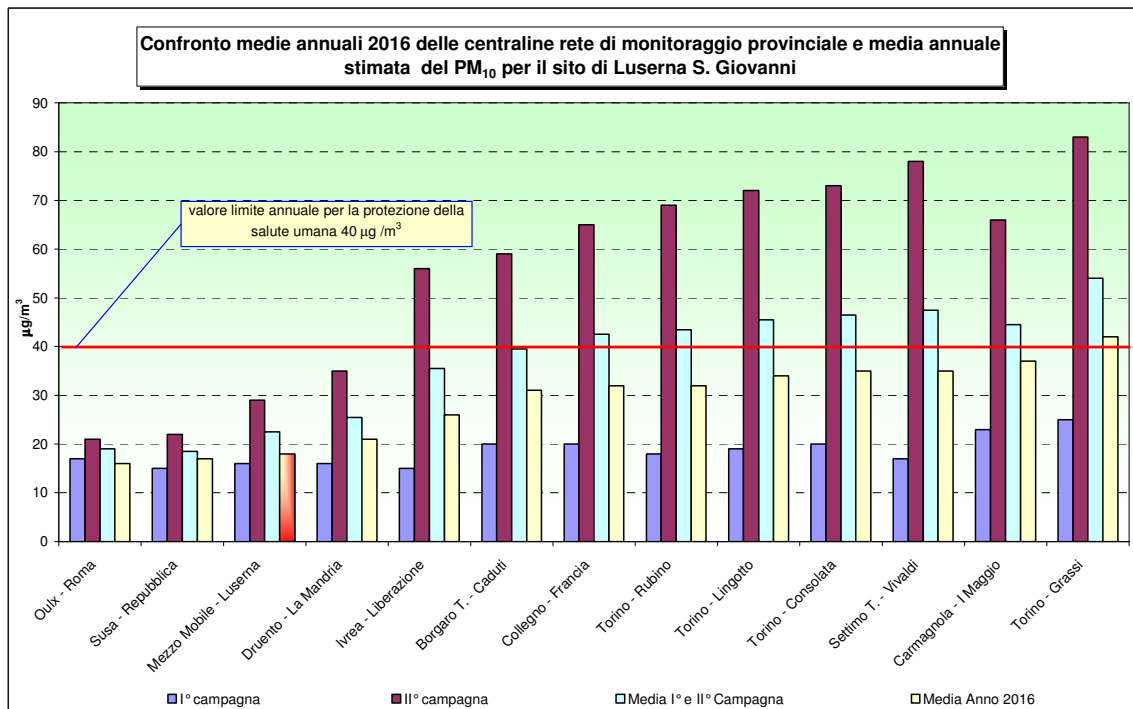


Figura 35: Particolato sospeso PM_{10} confronto percentuali di superamenti del limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ del periodo nella provincia di Torino

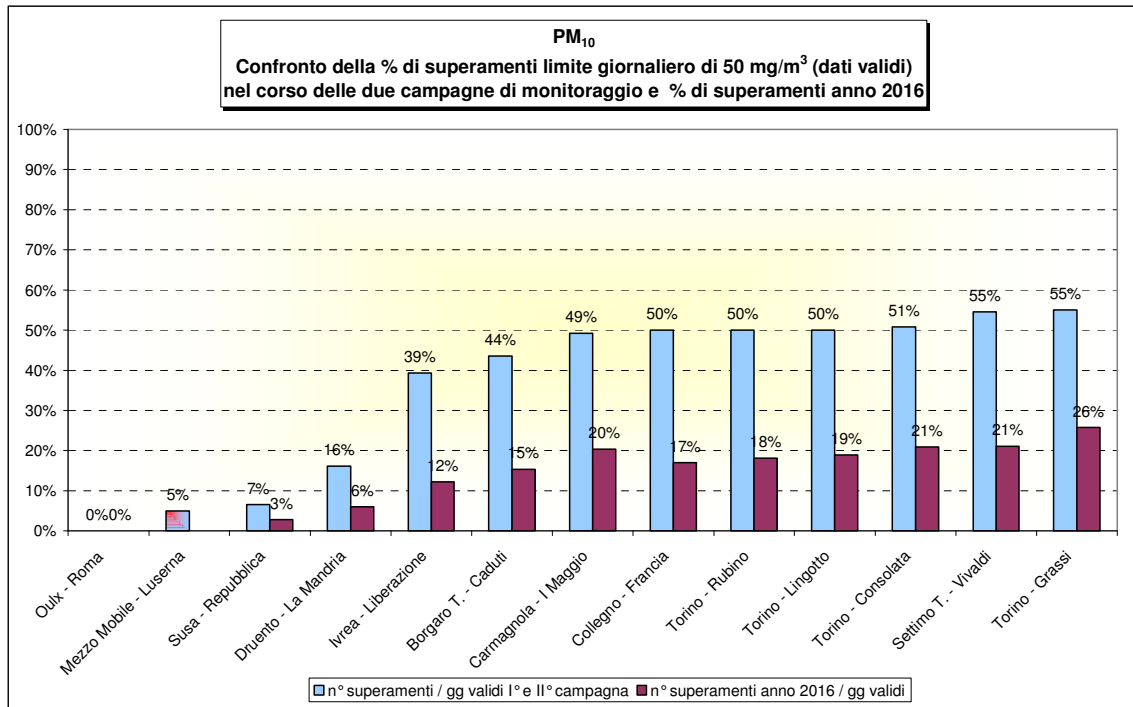
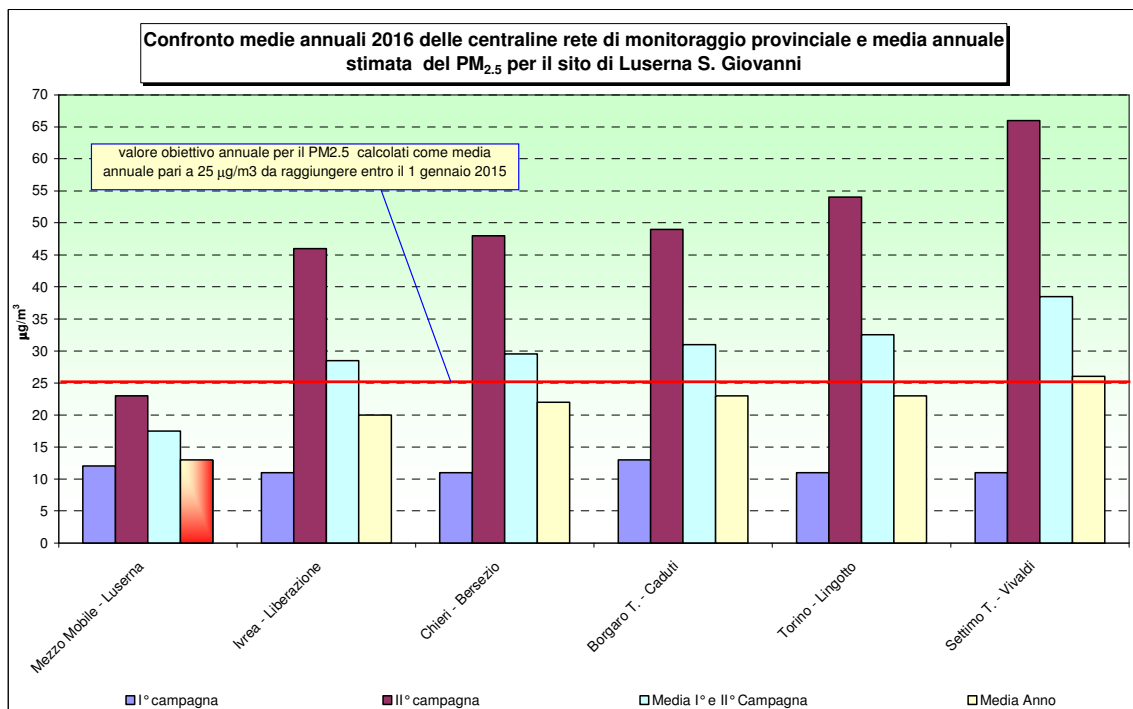


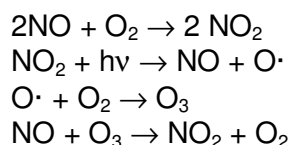
Figura 36: Particolato sospeso $PM_{2.5}$ confronto medie anno 2016 e medie del periodo nella provincia di Torino



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).

Come riassunto nella **Tabella 17** nel corso della prima campagna la media dei valori orari di ozono è stata di $72 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con una massima media oraria di $143 \mu\text{g}/\text{m}^3$; non si sono quindi registrati superamenti su base oraria del livello di informazione pari a $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nella seconda campagna la media dei valori orari è stata di $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con una massima media oraria di $92 \mu\text{g}/\text{m}^3$; non si sono registrati superamenti.

Questo parametro presenta quindi una certa criticità solo nel periodo estivo. Dal grafico di **Figura 38** si nota come, nella campagna estiva, i valori siano stati superiori al livello di protezione della salute su medie di 8 ore ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) soltanto due volte nella giornata del 17 luglio.

Per quanto riguarda questa campagna, come indicato nella **Figura 42**, le medie del periodo sono state basse in tutte le stazioni di rilevamento della Provincia; questa particolarità è da attribuire soprattutto alle particolari condizioni meteo che hanno contraddistinto il periodo di monitoraggio su tutto il territorio piemontese. Tale considerazione risulta ancora più evidente se si confrontano i dati di ozono con quelli rilevati con la campagna estiva del 2015, durante la quale i valori sono risultati più alti ed il periodo è stato tra i più caldi registrati negli ultimi anni.

Nella **Figura 37** e nella **Figura 39** in cui le concentrazioni orarie ed il giorno medio dell'ozono vengono confrontate con le stazioni fisse di Druento, Torino-Rubino e Baldissero si osserva che nel periodo estivo, pur avendo valori più bassi, agli andamenti registrati nel comune di Luserna sono simili a quelli di Baldissero, la cui cabina si trova ad un'altezza di 541 mt s.l.m.; in modo particolare emerge che i valori minimi, anche nelle ore di minore irraggiamento solare e di minore temperatura, non scendono ai livelli delle altre due cabine ubicate in pianura. Questo elemento fa supporre fenomeni di accumulo di ozono che, anche nel caso di Luserna San Giovanni, si verificano nelle aree in quota delle zone vallive.

I grafici riportati in **Figura 40** e **Figura 41** mostrano la stretta correlazione degli andamenti di ozono con i parametri meteo relativi a radiazione solare e temperatura; infatti elevate temperature ed irraggiamento solare favoriscono la formazione di ozono a partire dai suoi precursori quali ossidi di azoto e composti organici volatili.

Durante le due campagne non è stato superato il livello di allarme pari a $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

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 sovregionale miranti alla complessiva riduzione dei precursori.

Tabella 17: Dati relativi all'ozono (O_3) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Estate	Inverno
Minima media giornaliera	52	6
Massima media giornaliera	92	54
Media delle medie giornaliere	72	34
Giorni validi	24	38
Percentuale giorni validi	100%	100%
Media dei valori orari	72	34
Massima media oraria	143	92
Ore valide	575	911
Percentuale ore valide	100%	100%
Minimo medie 8 ore	22	2
Media delle medie 8 ore	72	34
Massimo medie 8 ore	124	79
Percentuale medie 8 ore valide	100%	100%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (120)</u>	2	0
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 120)</u>	1	0
<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 39: Ozono giorno medio

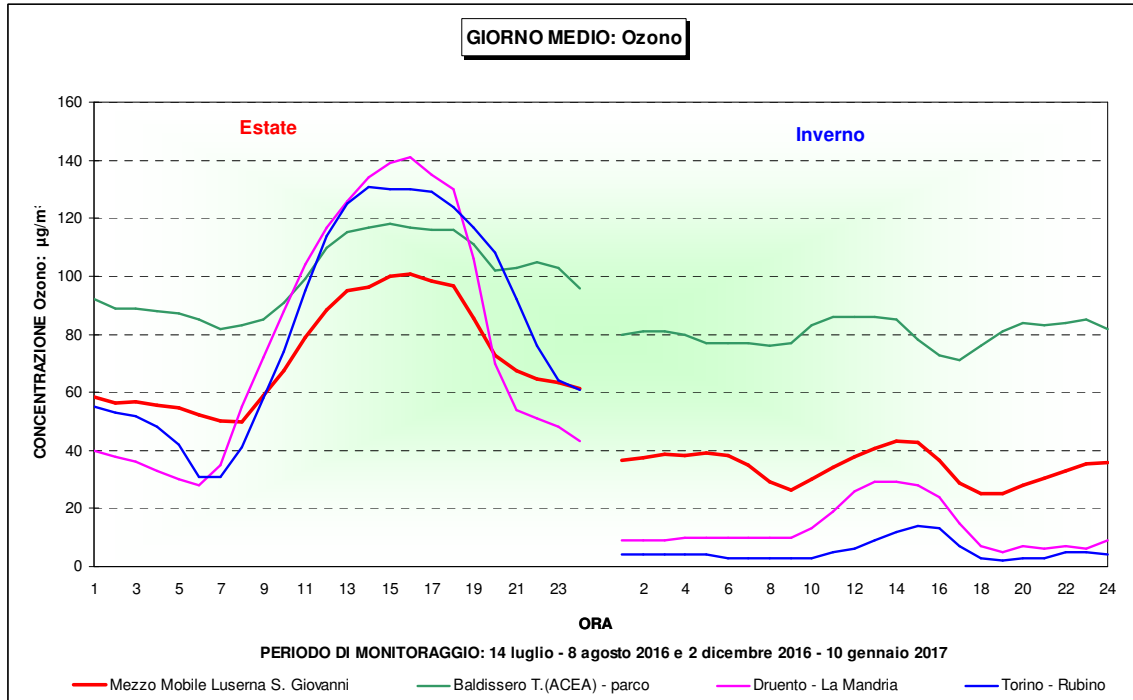


Figura 40: O_3 - andamento della concentrazione oraria e confronto con radiazione solare globale

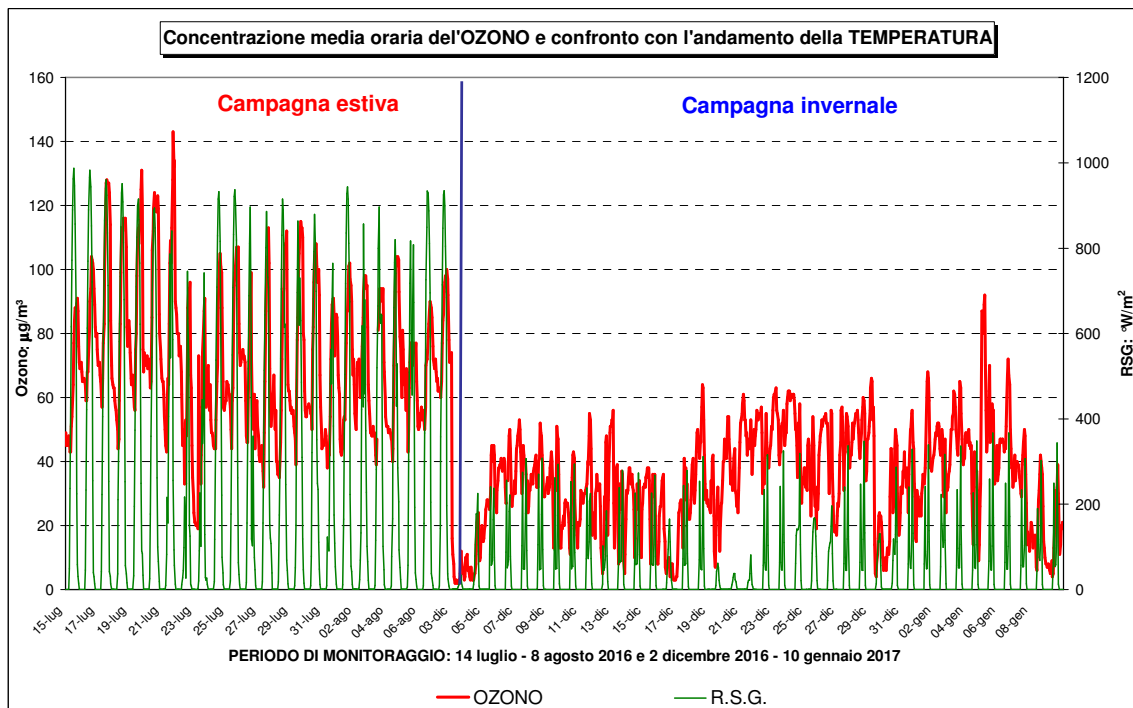


Figura 41: O₃ - andamento della concentrazione oraria e confronto con temperatura

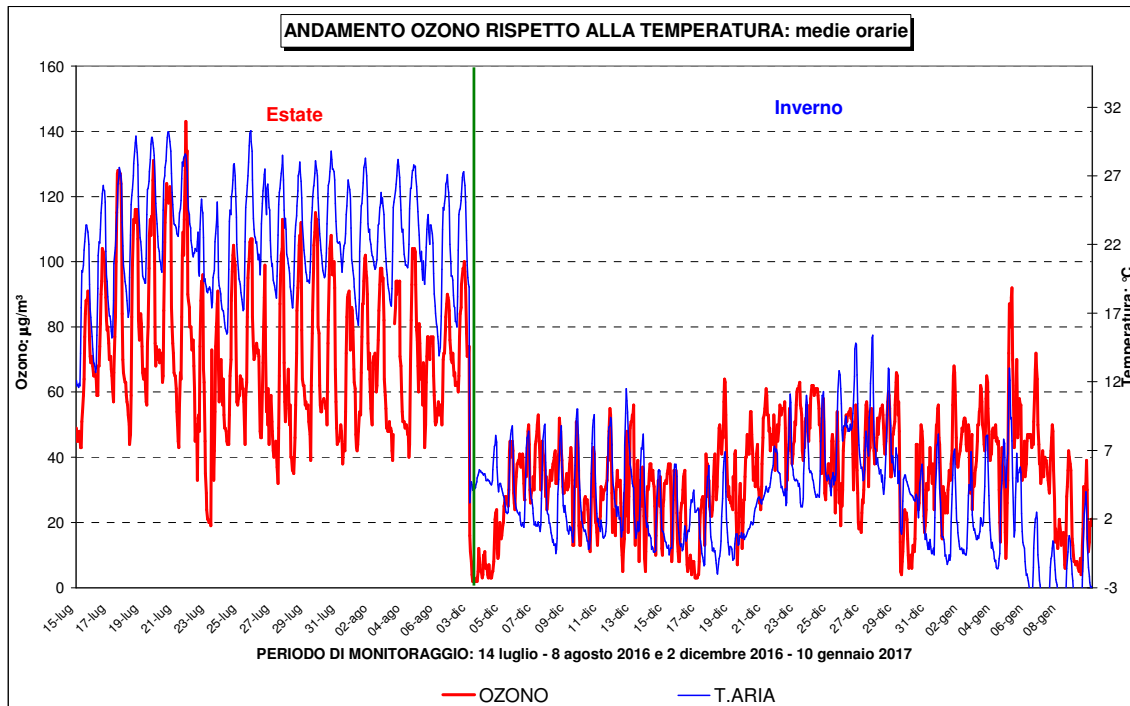
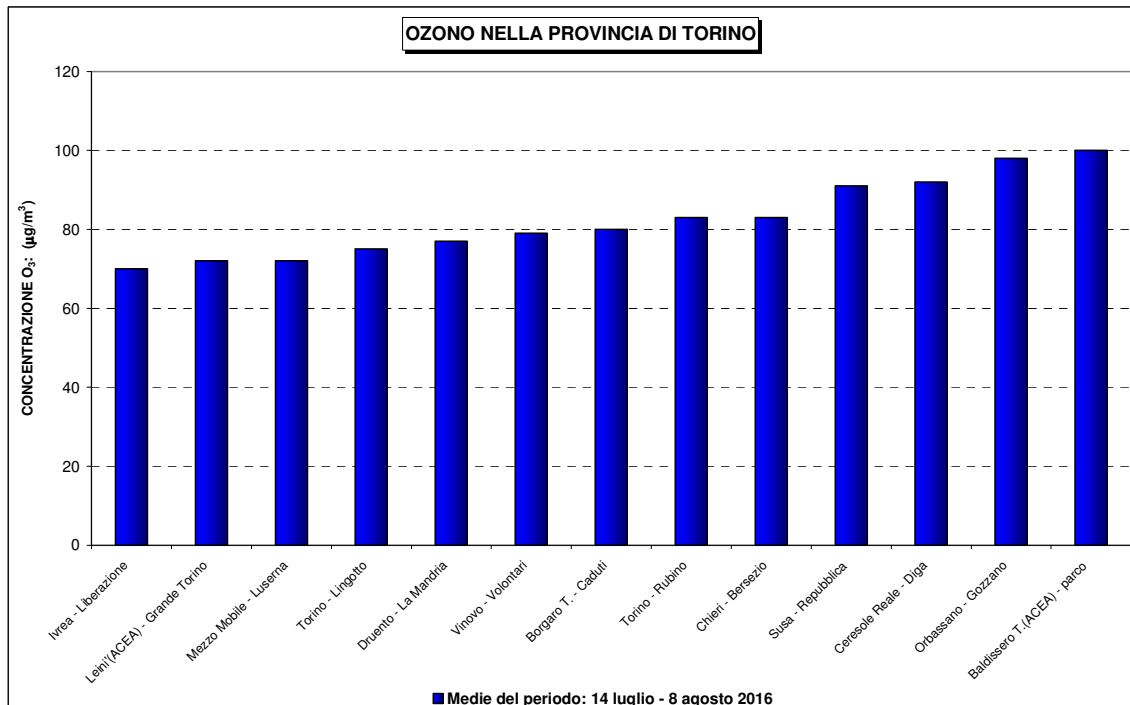


Figura 42: O₃ - confronto medie del periodo nelle stazioni della rete provinciale – 1^a campagna post operam



IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI

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%³. 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.)⁴.

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'immunosoppressione, 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)⁵ 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.

Tabella 18: benzo(a)pirene, valori di riferimento e normativa in vigore.

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

³ European Commission Ambient air pollution by PAH –Position Paper , pag 8

⁴ EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook – 2007 pag. B216-29 tab 8.1a e B216-.32 tab 8.2 b

⁵ International Agency for Research on Cancer (IARC) –Agents reviewed by the IARC monographs Volumes 1-100A last updated 2 april 2009

Analogamente agli altri inquinanti in cui esiste un limite di legge annuale (NO₂, Benzene, PM₁₀, PM_{2.5}) e visto che la durata del monitoraggio del sito di Luserna è pari a due mesi 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 delle concentrazioni nel PM₁₀ dei quattro IPA (Benzo(a)antracene, Benzo(b+j+k)fluorantene, Benzo(a)pirene, Indeno(1, 2, 3-cd)pirene per il periodo delle campagne, di tutte le stazioni della provincia in cui vengono monitorati tali parametri ad eccezione della cabina di Ceresole in quanto stazione remota esente da apporti di particolato da traffico veicolare significativi. Dal rapporto con la media dell'anno 2016 si è calcolato il fattore che, moltiplicato per il valore medio delle campagne a Luserna, permette di ricavare la stima annuale:

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

dove

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

M_c : media stimata anno 2016 per ogni parametro IPA Luserna S. Giovanni

m_p : media periodo campagne per ogni parametro IPA Provincia di Torino

M_p : media anno 2016 per ogni parametro IPA Provincia di Torino

Dall'analisi dei dati notiamo che, in base alla stima effettuata da cui risulta una media annuale di 0,54 ng/m³, il valore obiettivo dettato dal D.Lgs 155/2010 per il benzo(a)pirene (1 ng/m³ media annuale) nel sito di monitoraggio di Luserna San Giovanni è rispettato; gli altri IPA monitorati hanno evidenziato concentrazioni analoghe ad altri siti della rete di monitoraggio provinciale, aventi le stesse condizioni d'inquinamento (vedi **Figura 43**, **Figura 44**, **Figura 45** e **Figura 46**); il valore medio sia di benzo(a)pirene che degli altri IPA risulta molto vicino alle stazioni di Susa e Oulx, che hanno mostrato similitudini anche nelle altre specie chimiche inquinanti.

Durante le campagne condotte tra il 2016 e il 2017 non sono stati determinati gli IPA sul particolato PM_{2.5} in quanto dal 2016 non vengono più effettuate le determinazioni nell'unico sito (Torino-Lingotto) che veniva utilizzato per il confronto. Come hanno dimostrato i risultati delle precedenti campagne, anche presso altri siti, e come documentato in letteratura gli andamenti e le concentrazioni riscontrate sul particolato PM_{2.5} sono del tutto confrontabili con quelli analizzati sul PM₁₀.

Tabella 19: Laboratorio mobile ARPA Luserna San Giovanni - concentrazione IPA rilevati nel monitoraggio e stima medie annuali

Lab mobile ARPA Luserna San Giovanni concentrazione dei quattro IPA rilevati nel monitoraggio				
	Estate [ng/m ³]	Inverno [ng/m ³]	Media campagne [ng/m ³]	Media annuale stimata 2016 [ng/m ³]
Benzo(a)antracene (ng/m3)	0.04	1.71	1.10	0.40
Benzo(b+j+k)fluorantene (ng/m3)	0.12	5.15	3.31	1.42
Benzo(a)pirene (ng/m3)	0.00	2.20	1.39	0.54
Indeno(1,2,3-cd)pirene (ng/m3)	0.04	2.00	1.28	0.54
sommatoria dei quattro IPA (ng/m3)	0.20	11.06	7.08	2.78

Figura 43: Benzo(a)antracene confronto della media campagna invernale e estiva con media anno 2016 nella provincia di Torino

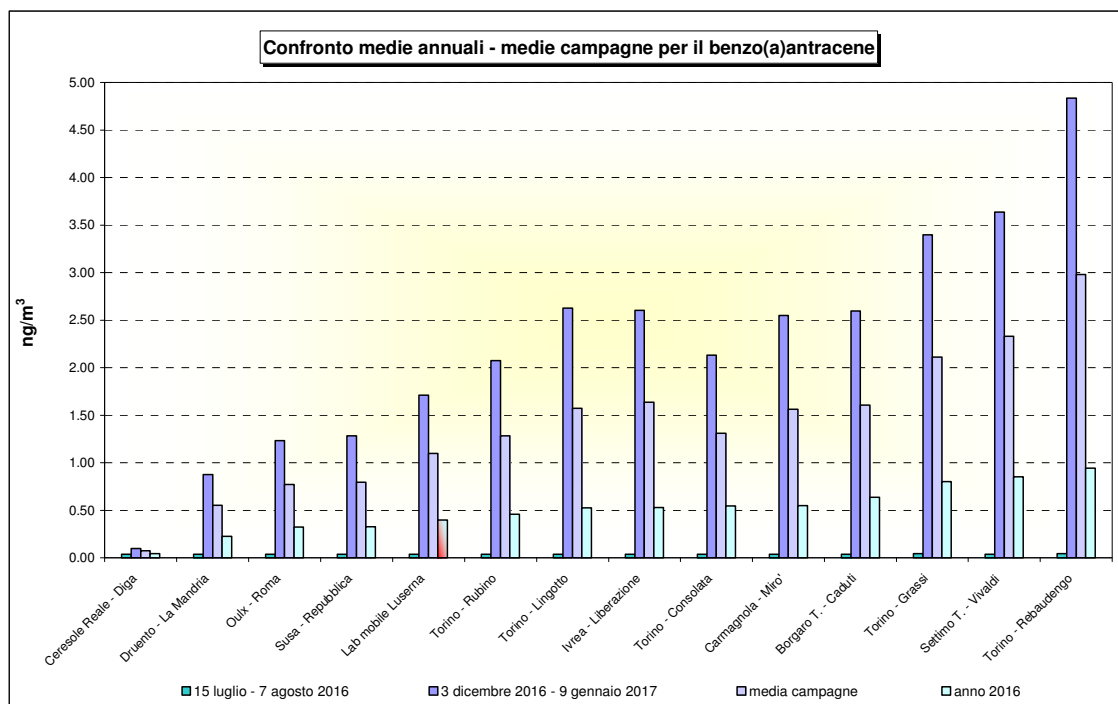


Figura 44: Benzo(b+j+k)fluorantene confronto della media campagna invernale e estiva con media anno 2016 nella provincia di Torino

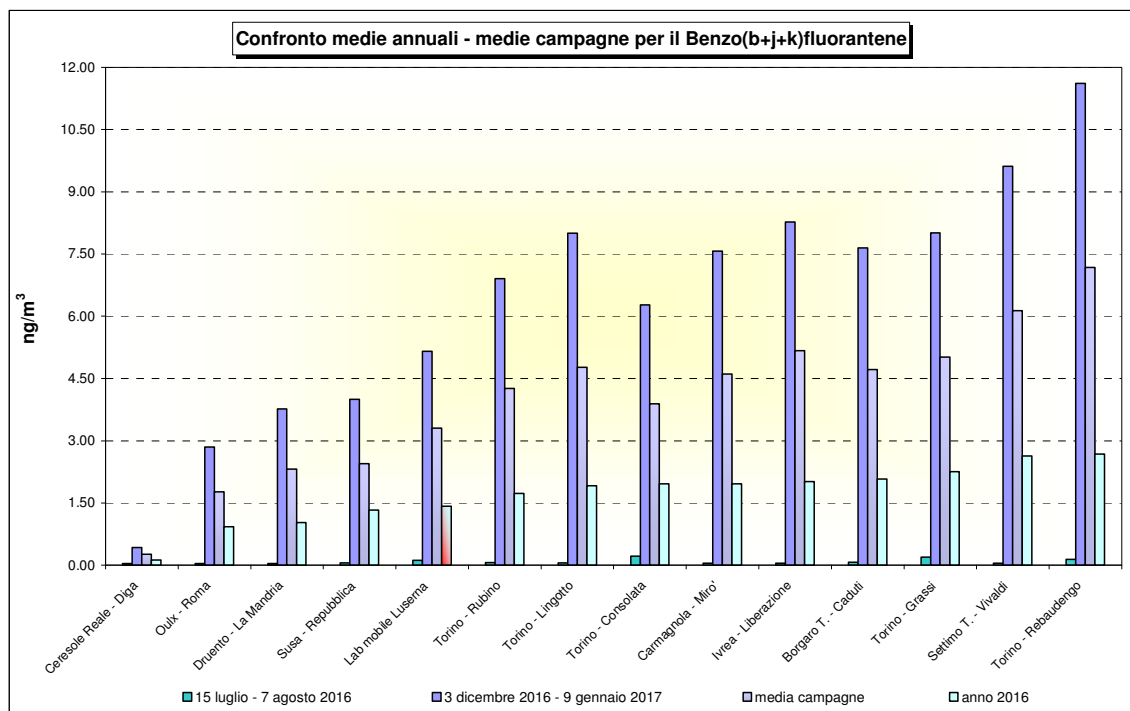


Figura 45: Benzo(a)pirene confronto della media campagna invernale e estiva con media anno 2016 nella provincia di Torino

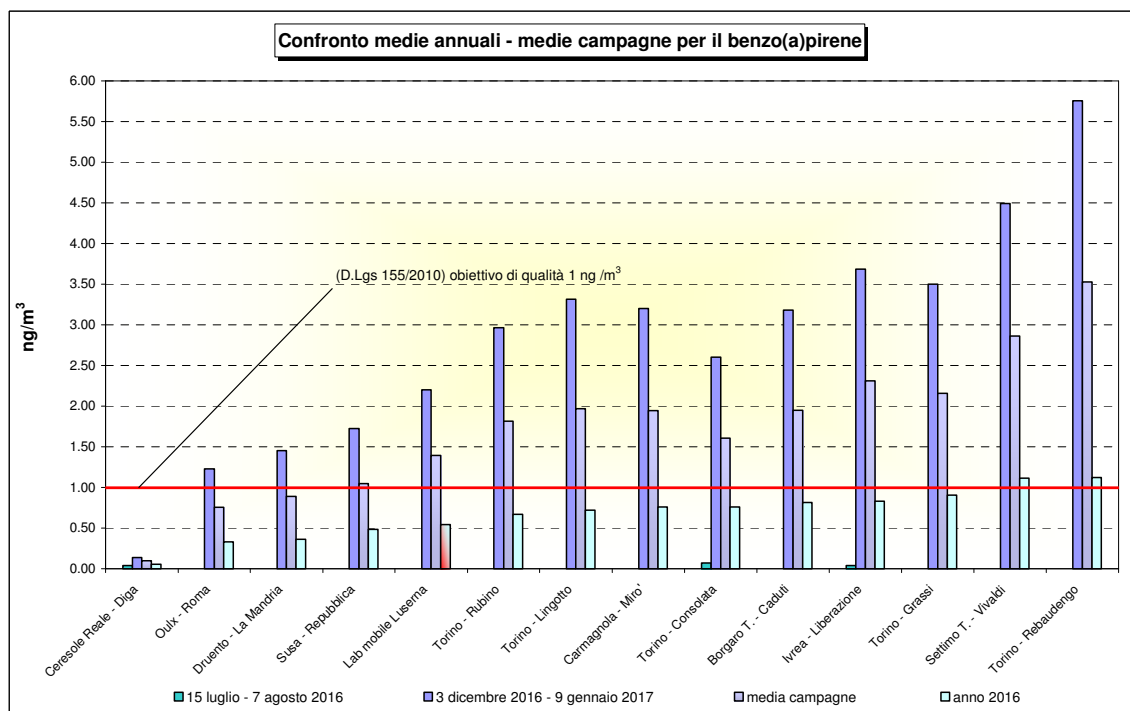
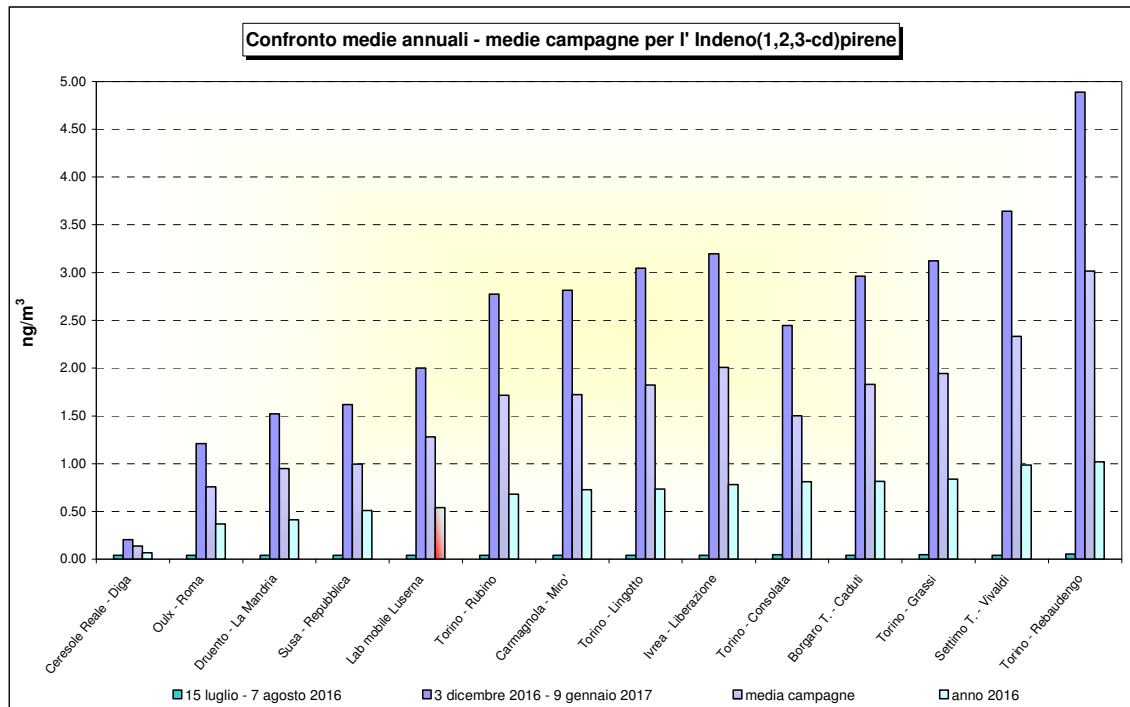


Figura 46: Indeno(1, 2, 3-cd)pirene confronto della media campagna invernale e estiva con media anno 2016 nella provincia di Torino



METALLI

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 (nichel) 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 α_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 20** 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.

Tabella 20: 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 µg/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 ng/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

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 delle concentrazioni nel PM₁₀ di nichel (Ni), cadmio (Cd), arsenico (As) e piombo (Pb) per il periodo delle campagne, di tutte le stazioni della provincia in cui vengono monitorati tali parametri ad eccezione della cabina di Ceresole in quanto stazione remota esente da apporti di particolato da traffico veicolare significativi. Dal rapporto con la media dell'anno 2016 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne a Luserna permette di ricavare la stima annuale:

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

dove

m_c : media periodo campagne per ogni metallo Luserna S. Giovanni

M_c : media stimata anno 2016 per ogni metallo Luserna S. Giovanni

m_p : media periodo campagne per ogni metallo Provincia di Torino

M_p : media anno 2016 per ogni metallo Provincia di Torino

Il valore stimato di media annuale per tutti i metalli considerati è abbondantemente inferiore al valore obiettivo in vigore. Le concentrazioni di piombo, 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 quella di Ceresole Reale. Per quanto riguarda le concentrazioni dei metalli determinati su PM_{2.5} valgono le stesse considerazioni espresse per gli IPA.

Tabella 21: Laboratorio mobile ARPA Luserna San Giovanni concentrazione dei quattro metalli rilevati nel monitoraggio e stima medie annuali

Lab mobile ARPA Luserna San Giovanni concentrazione dei quattro metalli rilevati nel monitoraggio				
	Estate [ng/m ³]	Inverno [ng/m ³]	Media campagne [ng/m ³]	Media annuale stimata 2016 [ng/m ³]
Arsenico (ng/m3)	0.70	0.60	0.64	0.65
Cadmio (ng/m3)	0.07	0.06	0.06	0.04
Nichel (ng/m3)	0.70	1.30	1.08	0.85
Piombo (mg/m3)	0.002	0.005	0.004	0.003

Figura 47: Arsenico confronto della media campagna invernale e estiva con media anno 2016 nella provincia di Torino

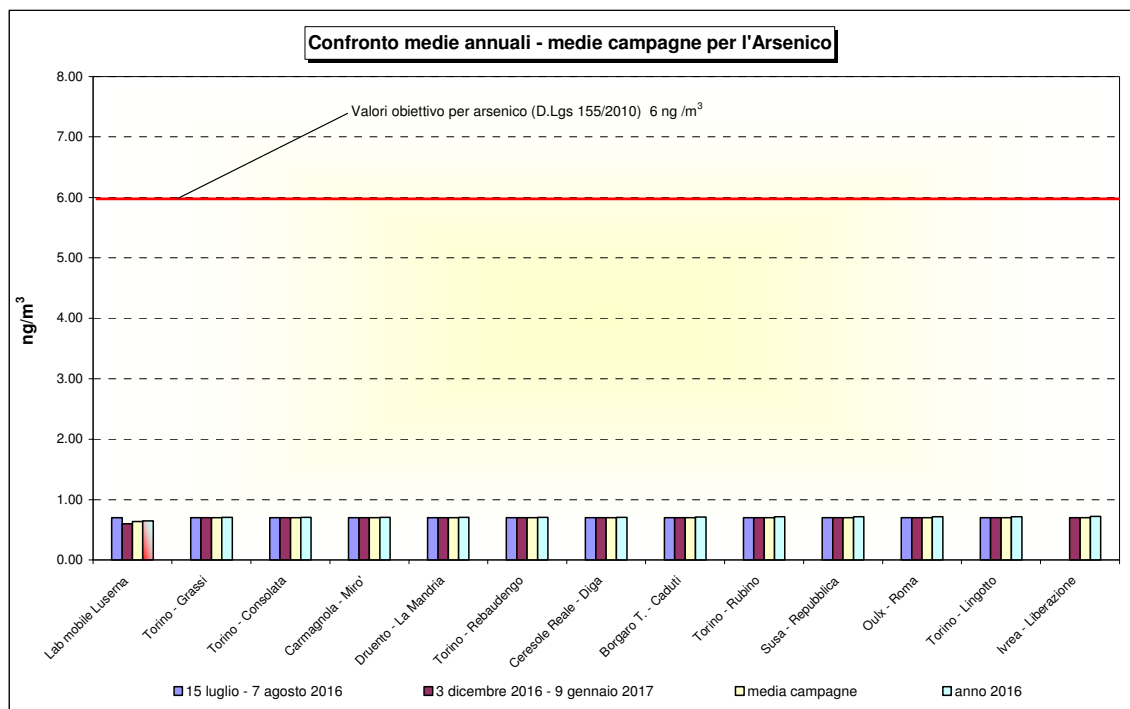


Figura 48: Cadmio confronto della media campagna invernale e estiva con media anno 2016 nella provincia di Torino

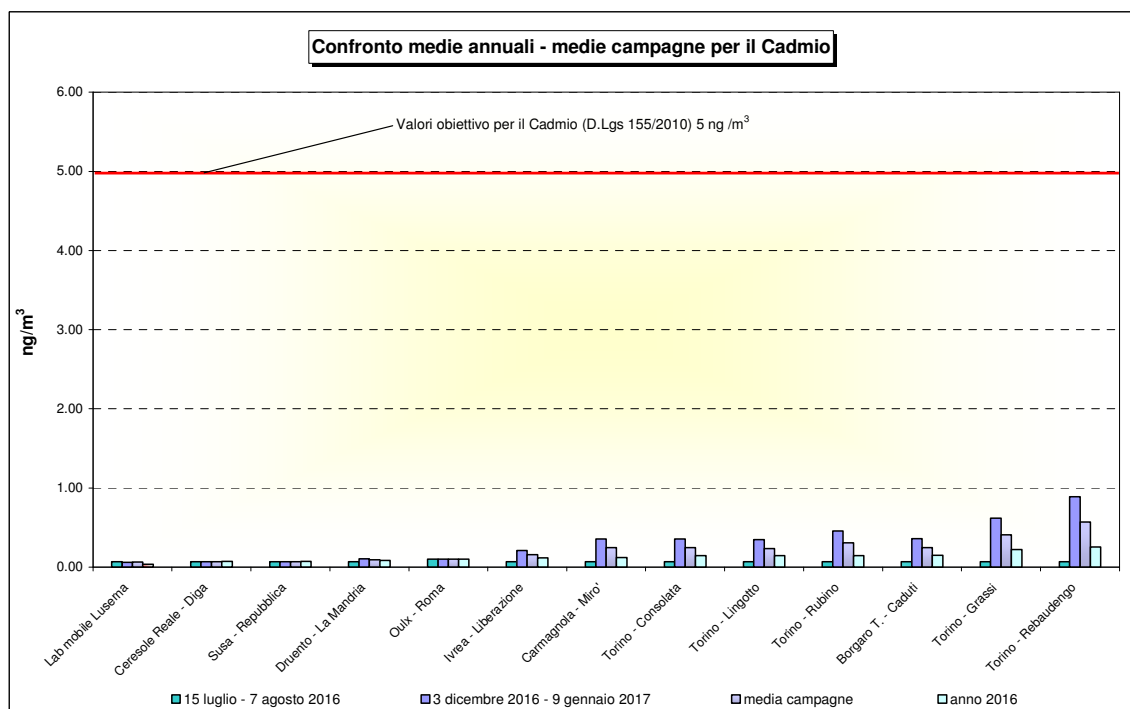


Figura 49: Nichel confronto della media campagna invernale e estiva con media anno 2016 nella provincia di Torino

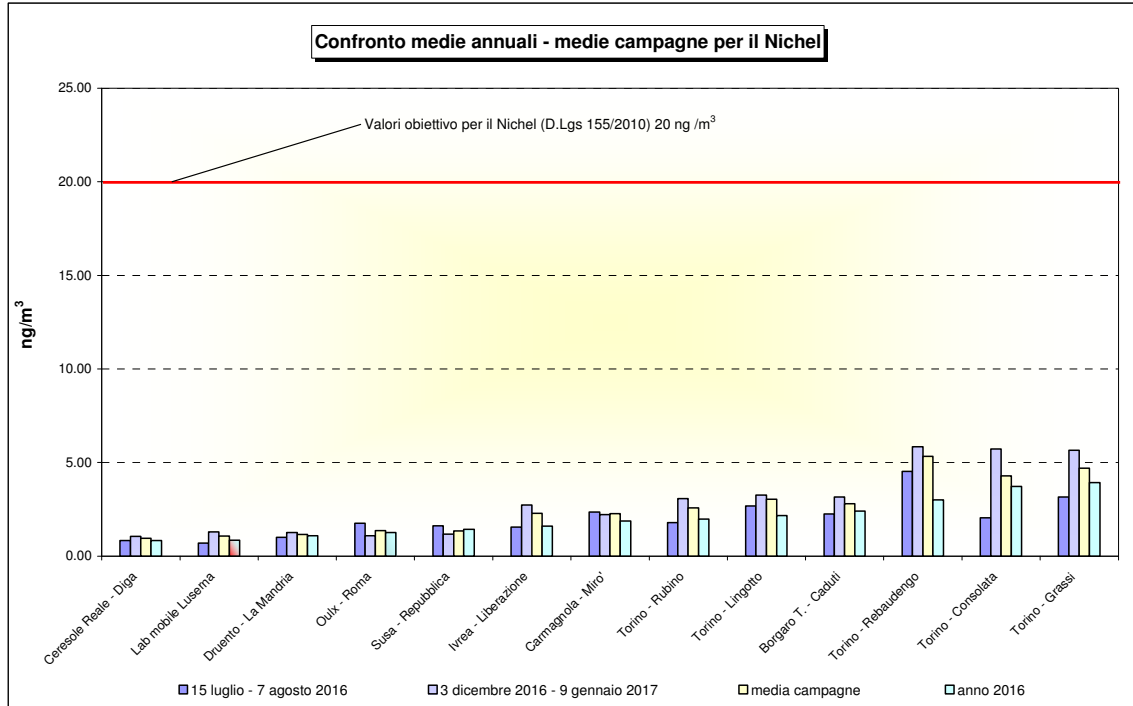
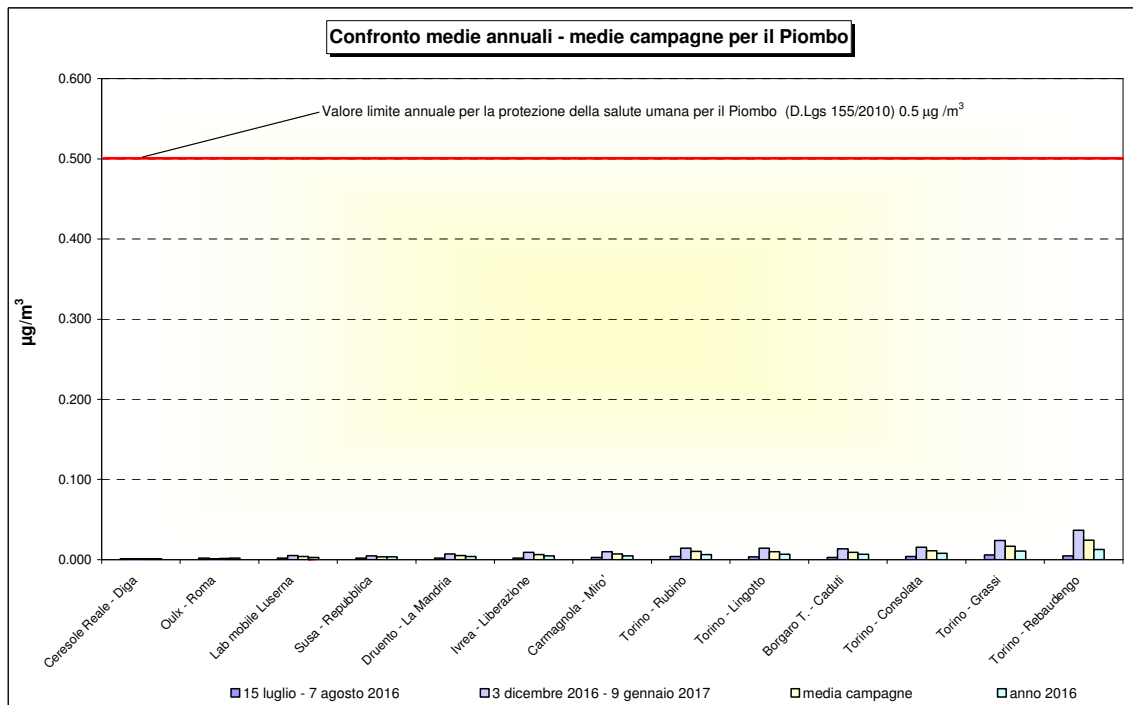


Figura 50: Piombo confronto della media campagna invernale e estiva con media anno 2016 nella provincia di Torino



Analisi comparata dei dati di PM₁₀, PM_{2.5} e biossido di azoto nei periodi di monitoraggio precedente e successivo all'entrata in esercizio della centrale a biomasse

Premessa

Con la D.G.P. n. 103-24182/2012 del 18/06/2012 e s.m.i. la Provincia di Torino (ora Città Metropolitana) ha autorizzato l'impresa "Azienda Agricola Guido Merlo" alla costruzione ed esercizio di un impianto di cogenerazione alimentato da fonte rinnovabile nel comune di Luserna San Giovanni.

Su richiesta dell'amministrazione comunale di Luserna sono state realizzate con il laboratorio mobile delle campagne di monitoraggio della qualità dell'aria prima e dopo l'entrata in funzione dell'impianto.

Come qualsiasi stazione fissa di monitoraggio della qualità dell'aria, anche il laboratorio mobile misura il contributo complessivo all'inquinamento atmosferico di tutte le sorgenti presenti in una determinata area. Lo scopo delle campagne di monitoraggio oggetto di questa disamina, infatti, non è di controllarne le emissioni – operazione che viene effettuata direttamente presso l'impianto – ma di evidenziare se nel tempo si verificano variazioni significative dello stato della qualità dell'aria nell'area circostante.

Questa sezione della relazione contiene il confronto dei dati rilevati con il laboratorio mobile nel sito del comune di Luserna prima dell'entrata in esercizio dell'impianto di cogenerazione (ante operam) e dopo il primo periodo di esercizio (post operam) per quanto riguarda le medie dei periodi considerati.

L'analisi è stata focalizzata su biossido di azoto, PM₁₀ e PM_{2.5}, vale a dire i tre parametri:

- che presentano una criticità nell'area della provincia di Torino in termini di superamento dei valori limite di qualità dell'aria;
- per i quali una sorgente di combustione come un impianto di cogenerazione alimentato da biomasse può fornire un contributo aggiuntivo in aria ambiente, in termini sia di emissioni primarie sia di emissioni di precursori di particolato secondario.

Si sottolinea che gli altri inquinanti per i quali la normativa prevede dei valori di riferimento rispettano ampiamente tali valori nelle stazioni dell'area provinciale. Unica eccezione è l'ozono che, per le sue caratteristiche di inquinante secondario, non può essere considerato in alcun modo un tracciante di inquinamento industriale e non è quindi stato preso in considerazione nel presente studio.

Obiettivi dell'analisi e impostazione metodologica generale

In generale un confronto di qualità dell'aria ante-post operam come quello oggetto del presente documento si propone di:

- verificare se le concentrazioni medie rilevate in aria ambiente durante le campagne di monitoraggio dopo l'entrata in esercizio della sorgente considerata (in questo caso l'impianto di cogenerazione di Luserna) mostrino differenze significative rispetto alle medesime concentrazioni rilevate nei periodi precedenti;
- nel caso in cui si rilevino delle variazioni peggiorative, verificare con un'analisi di dettaglio se esse possano essere ricondotte alla sorgente considerata. Ciò si rende necessario poiché l'elaborazione statistica, per sua natura, non può evidenziare relazioni di causa-effetto tra una determinata sorgente e una variazione dello stato di qualità dell'aria, in particolare per quanto riguarda inquinanti come quelli considerati che sono prodotti da una molteplicità di sorgenti.

Dal punto di vista della metodologia di lavoro è importante sottolineare che non risulta corretto un semplice confronto numerico tra le concentrazioni rilevate in aria ambiente prima e dopo l'entrata in esercizio dell'impianto. L'inquinamento atmosferico è, infatti, fortemente influenzato dalla meteorologia e quindi l'aumento o la diminuzione delle concentrazioni rilevate in un determinato periodo rispetto al precedente sono spesso imputabili, rispettivamente, a una maggiore o minore criticità delle condizioni meteorologiche.

Questo fenomeno è ben esemplificato anche dal caso in esame, poiché per tutti e tre gli inquinanti considerati la concentrazione media – sia nel sito di Luserna S. Giovanni che in tutti gli altri punti di misura dell'area urbana torinese - risulta più elevata prima dell'entrata in esercizio dell'impianto che dopo. Come dettagliato nel capitolo successivo ciò è dovuto principalmente al fatto che nel suo complesso il periodo post operam è stato caratterizzato da una piovosità maggiore, la quale ha comportato un abbassamento generalizzato delle concentrazioni degli inquinanti atmosferici.

Metodologia utilizzata per il confronto delle medie di lungo periodo⁶

Il confronto tra le medie è stato effettuato prendendo in considerazione:

- per l'ante operam i periodi delle due campagne condotte nel 2015 (la prima dal 7 luglio al 2 agosto; la seconda dal 21 novembre al 17 dicembre);
- per il post operam sono stati presi in considerazione i periodi delle due campagne condotte nel tra il 2016 ed il 2017 (la prima dal 15 luglio al 7 agosto 2016; la seconda dal 3 dicembre 2016 al 9 gennaio 2017).

In particolare il confronto è stato effettuato calcolando per il laboratorio mobile e per tutte le stazioni fisse della rete provinciale la concentrazione media ante operam e la concentrazione media post operam relativamente ai periodi sopra riportati.

Per quanto riguarda le condizioni meteorologiche, per una caratterizzazione di massima è stata esaminata la piovosità, che è uno dei fattori più importanti, anche se non l'unico, che influenzano le concentrazioni degli inquinanti aerodispersi.

Nella **Tabella 22** e nella **Tabella 23** sono riportati, per le campagne ante operam e per quelle post operam, i dati di pioggia caduta registrati presso il sito di Luserna che, pur non ricalcando in modo puntuale i valori riscontrati nelle altre stazioni meteorologiche, costituiscono una buona approssimazione dell'andamento medio della piovosità nel territorio provinciale e regionale. Per tener conto del fatto che i periodi sono costituiti da un diverso numero di giorni, nelle tabelle è riportata anche la piovosità media, calcolata considerando il numero di giorni delle campagne di monitoraggio.

Si osserva che i periodi delle campagne post operam sono caratterizzati da una piovosità significativamente più elevata (più di cinque volte) rispetto all'ante operam.

⁶ La metodologia descritta è un adattamento al caso in esame di quella utilizzata per l'area circostante il termovalorizzatore di Torino (Lollobrigida et al. Analisi comparata ante-post operam delle concentrazioni di PM₁₀, PM_{2.5} e NO₂ nell'area di massima ricaduta del termovalorizzatore di Torino - Atti del VII Convegno Nazionale sul Particolato Atmosferico, Roma 2016)

Tabella 22: Entità delle precipitazioni durante le campagne ante operam

Numero di giorni campagne ante operam (7/7 – 2/8/2015 + 21/11 – 17/12/2015)	Σ (mm) (7/7 – 2/8/2015 + 21/11 – 17/12/2015)	Piovosità media (mm)
54	25.2	0.5

Ante operam

Tabella 23: Entità delle precipitazioni durante le campagne post operam

Numero di giorni campagne post operam (15/7 – 7/8/2016 + 3/12/2016 – 9/1/2017)	Σ (mm) (15/7 – 7/8/2016 + 3/12/2016 – 9/1/2017)	Piovosità media (mm)
62	164.4	2.7

Post operam

Come già accennato in precedenza, il caso in esame evidenzia con grande chiarezza la non correttezza di un semplice confronto numerico tra le concentrazioni ante operam e quelle post operam. Queste ultime, a causa della maggiore piovosità, risultano infatti sistematicamente inferiori alle concentrazioni medie ante operam in tutta l'area provinciale, come dettagliato nei paragrafi successivi per i tre inquinanti considerati.

Di conseguenza, per verificare se le concentrazioni medie in aria ambiente dopo l'entrata in esercizio dell'impianto di cogenerazione mostrano differenze significative rispetto alle medesime concentrazioni rilevate nel periodo precedente, il confronto è stato effettuato tra la criticità relativa del sito di Luserna durante le campagne di monitoraggio post operam e quella dello stesso sito nelle campagne ante operam. Per criticità relativa intendiamo la posizione della stazione considerata nella scala che va dalla stazione con la concentrazione minore sul territorio provinciale a quella con la concentrazione maggiore.

Nell'elaborazione sono stati considerati per ognuno degli inquinanti tutti i punti di misura presenti sul territorio provinciale che hanno presentato una percentuale di dati validi sia nell'ante sia nel post operam superiore al 65%, in modo da disporre di un'adeguata base statistica.

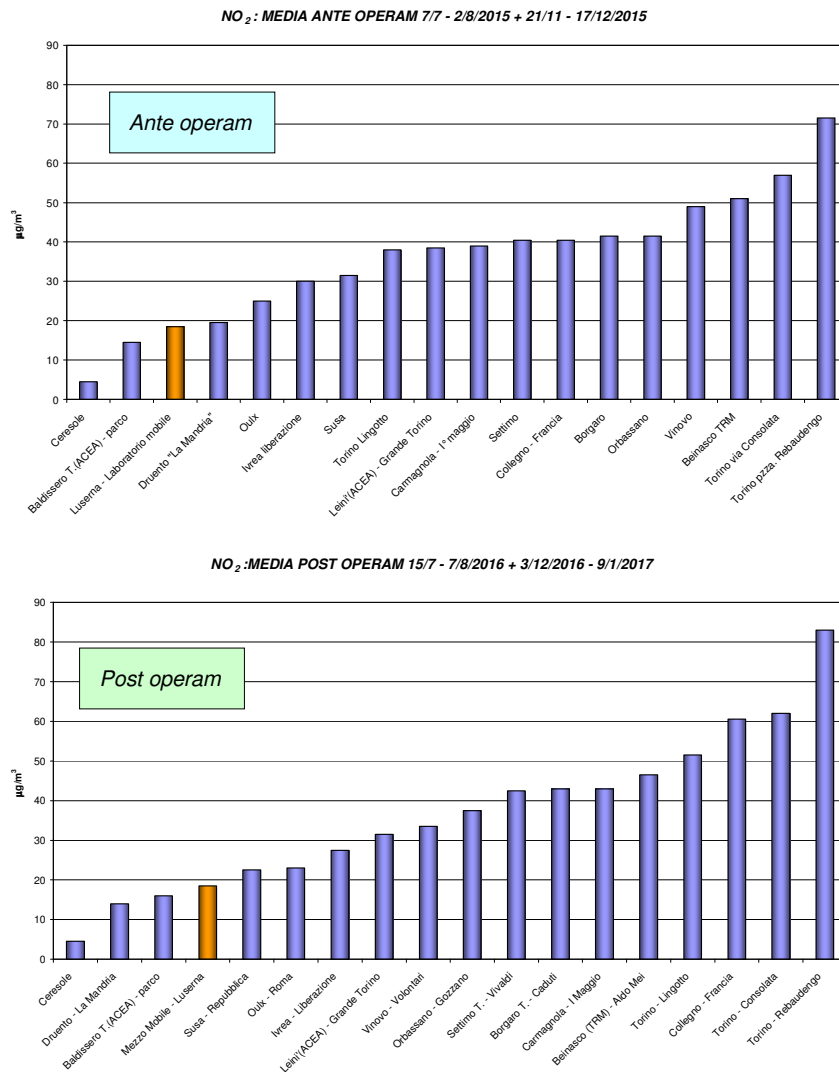
Risultati del confronto delle medie delle campagne di monitoraggio

Di seguito vengono presentate i risultati della metodologia descritta per i tre parametri individuati in premessa. Il sito di Luserna S. Giovanni è evidenziato in arancione. Per ogni inquinante il fondo scala delle ordinate è lo stesso nei due grafici di confronto.

Biossido di azoto

Nella **Figura 51** sono messe a confronto le concentrazioni medie ante operam con quelle post operam

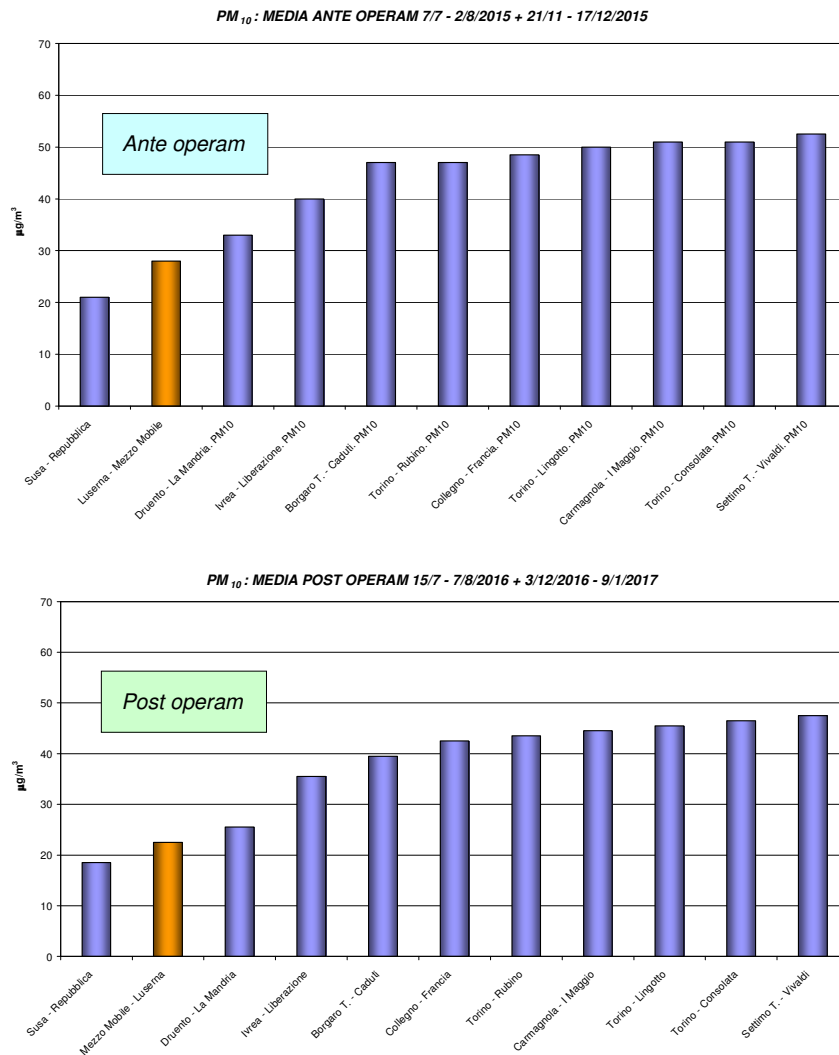
Figura 51: Biossido di azoto – confronto ante operam –post operam



PM₁₀

Nella **Figura 52** sono messe a confronto le concentrazioni medie ante operam con quelle post operam

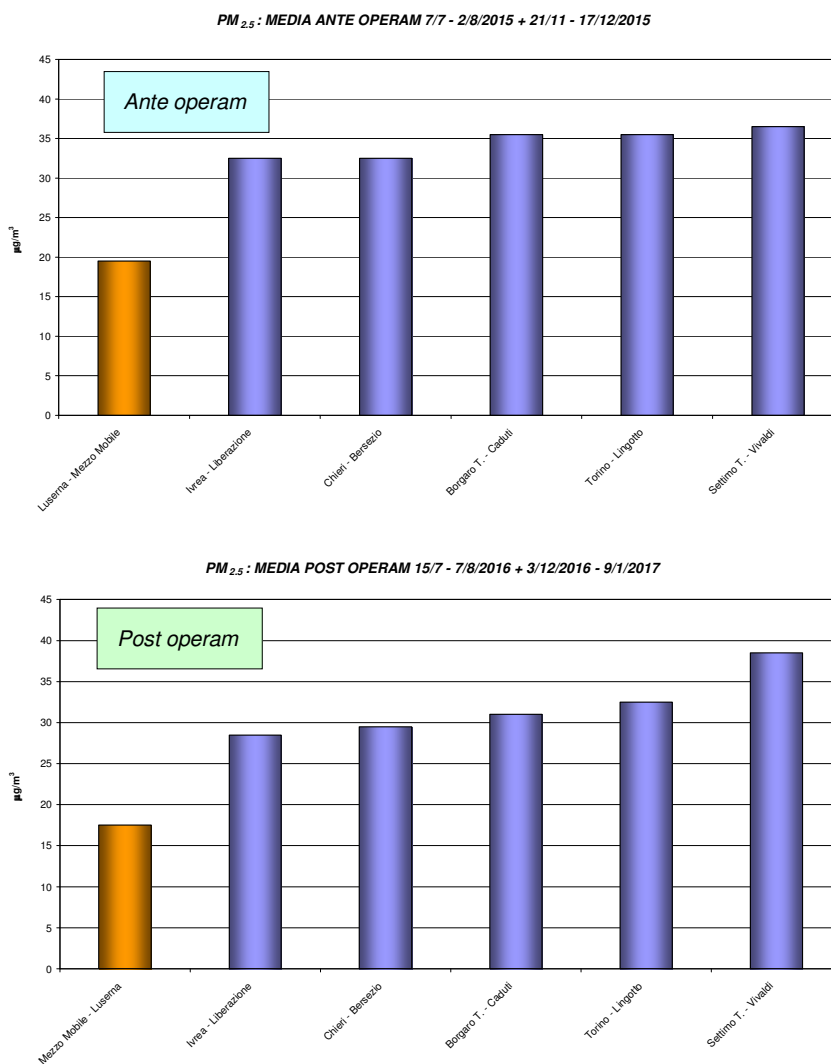
Figura 52: PM₁₀ – confronto ante operam –post operam



PM_{2.5}

Nella **Figura 53** sono messe a confronto le concentrazioni medie ante operam con quelle post operam

Figura 53: PM_{2.5} – confronto ante operam –post operam



Considerazioni finali

Per tutti e tre gli inquinanti considerati (PM_{10} , $PM_{2.5}$ e biossido di azoto) si osserva che:

- in termini assoluti la concentrazione media prima dell'entrata in esercizio dell'impianto è superiore in tutti i punti di misura dell'area provinciale a quella del periodo post operam. Come evidenziato dalla **Tabella 22** e dalla **Tabella 23** il fenomeno è correlato principalmente alla diversa piovosità;
- la criticità relativa del sito di Luserna S. Giovanni per le campagne post operam considerate è la stessa di quelle ante operam. Fa eccezione l' NO_2 , dove il sito di Luserna si sposta nel post operam nella quarta posizione in ordine crescente rispetto all'ante operam in cui si trovava al terzo; questo fattore è imputabile alla particolarità mostrata dalla cabina di Druento "La Mandria", che nel periodo delle campagne post operam ha subito un decremento maggiore delle medie di questo inquinante rispetto agli altri siti: si nota infatti che nell'ante operam aveva una media superiore a Luserna, mentre nel post operam diminuisce anche rispetto a Baldissero, per cui il fenomeno è imputabile a situazioni locali.

Non si rilevano quindi nell'area del comune di Luserna, a seguito dell'entrata in esercizio dell'impianto di cogenerazione, alterazioni significative della qualità dell'aria per quanto riguarda PM_{10} , $PM_{2.5}$ e biossido di azoto.

Conclusioni

La seconda campagna di monitoraggio post operam, svoltasi a cavallo di dicembre 2016 e gennaio 2017, è stata condotta in un periodo più critico rispetto a quello estivo per tutti gli inquinanti ad eccezione dell'ozono ed ha consentito di caratterizzare meglio il sito in relazione alla qualità dell'aria.

Le criticità evidenziate nel territorio di Luserna San Giovanni 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 rispettati i valori limite per la protezione della salute umana per biossido di zolfo e monossido di carbonio.

Per il biossido d'azoto non si sono verificati superamenti del valore limite giornaliero.

Per quanto riguarda i limiti su base annuale previsti dalla normativa per NO₂ e PM₁₀, visto che la durata del monitoraggio con il laboratorio mobile nel comune di Luserna S. Giovanni non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo, non è possibile un confronto diretto con il limite stesso. E' stato comunque stimato un valore medio annuale ricavato a partire dalla media delle due campagne, rispetto ai valori delle altre stazioni della Provincia (Note di pagina 38 e pagina 51). Da tale procedimento, la media annuale di NO₂ stimata per Luserna S. Giovanni è pari a 15 µg/m³, valore che rispetta ampiamente il limite (40 µg/m³); come media risulta tra le più basse della Provincia di Torino, più alta solo di Druento, Baldissero e Ceresole Reale. Pur trattandosi di stime, e quindi soggette a margini di errore, questo dato rappresenta un aspetto positivo per la qualità dell'aria relativamente al biossido di azoto nel comune di Luserna S. Giovanni.

Lo stesso procedimento di stima del valore annuale è stato utilizzato per il parametro PM₁₀ a partire dai dati dalle due campagne, ottenendo una media annuale stimata di 18 µg/m³ e quindi inferiore al valore limite (40 µg/m³).

Durante il monitoraggio estivo non si sono avuti superamenti del valore limite giornaliero di 50 µg/m³, mentre nel periodo invernale si sono verificati 3 superamenti. Occorre precisare che durante il periodo della seconda campagna si sono avuti superamenti del limite giornaliero su tutte le stazioni di rilevamento della Provincia di Torino, ad eccezione di Oulx.

In termini di percentuale di superamenti del valore limite giornaliero (**Figura 35**) il sito in esame si situa in una condizione intermedia tra la stazione di Oulx e quella di Susa che nel 2016 hanno rispettato il massimo numero di superamenti (35 in un anno). Da tale confronto, che ricalca anche quello con il numero di superamenti in termini assoluti (vedi **Tabella 15**), è verosimile che anche nel sito di Luserna S. Giovanni, se si fosse effettuato un monitoraggio esteso all'intero anno, il numero massimo di giorni ammessi sarebbe stato rispettato. Ciò è confermato anche dalla correlazione statistica per il PM₁₀ tra media annuale e numero di giorni di superamento del valore limite giornaliero, la quale evidenzia che sul territorio piemontese il valore limite giornaliero viene rispettato per valori di media annuale inferiori a 24,7 µg/m³ (si veda la nota 2 pag. 50).

I profili del periodo della seconda campagna (**Figura 31**), quando sia il contributo degli impianti termici che le condizioni atmosferiche favorevoli all'accumulo del particolato in atmosfera ne determinano livelli di concentrazione più elevati, hanno mostrato una buona analogia tra le concentrazioni registrate nel sito di Luserna S. Giovanni e quelle di Druento e Oulx, mentre hanno evidenziato una marcata differenza con i dati delle stazioni di traffico ubicate nell'area metropolitana e in pianura.

Per quanto riguarda il PM_{2,5} la stima del valore medio annuale (vedi nota di pagina 51), pari a 13 µg/m³, è nominalmente inferiore al valore limite di 25 µg/m³ 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 36**).

Le stime dei valori annuali di benzene e benzo(a)pirene, non hanno evidenziato superamenti dei limiti previsti per questi parametri.

Il valore stimato di media annuale per tutti i metalli di cui la normativa prevede la determinazione sul particolato (piombo, arsenico, cadmio e nichel) è abbondantemente inferiore al valore obiettivo in vigore.

Per quanto riguarda l'ozono questo inquinante, a differenza degli altri previsti dalla normativa, presenta i valori più elevati nel periodo estivo; durante la campagna di monitoraggio di luglio-agosto 2016 si è verificato, durante i 24 giorni di monitoraggio, un solo giorno con superamenti del livello di protezione della salute ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ calcolata come massimo giornaliero della media trascinata sulle 8 ore), mentre durante la campagna estiva condotta nel 2015 i superamenti dello stesso limite erano stati 21 su 27 giorni di monitoraggio. Questa rilevante differenza è da attribuire soprattutto alle particolari condizioni meteo che hanno contraddistinto il periodo di monitoraggio su tutto il territorio piemontese; risulta infatti, come indicato nella **Figura 42**, che le medie del periodo sono state basse in tutte le stazioni di rilevamento della Provincia. Come meglio specificato nel precedente capitolo e di seguito puntualizzato per quanto riguarda il confronto tra le medie dei dati di NO_2 , PM_{10} e $\text{PM}_{2,5}$, delle campagne ante operam con quelle post operam, risulta molto evidente come in generale i periodi post operam monitorati siano stati molto più piovosi di quelli ante operam.

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 rilevati. Queste 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 a opera dei fenomeni meteorologici nel determinare i livelli degli inquinanti atmosferici.

Come più volte indicato, il presente lavoro si pone a conclusione dell'indagine conoscitiva iniziata nel 2015 con lo scopo di monitorare la qualità dell'aria prima e dopo l'entrata in funzione dell'impianto di cogenerazione alimentato da fonte rinnovabile nel comune di Luserna San Giovanni gestito dall'impresa "Azienda Agricola Guido Merlo".

A tal proposito è stato effettuato il confronto dei dati rilevati con il laboratorio mobile nel sito del comune di Luserna prima dell'entrata in esercizio dell'impianto di cogenerazione (ante operam) e dopo il primo periodo di esercizio (post operam) per quanto riguarda le medie dei periodi considerati; in particolare l'analisi è stata focalizzata su biossido di azoto, PM_{10} e $\text{PM}_{2,5}$, i tre parametri che presentano una criticità nell'area della provincia di Torino in termini di superamento dei valori limite di qualità dell'aria e per i quali una sorgente di combustione come un impianto di cogenerazione alimentato da biomasse può fornire un contributo aggiuntivo in aria ambiente, in termini sia di emissioni primarie sia di emissioni di precursori di particolato secondario.

La metodologia utilizzata, come meglio dettagliato nel relativo capitolo, ha preso in considerazione oltre le medie dei dati anche le particolari condizioni atmosferiche verificatesi durante i periodi delle campagne di monitoraggio.

Per tutti e tre gli inquinanti considerati (PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$ e biossido di azoto) è emerso che, in termini assoluti, la concentrazione media prima dell'entrata in esercizio dell'impianto è superiore in tutti i punti di misura dell'area provinciale a quella del periodo post operam; come descritto nella specifica trattazione, il fenomeno è correlato principalmente alla diversa piovosità.

Considerando la criticità relativa⁷ del sito di Luserna S. Giovanni per le campagne post operam considerate è la stessa di quelle ante operam (**Figura 51**, **Figura 52** e **Figura 53**). Pertanto non si rilevano nell'area del comune di Luserna, a seguito dell'entrata in esercizio dell'impianto di cogenerazione, alterazioni significative della qualità dell'aria per quanto riguarda PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$ e biossido di azoto.

⁷ Nel confronto delle concentrazioni dei periodi considerati si intende per criticità relativa la posizione della stazione considerata nella scala che va dalla stazione con la concentrazione minore sul territorio provinciale a quella con la concentrazione maggiore

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 e PM2.5**

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 a norma europea .
Analisi gravimetrica su filtri in fibra di vetro di diametro 47 mm.

- **Stazione meteorologica**

LSI LASTEM

Stazione completa per la misura dei seguenti parametri: velocità e direzione vento, temperatura, umidità relativa, pressione atmosferica, irraggiamento solare.

- **Benzene, Toluene, Xileni**

SINTECH SPECTRAS CG 855 serie 600

Gasromatografo con doppia colonna, rivelatore PID (fotoionizzazione)

- ✓ Campo di misura benzene: 0 ÷ 324 µg/m³;
- ✓ Campo di misura toluene: 0 ÷ 766 µg/m³;
- ✓ Campo di misura xileni : 0 ÷ 442 µg/m³;
- ✓ Campo di misura etilbenzene : 0 ÷ 441 µg/m³;