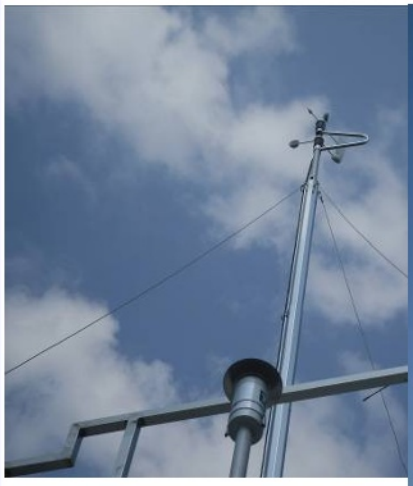
DIPARTIMENTO TERRITORIALE PIEMONTE NORD OVEST
Struttura semplice "Attività di Produzione"

OGGETTO: CAMPAGNA DI RILEVAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA CON UTILIZZO DEL LABORATORIO MOBILE NEL COMUNE DI FRONT
RELAZIONE 1ª e 2ª CAMPAGNA
(26 giugno – 24 luglio 2017 e 10 gennaio – 7 febbraio 2018)



CODICE DOCUMENTO: F06_2017_01012_018

Redazione	**Funzione: Collaboratore Tecn. Professionale** **Nome: Roberto Sergi**	**Data:** **04/07/2018**	**Firma:** [redacted]
Verifica e approvazione	**Funzione: Dirigente con incarico professionale presso la S.S. di Produzione** **Nome: Dott. Francesco Lollobrigida**	**Data:** **04/07/2018**	**Firma:** [redacted]

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 Front per la collaborazione prestata.

CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO 5

L'Aria e i suoi Inquinanti 6

IL LABORATORIO MOBILE 8

IL QUADRO NORMATIVO 8

LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO 11

OBIETTIVI DELLA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO 12

Elaborazione dei dati meteorologici 16

Elaborazione statistiche e grafiche relative al monitoraggio nel comune di Front ... 22

Andamento orario e giornaliero - Confronto con i limiti di legge 23

Giorno medio 23

Biossido di zolfo 24

Ossidi di Azoto 27

Monossido d'azoto 27

Biossido d'azoto 29

Monossido di Carbonio 34

Benzene e Toluene 37

Particolato Sospeso (PM_{10}) e ($PM_{2.5}$) 41

PM_{10} 41

$PM_{2.5}$ 43

Ozono 50

Conclusioni 56

APPENDICE - SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI 58

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/m^3) al milligrammo per metro cubo (mg/m^3).

Le principali sorgenti di inquinanti sono:

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

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

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

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

Per una descrizione completa dei singoli inquinanti, dei danni causati e dei metodi di misura si rimanda alla pubblicazione "Uno sguardo all'aria - Relazione annuale 2016", 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 PM_{10} 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 impone dei limiti per quegli inquinanti che risultano essere quantitativamente più rilevanti dal punto di vista sanitario e ambientale.
La normativa quadro è rappresentata dal D.Lgs. 155/2010 che ha abrogato e sostituito le normative precedenti senza però modificare i valori numerici dei limiti di riferimento degli inquinanti già normati. I limiti di legge possono essere classificati in tre tipologie:

- **valore limite annuale** per gli inquinanti biossido di zolfo (SO_2), ossidi di azoto (NO_X), materiale particolato PM_{10}, 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 (NO_X), PM_{10}, e monossido di carbonio (CO), volti al contenimento di episodi acuti d'inquinamento;
- **soglie di allarme** per il biossido di zolfo (SO_2), il biossido di azoto (NO_2) e l'ozono (O_3), 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 (O_3) il D.Lgs 155/2010 ha abrogato il D.Lgs. n. 183 del 21 maggio 2004. Nei limiti riferiti alla prevenzione a breve termine sono previste soglie di informazione e di allarme come medie orarie, mentre a lungo termine sono previsti obiettivi per la protezione della salute umana e della vegetazione calcolati sulla base di più anni di monitoraggio.

Il D.Lgs 155/2010 ha inserito nuovi indicatori relativi al $PM_{2.5}$ e in particolare:
- **un valore limite**, espresso come media annuale, pari 25 $\mu g/m^3$ da raggiungere entro il 1 gennaio 2015;

- **un valore obiettivo**, espresso come media annuale, pari 25 µg/m^3 da raggiungere entro il 1 gennaio 2010.

Inoltre, il D.Lgs 155/2010 prevede per il $PM_{2.5}$ un obiettivo nazionale di riduzione e un obbligo di concentrazione dell'esposizione il cui rispetto è calcolato sulla base di misurazioni effettuate da stazioni di fondo in siti fissi di campionamento urbani, che sono state definite con Decreto del Ministero dell'Ambiente (D.M. 13.3.2013, art. 2). Questi due ultimi indicatori esulano quindi dall'ambito della presente relazione.

Nella ***Tabella 2***, nella ***Tabella 3*** e nella ***Tabella 4*** sono indicati i valori di riferimento previsti dalla normativa attualmente vigente.
Per una descrizione più ampia del quadro normativo si rimanda ancora alla pubblicazione "Uno sguardo all'aria - Relazione annuale 2016".

Tabella 2 *– Valori limite per alcuni inquinanti atmosferici.*

INQUINANTE	LIMITE	PERIODO DI MEDIAZIONE	VALORE DI RIFERIMENTO	SUPERAMENTI CONCESSI	DATA PER IL RISPETTO DEL LIMITE
BIOSSIDO DI ZOLFO (SO_2)	Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	350 µg/m³	24 volte/anno civile	1-gen-2005
	Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	24 ore	125 µg/m³	3 volte/ anno civile	1-gen-2005
	Valore limite per la protezione degli ecosistemi	anno civile	20 µg/m³	--	19-lug-2001
		inverno (1 ott ÷ 31 mar)			
	Soglia di allarme	3 ore consecutive	500 µg/m³	--	--
BIOSSIDO DI AZOTO (NO_2) e OSSIDI DI AZOTO (NO_X)	Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	200 µg/m³ (NO_2)	18 volte/anno civile	1-gen-2010
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 µg/m³ (NO_2)	--	1-gen-2010
	Soglia di allarme	3 ore consecutive	400 µg/m³ (NO_2)	--	--
	Valore limite annuale per la protezione della vegetazione	anno civile	30 µg/m³ (NO_x)	--	19-lug-2001
MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)	Valore limite per la protezione della salute umana	media massima giornaliera su 8 ore	10 mg/m³	---	1-gen-2005
PIOMBO (Pb)	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	0.5 µg/m³	---	1-gen-2005
PARTICELLE (PM_{10})	Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	24 ore	50 µg/m³	35 volte/anno civile	1-gen-2005
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 µg/m³	---	1-gen-2005
BENZENE	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	5 µg/m³	---	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 (O3) (D.Lgs. 13/08/2010 n.155)	SOGLIA DI INFORMAZIONE	media oraria	180 µg/m³	-	-
	SOGLIA DI ALLARME	media oraria	240 µg/m³	-	-
	VALORE BERSAGLIO PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA	media su 8 ore massima giornaliera	120 µg/m³ (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/m³ *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/m³ *h (2)		
BENZO(a)PIRENE (D.Lgs. 13/08/2010 n.155)	OBIETTIVO DI QUALITÀ	media mobile valori giornalieri (3)	1 ng/m³ (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/m³
Cadmio	5.0 ng/m³
Nichel	20.0 ng/m³

(1) Il valore obiettivo è riferito al tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione PM_{10} 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 Front da Arpa Piemonte - Dipartimento Territoriale Piemonte Nord Ovest, è stata effettuata in seguito alle richieste dell'Amministrazione comunale, inviate con prot. n. 3012 in data 01/12/2015 e con prot. n. 158 il 22/01/2016 a seguito della segnalazione da parte del comitato spontaneo No Cata Lì e delle intenzioni manifestate dalla società SITOL s.r.l. di realizzare un impianto di pirolisi catalitica di materie plastiche in prossimità dell'esistente Cartiera Giacosa.

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 in via Papa Giovanni XXIII all'altezza del civico 2 durante il sopralluogo del 26/04/2017, al quale era presente personale dell'Ufficio Tecnico del comune di Front.
Nelle ***Figura 1***, ***Figura 2*** e ***Figura 3*** viene meglio rappresentato il sito nel quale è stato posizionato il laboratorio mobile.
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.

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 gennaio e febbraio.

La campagna estiva è stata condotta tra il **26 giugno** e il **24 luglio 2017** (29 giorni), quella invernale dal **10 gennaio** al **7 febbraio 2018** (29 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 27 giugno al 23 luglio, per un totale di 27 giorni per quanto riguarda la prima campagna, e dall'11 gennaio al 6 febbraio (27 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.

***Figura 1**: Ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Front.*

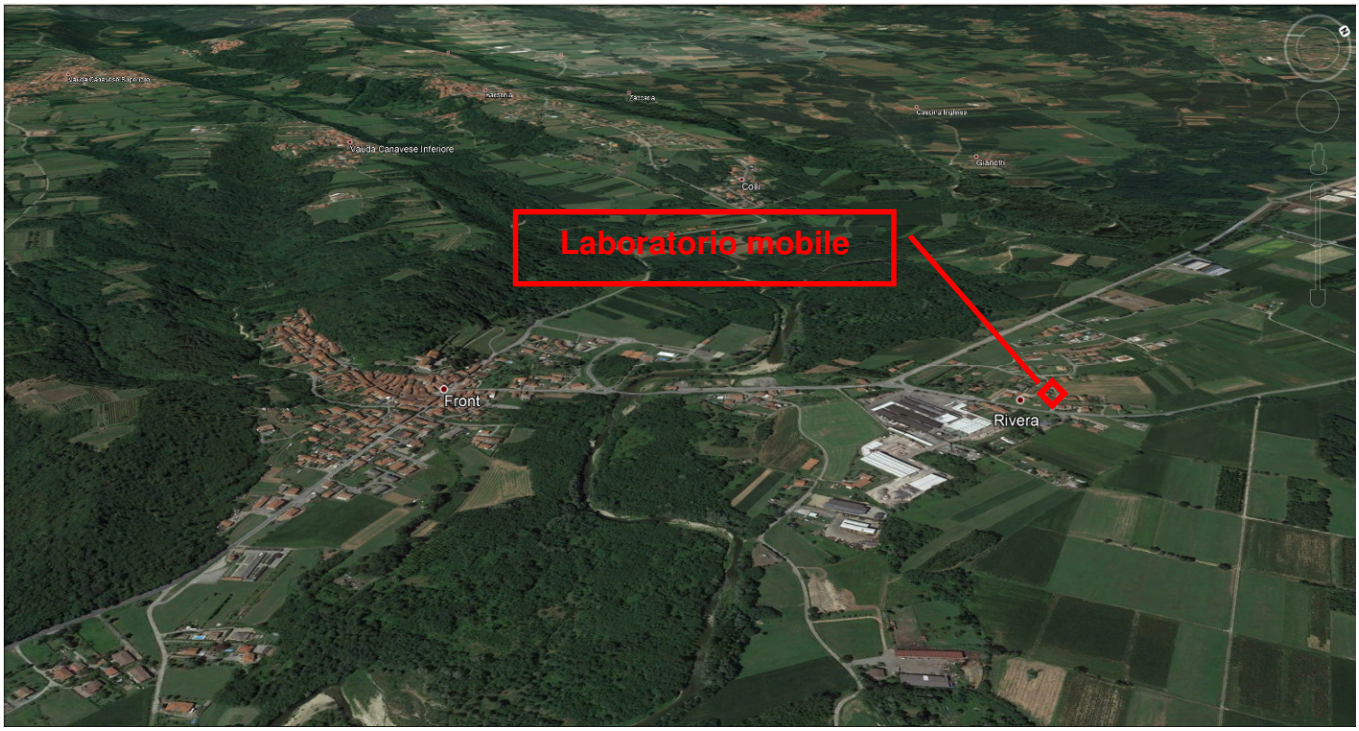
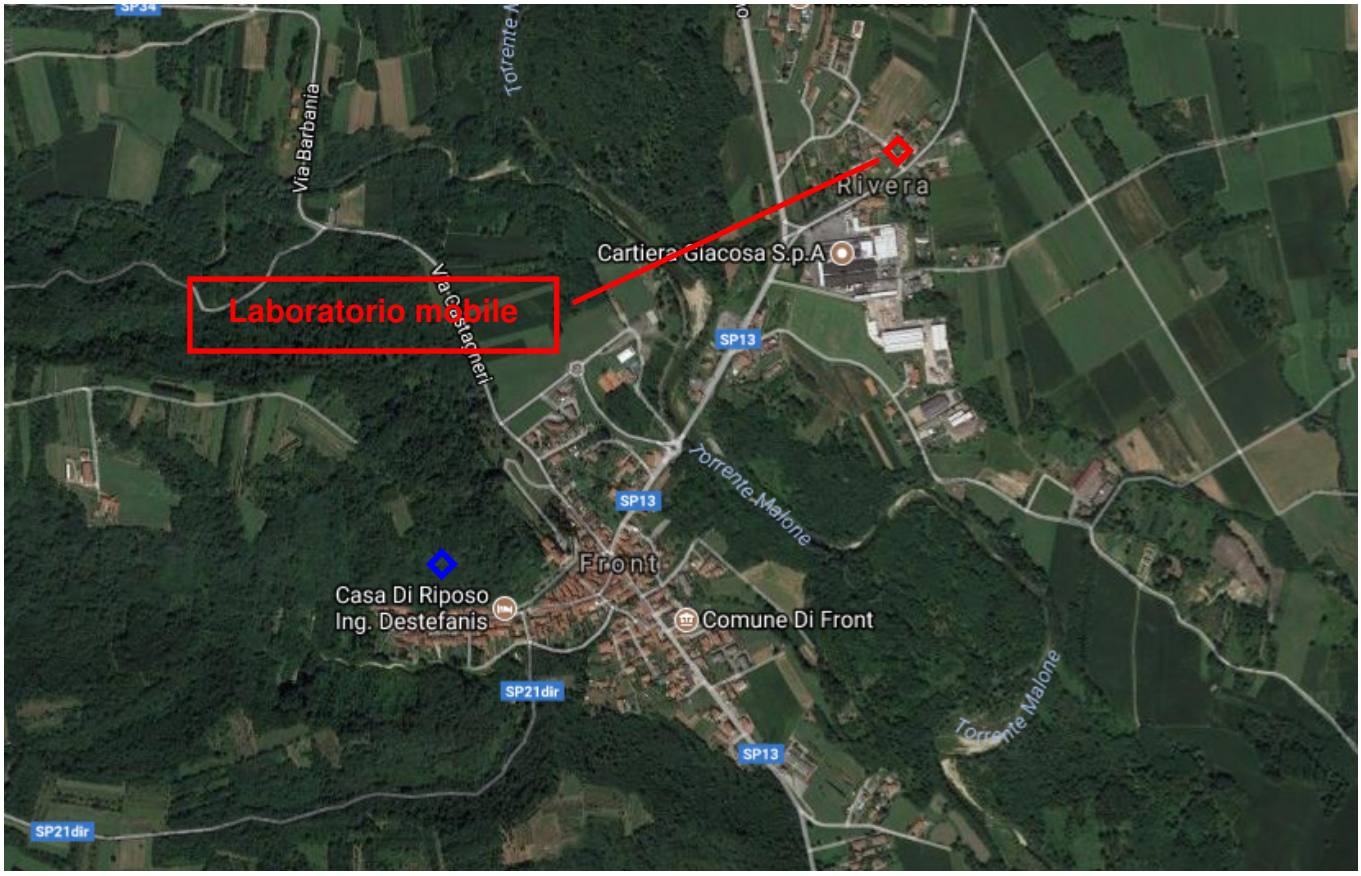


***Figura 2**: Ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Front.*

***Figura 3**: Ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Front.*



Elaborazione dei dati meteorologici

Nelle pagine successive vengono presentate le elaborazioni statistiche e grafiche relative ai dati meteoclimatici 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 meteoclimatici 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 2017 e gennaio 2018, durante i quali si sono svolti in gran parte le campagne di monitoraggio, si riportano di seguito le considerazioni generali riportate nelle relazioni climatiche redatte dal Servizio Meteorologico di Arpa Piemonte.
In Piemonte il mese di luglio 2017 è risultato caldo e secco rispetto alla media climatologica degli anni 1971-2000. In dettaglio è stato il 13° mese di luglio più caldo degli ultimi 60 anni, con un'anomalia positiva di 1.4°C, mentre ha avuto un deficit precipitativo pari a 16.6 mm (-27%), risultando il 15° mese di luglio più secco nella distribuzione storica dal 1958 ad oggi. Il contributo maggiore è stato dato dalle temperature massime (+2.1°C) rispetto alle minime (+0.7°C); i primati di temperatura massima per il mese di luglio sono stati registrati in 22 termometri della rete ARPA Piemonte (pari all'8% del totale) nei giorni 7 ed 8 luglio; sostanzialmente assenti invece i record di temperatura minima. In Piemonte il mese di luglio 2017 ha avuto una precipitazione media di 44.2 mm, con un deficit precipitativo pari a 16.6 mm (-27%) rispetto alla media climatologica degli anni 1971-2000; è risultato il 15° mese più carente di precipitazioni degli ultimi 60 anni.
Gennaio 2018 è stato un mese ricco di precipitazioni; sono caduti 153.4 mm medi, con un surplus pluviometrico di 93.6 mm (pari al 157%) rispetto alla climatologia del periodo 1971-2000. Pertanto si colloca al 2° posto tra i mesi di gennaio più umidi nella distribuzione storica degli anni compresi tra il 1958 ed il 2018. Il mese ha avuto un'anomalia termica positiva di circa 2.7°C rispetto alla media del periodo 1971-2000, risultando il 2° mese di gennaio più caldo nella distribuzione storica dal 1958 ad oggi (fonte Arpa - Servizio Meteo).

Per quanto riguarda le condizioni meteorologiche locali, l'anemologia della zona monitorata, è risultata caratterizzata, come nelle valle montane, 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.

Il regime di brezza presso il sito di Front si può osservare nella ***Figura 4*** (ROSA DEL VENTO – TOTALE) e soprattutto nella ***Figura 5*** (ROSA DEL VENTO – GIORNO) e nella ***Figura 6*** (ROSA DEL VENTO – NOTTE). Nelle ore diurne la prevalenza dei venti proviene dai quadranti E e ESE, e durante la prima campagna in parte da NW; nelle ore notturne i venti provengono da NW.
Molto probabilmente questa particolare caratterizzazione anemologica deriva dai vicini rilievi collinari della Vauda ed in parte dalle valli di Lanzo.

Durante la campagna estiva il campo pressorio si è attestato tra 970 e 990 mbar (***Figura 8***), con picco minimo il 28 giugno con 967 mbar e picco massimo il 17 luglio con 990 mbar. Nei giorni invernali il campo pressorio ha oscillato tra 970 e 1000 mbar, con un picco massimo di 1003 mbar raggiunto il 28 gennaio e un minimo di 968 il 17.

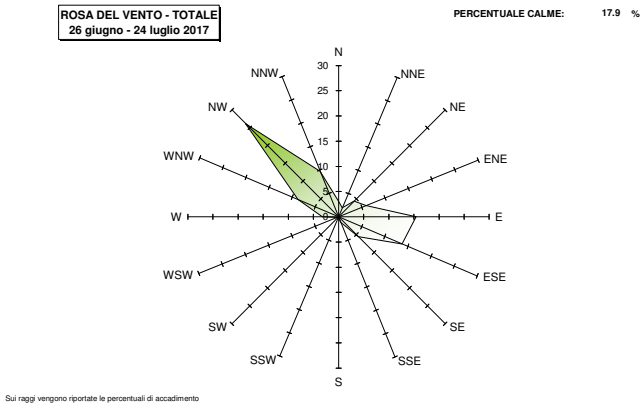
Nel comune di Front, il valore medio della temperatura di tutto il periodo estivo è stata di 22,5°C (***Tabella 5***); il valore massimo orario si è raggiunto il 8 luglio con un valore pari a 33°C; nella campagna invernale la media registrata è stata di 3 °C con un massimo di 14,3 °C il 19 e 21 gennaio ed un minimo di -4 °C raggiunto il 4 febbraio. In ***Figura 9*** 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. Anche nel periodo invernale si osserva la medesima specularità osservata d'estate, ma ovviamente le temperature risultano più basse.

La ***Figura 10*** mostra l'andamento della radiazione solare globale (R.S.G.) e delle precipitazioni nel corso delle campagne di monitoraggio. Sia la campagna estiva che quella invernale non hanno registrato particolari eventi piovosi ad eccezione del 9 luglio con 10,2 mm di pioggia e le giornate del 26 e 27 gennaio in cui sono caduti in totale 20,6 mm; come si evince dal grafico in queste giornate è corrisposto un abbassamento della radiazione solare globale 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 850 e 1000 W/m^2 circa nel periodo estivo e tra 400 a 550 W/m^2 in quello invernale.
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	104,6	9.4	17,7	0.0	60,2	63.2	969,8	970.8	0,51	0.38
Massima media giornaliera	353	145.1	26,3	6.1	90,5	98.4	988,6	1001.0	0,79	1.24
Media delle medie giornaliere	282,9	86.6	22,4	3.0	70	82.0	982	985.3	0,66	0.76
Giorni validi	24	25	24	26	24	26	24	26	5	23
Percentuale giorni validi	89%	93%	89%	96%	89%	96%	89%	96%	19%	85%
Media dei valori orari	285,6	86.6	22,5	3.0	70,1	82.0	981,9	985.3	0,64	0.76
Massima media oraria	1095	585.0	33	14.3	99	99.0	990	1003.0	2,9	4.60
Ore valide	605	600	605	624	605	624	606	624	381	563
Percentuale ore valide	93%	93%	93%	96%	93%	96%	94%	96%	59%	87%

***Figura 4**: Distribuzione dati di vento in funzione della direzione e della classe di velocità – totale*



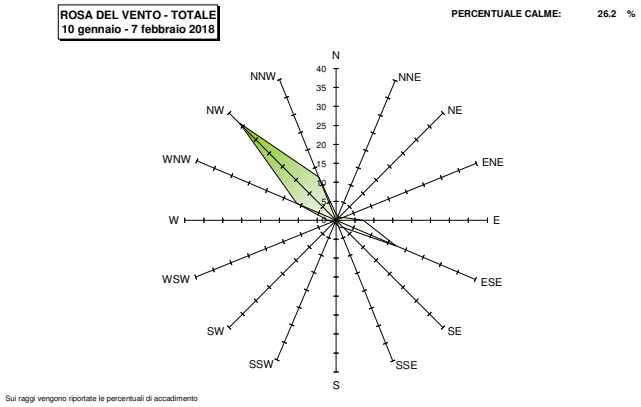
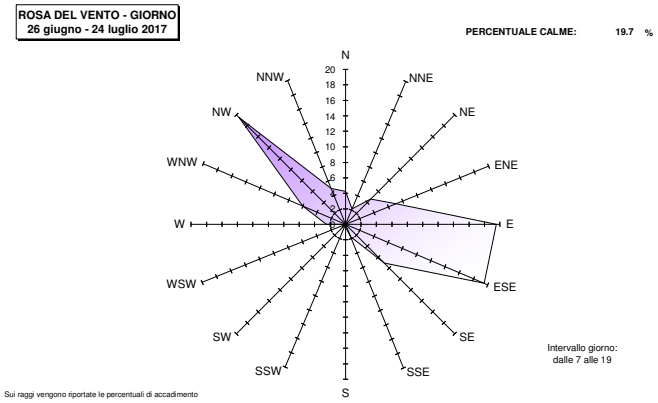


***Figura 5**: Distribuzione dati di vento in funzione della direzione e della classe di velocità – diurna*



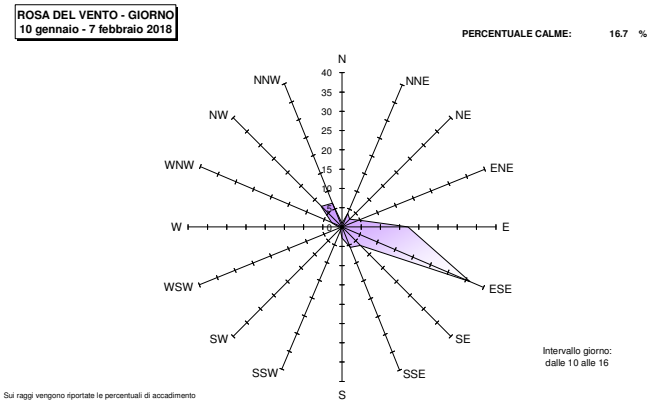
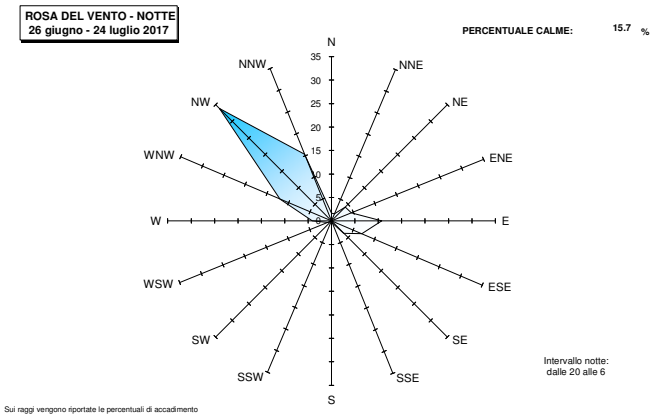


***Figura 6**: Distribuzione dati di vento in funzione della direzione e della classe di velocità – notturna*



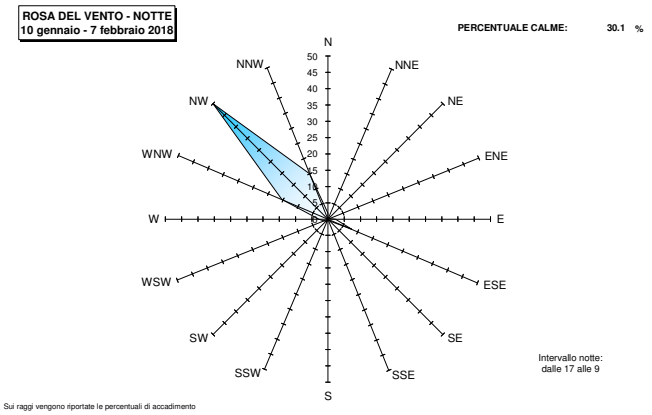


***Figura 7**: Velocità Vento*

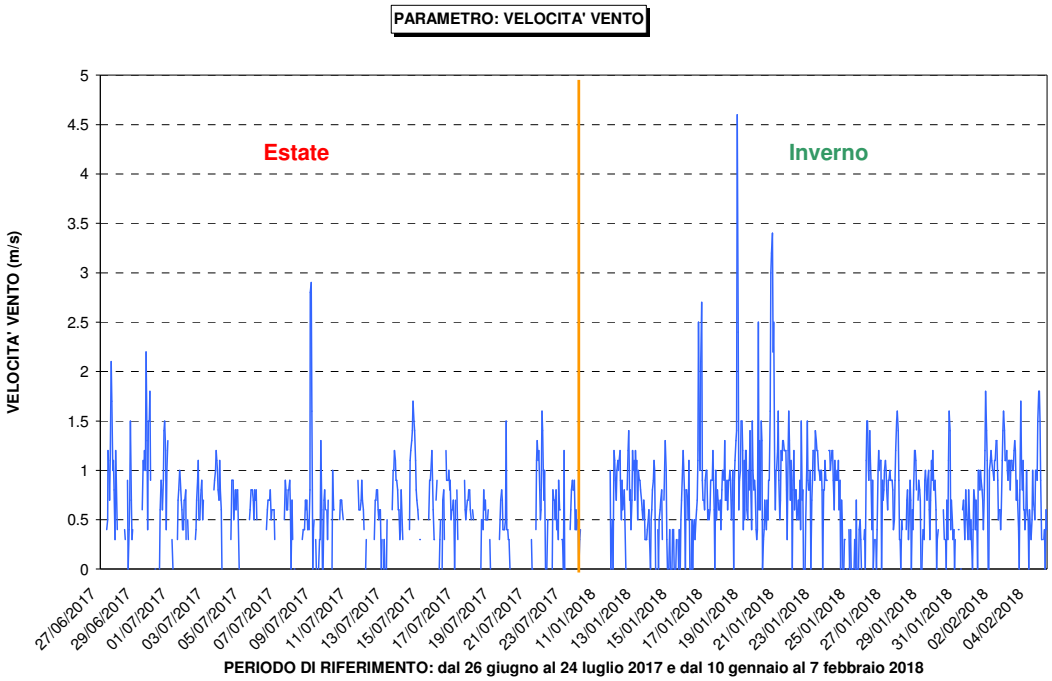


***Figura 8**: Pressione Atmosferica*

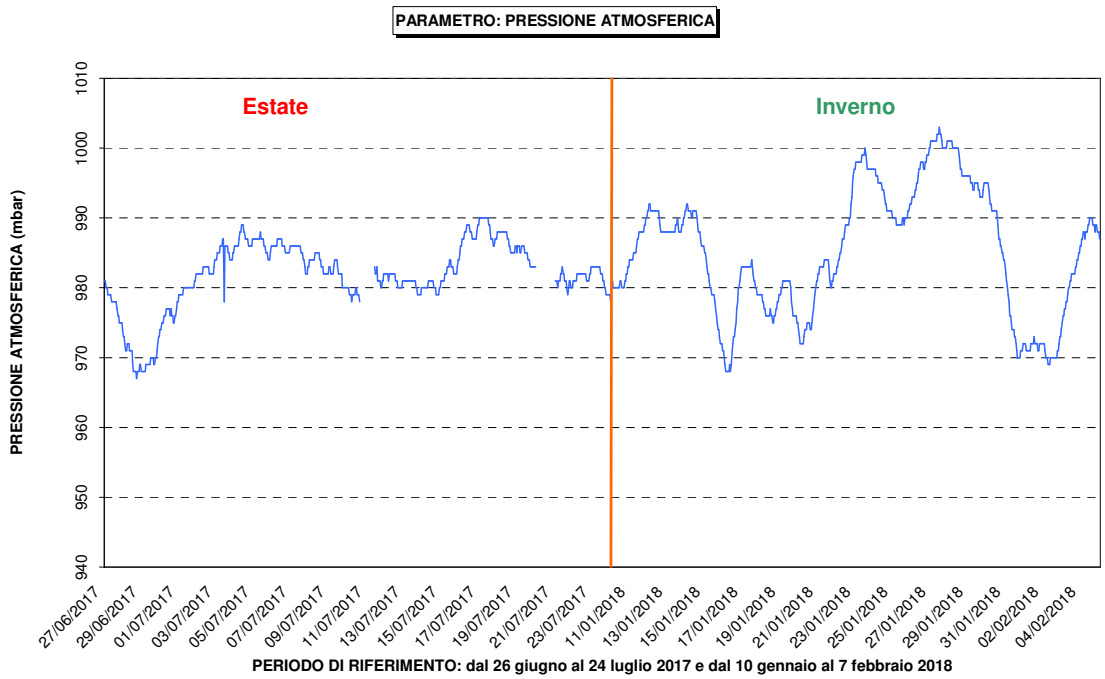


***Figura 9**: Umidità Relativa - Temperatura aria*

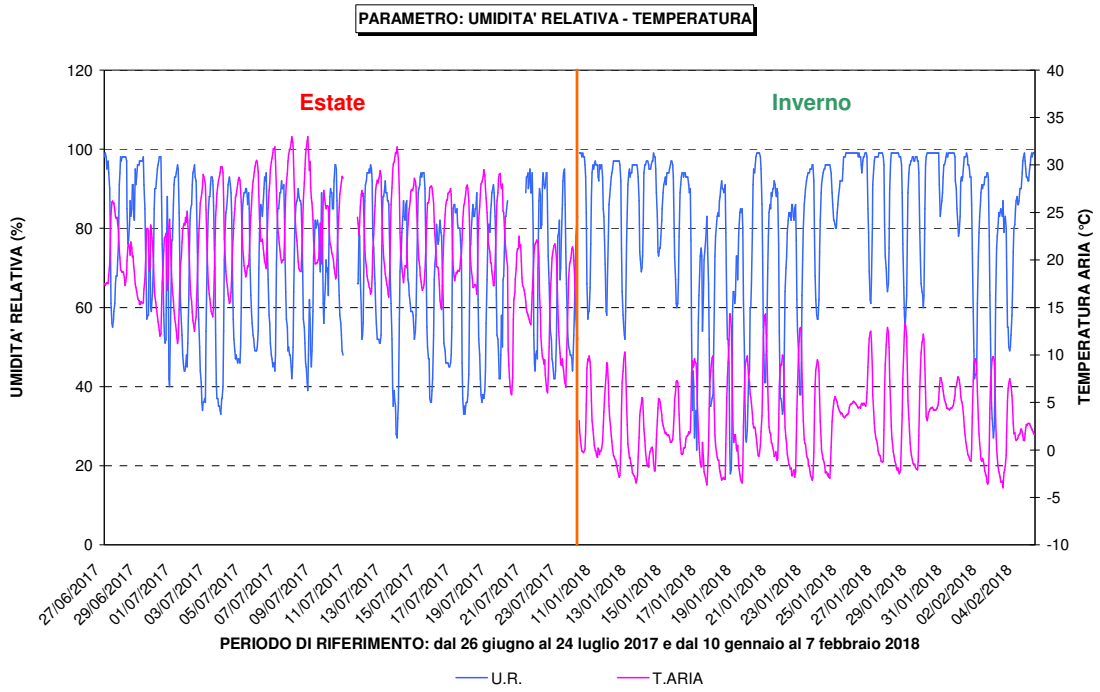
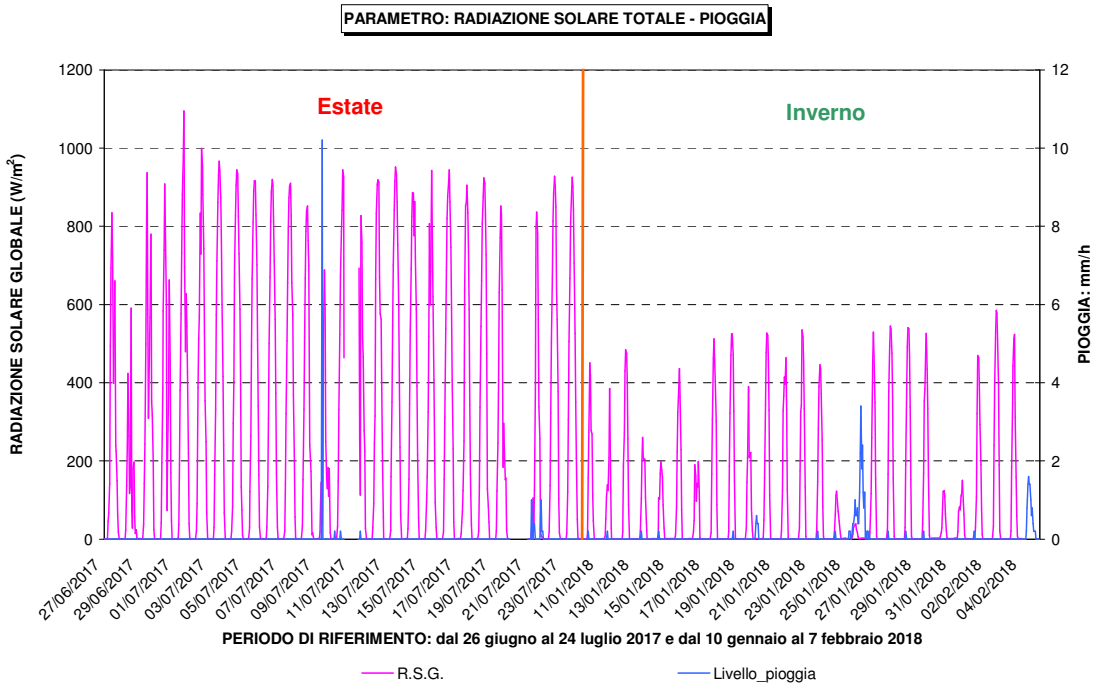


***Figura 10**: Radiazione Solare Globale e pioggia*



Elaborazione statistiche e grafiche relative al monitoraggio nel comune di Front

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_6H_6	BENZENE
$C_6H_5CH_3$	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 SO_2 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 Front; infatti i valori sia giornalieri sia orari sono ampiamente al di sotto dei limiti (***Tabella 6*** e ***Figura 11***). Il massimo valore giornaliero (calcolato come media giornaliera sulle 24 ore), è pari a 5 µg/m³ nella campagna estiva e 11 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 7 µg/m³ in estate e 13 µg/m³ in inverno, quindi è ampiamente rispettato il livello orario per la protezione della salute fissato dal D.Lgs 155/2010 in 350 µg/m³.
Si può concludere che questo parametro non mostra alcuna criticità, poiché le azioni a livello nazionale per la riduzione della percentuale di zolfo nei combustibili e l'utilizzo del metano per gli impianti di riscaldamento hanno dato i risultati attesi e le concentrazioni di SO_2 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) (µg/ m^3)*

	Estate	Inverno
Minima media giornaliera	1	1
Massima media giornaliera	5	11
Media delle medie giornaliere:	3	6
Giorni validi	18	25
Percentuale giorni validi	67%	93%
Media dei valori orari	3	6
Massima media oraria	7	13
Ore valide	463	606
Percentuale ore valide	71%	94%
Numero di superamenti livello orario protezione della salute (350)	**0**	**0**
Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (350)	**0**	**0**
Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (125)	**0**	**0**
Numero di superamenti livello allarme (500)	**0**	**0**
Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (500)	**0**	**0**

***Figura 11**: SO_2 - confronto con il livello di protezione della salute (media giornaliera)*

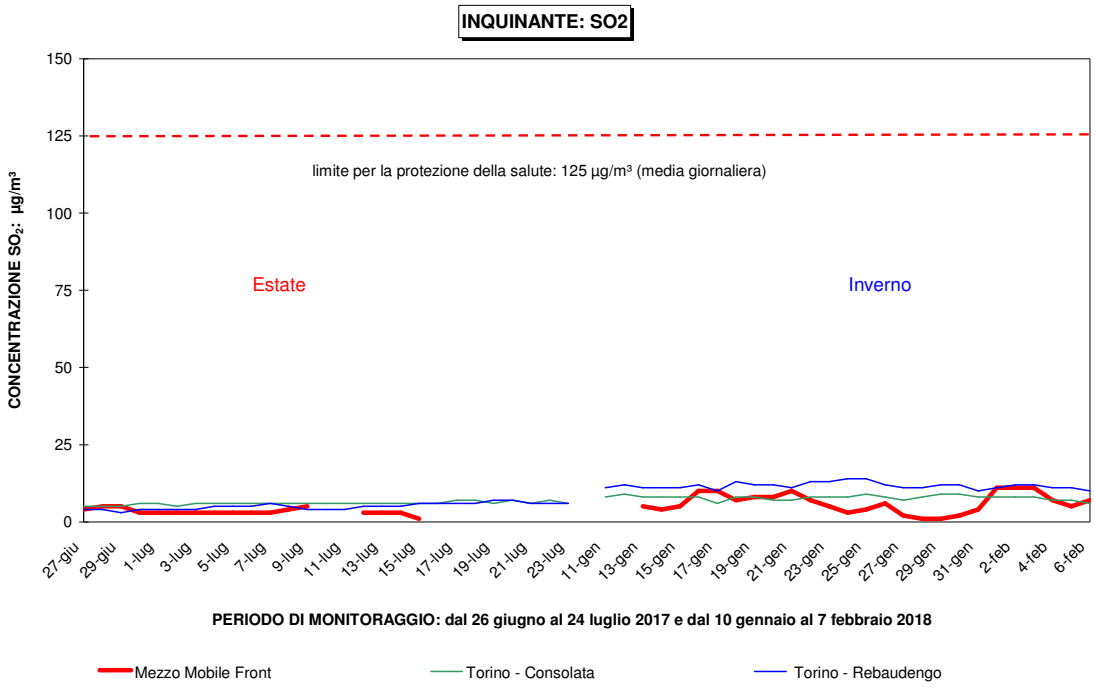
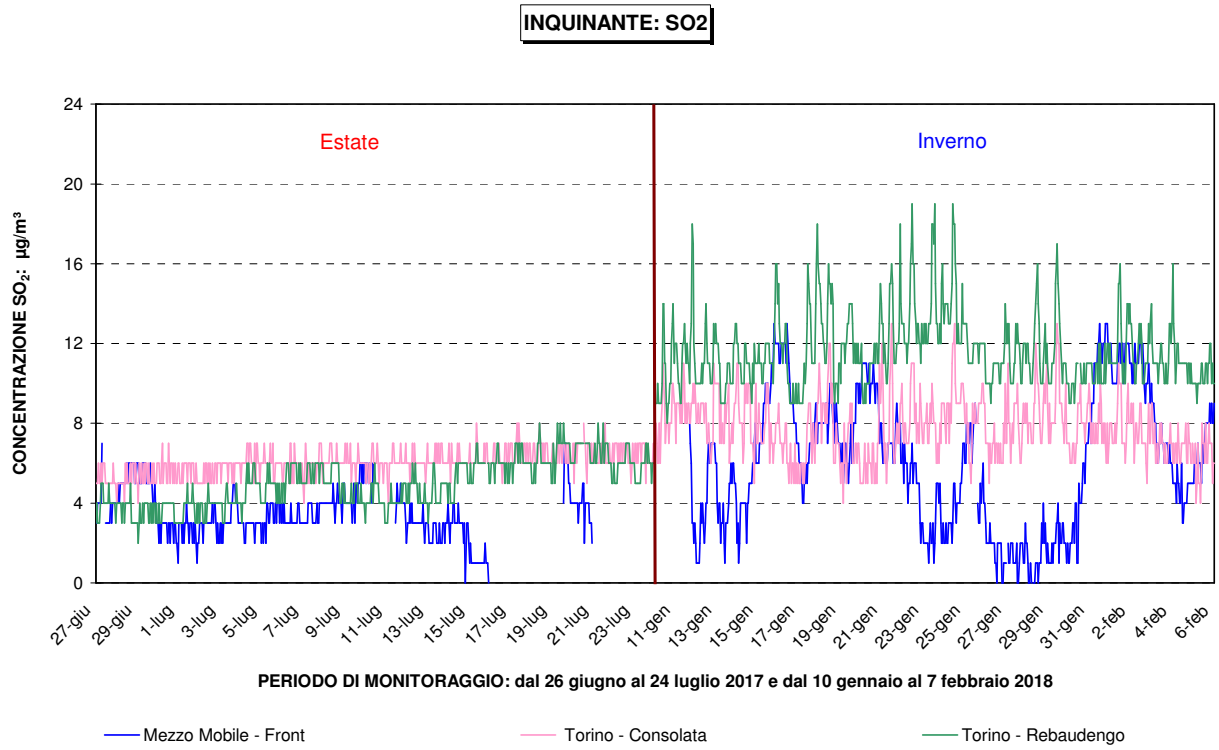


***Figura 12**: SO_2 - medie orarie confronto con alcune stazioni della rete fissa*



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 inferiori a 15 µg/m³, tranne con un valore orario massimo nel periodo di 14 µg/m³ e una media dei valori orari di 4 µg/m³. 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 90 µg/m³, con il picco massimo di 86 µg/m³ registrato il 25 gennaio.

Per quanto riguarda il confronto con altre stazioni della rete provinciale (***Figura 13*** e ***Figura 14***) la campagna invernale, nella quale come sopra evidenziato si sono registrati i valori più elevati e pertanto più rappresentativi, ha evidenziato valori compresi tra quelli di Druento (cabina di fondo rurale) e Borgaro (cabina di fondo suburabano), mentre risulta marcata la differenza con la stazione di traffico urbano di Torino-Rebaudengo.

***Tabella 7**: Dati relativi al monossido di azoto (NO) (µg/ m^3)*

	Estate	Inverno
Minima media giornaliera	2	4
Massima media giornaliera	5	38
Media delle medie giornaliere:	4	13
Giorni validi	20	27
Percentuale giorni validi	74%	100%
Media dei valori orari	4	13
Massima media oraria	14	86
Ore valide	516	646
Percentuale ore valide	80%	100%

***Figura 13**: NO - medie orarie confronto con alcune stazioni della rete fissa*

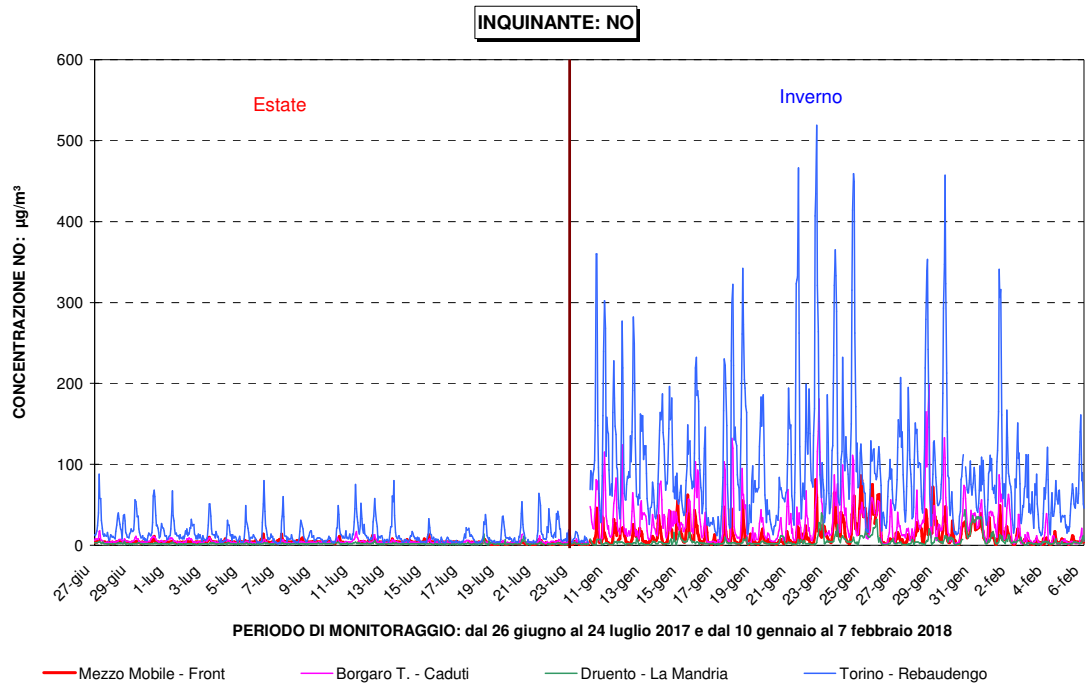
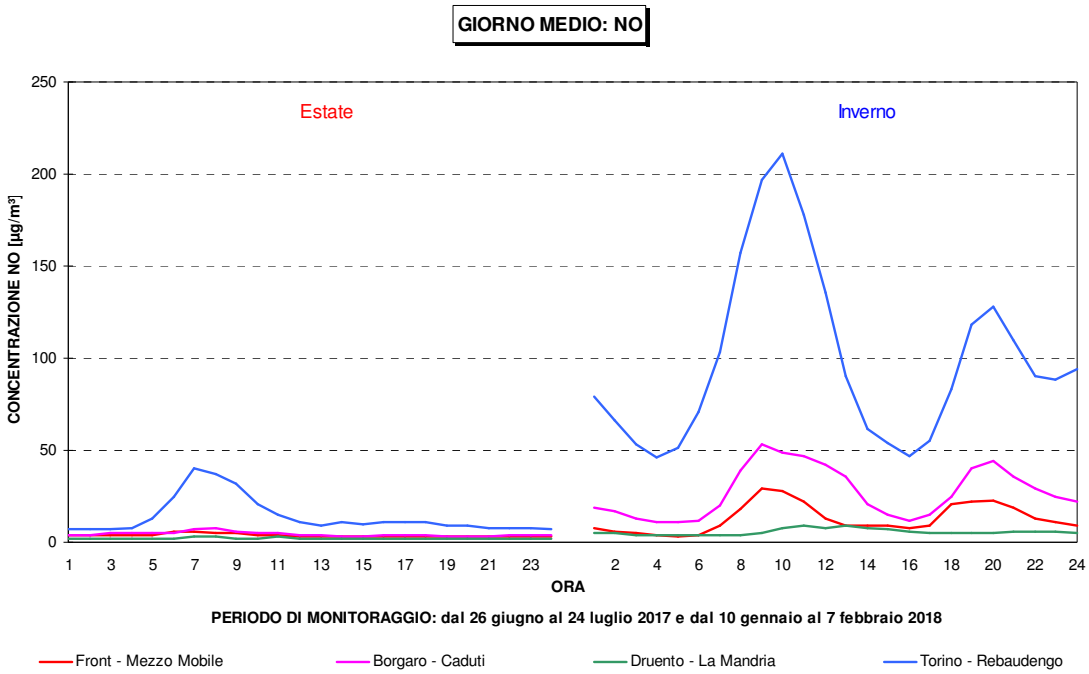


***Figura 14**: NO - giorno medio confronto con alcune stazioni della rete fissa*



Biossido d'azoto

Il biossido di azoto è da ritenersi fra gli inquinanti atmosferici maggiormente pericolosi sia perché è per sua natura irritante, sia perché dà inizio, in presenza di forte irraggiamento solare, ad una serie di reazioni fotochimiche secondarie che portano alla formazione di sostanze inquinanti complessivamente indicate con il termine di "smog fotochimico".
La formazione di NO_2 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'NO_2 (***Tabella 9***), durante le campagne di monitoraggio nel comune di Front 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 26 µg/m³ (campagna estiva) e

di 70 µg/m³ (campagna invernale). La ***Figura 15*** e la ***Figura 16*** 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 è evidente che sia le medie orarie che il giorno medio di Front presentano, come per il monossido d'azoto, concentrazioni più basse rispetto a quelle di Torino-Rebaudengo (cabina di traffico urbano) e a quelle di Borgaro (fondo suburbano), mentre risultano generalmente più alte di Druento, cabina classificata di fondo rurale. Nel periodo invernale, sia i dati orari che l'andamento del giorno medio, queste differenze risultano più marcate corrispondendo ad un aumento generalizzato dei valori.

Il D.Lgs. 155/2010 prevede per il biossido di azoto anche un valore limite annuale per la protezione della salute umana di 40 µg/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 descritta nella nota.

Dalla (***Figura 17***) osserviamo che il valore di media annuale stimata per il sito di Front, pari a 20 µg/m³, è inferiore al limite annuale di 40 µg/m³; il valore è tra i più bassi dell'intera provincia, ponendosi tra Susa e Chieri.

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 2017 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne a Front permette di ricavare la stima annuale:

$\mathbf{M_c} = (\mathbf{m_c} / \mathbf{m_p}) \times \mathbf{M_p}$

dove
$\mathbf{m_c}$: *media periodo campagne NO_2 Front*
$\mathbf{M_c}$: *media stimata anno 2017 NO_2 Front*
$\mathbf{m_p}$: *media periodo campagne NO_2 Provincia di Torino*
$\mathbf{M_p}$: *media anno 2017 NO_2 Provincia di Torino*

***Tabella 8**: NO_2 - confronto medie del periodo di monitoraggio con medie annuali 2017 nella provincia di Torino*

Stazione	I° Campagna	II° Campagna	Media I° e II° Campagna	Media Anno 2017
Ceresole Reale - Diga	5	4	5	5
Druento - La Mandria	6	19	13	12
Baldissero T.(ACEA) - parco	7	20	14	15
Oulx - Roma	12	23	18	17
Susa - Repubblica	9	26	18	19
Mezzo Mobile - Front (*)	**8**	**29**	**19**	**20**
Chieri - Bersezio	9	33	21	23
Ivrea - Liberazione	9	37	23	25
Borgaro T. - Caduti	14	41	28	30
Leini'(ACEA) - Grande Torino	18	62	40	32
Orbassano - Gozzano	16	50	33	34
Vinovo - Volontari	17	51	34	35
Settimo T. - Vivaldi	20	52	36	36
Torino - Rubino	21	38	30	37
Torino - Lingotto	22	46	34	40
Carmagnola - I Maggio	31	44	38	42
Beinasco (TRM) - Aldo Mei	25	65	45	48
Collegno - Francia	36	74	55	58
Torino - Consolata	39	58	49	59
Torino - Rebaudengo	48	83	66	80
(*)= medie annuali stimate				

***Tabella 9**: Dati relativi al biossido di azoto (NO_2) (µg/ m^3)*

	Estate	Inverno
Minima media giornaliera	4	22
Massima media giornaliera	11	39
Media delle medie giornaliere	7	29
Giorni validi	18	27
Percentuale giorni validi	67%	100%
Media dei valori orari	7	29
Massima media oraria	26	70
Ore valide	466	646
Percentuale ore valide	72%	100%
Numero di superamenti livello orario protezione della salute (200)	**0**	**0**
Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (200)	**0**	**0**
Numero di superamenti livello allarme (400)	**0**	**0**
Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (400)	**0**	**0**

***Figura 15**: NO_2 - confronto con i limiti di legge e con i dati delle stazioni fisse di Borgaro, Druento e Torino-Rebaudengo*

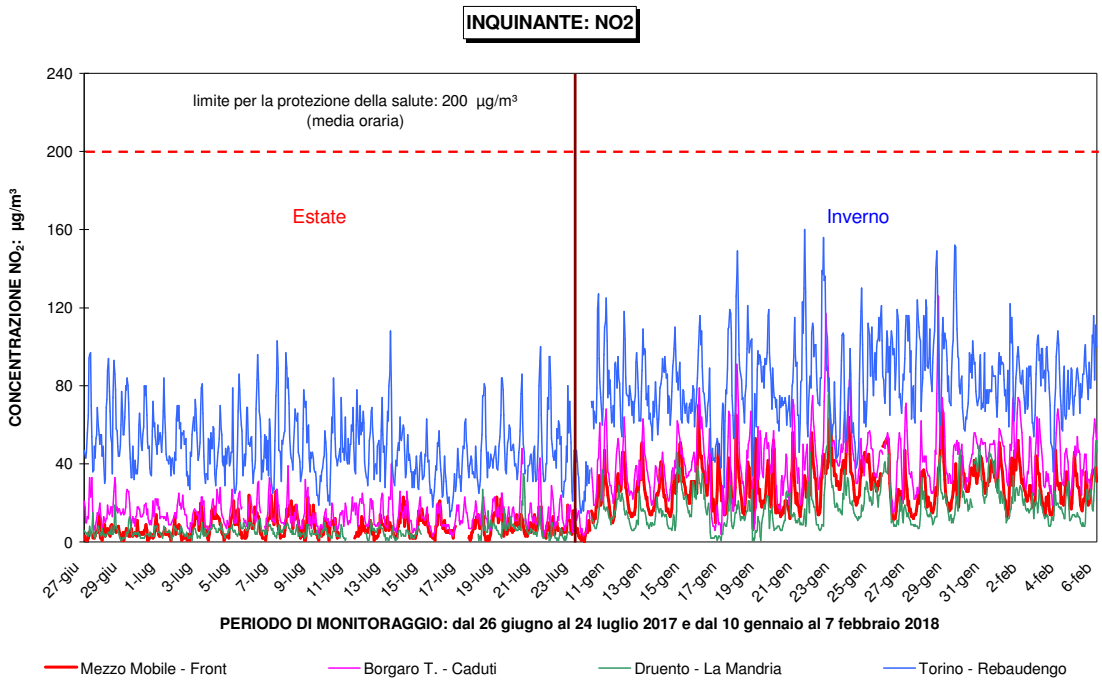


Figura 16: *NO_2 - andamento del giorno medio*

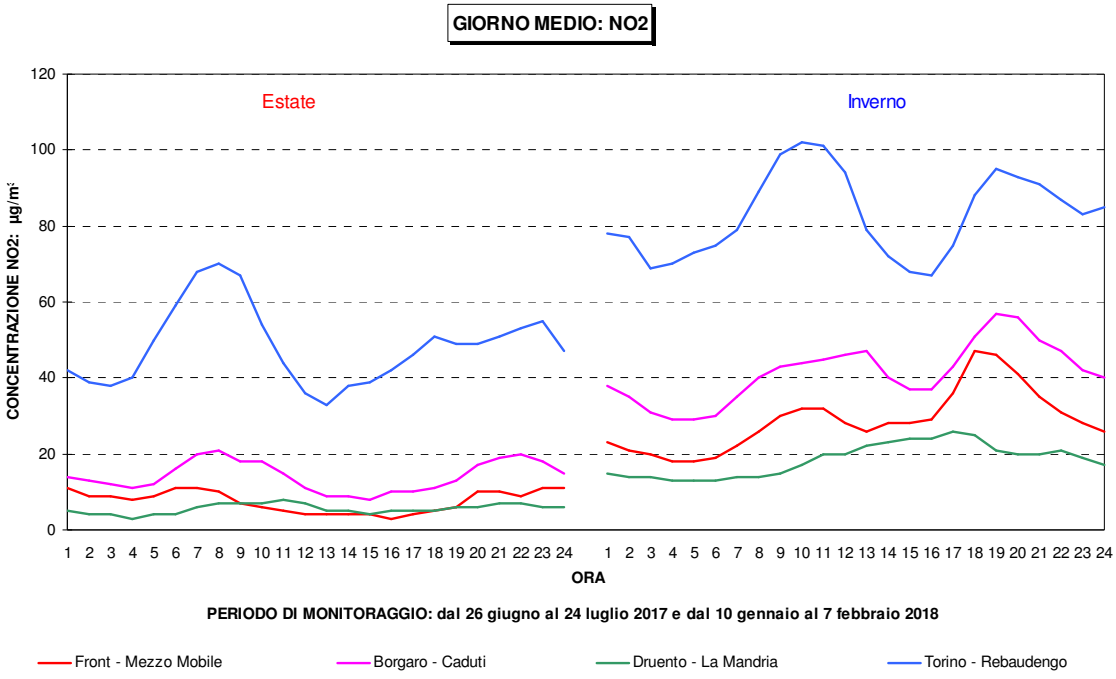
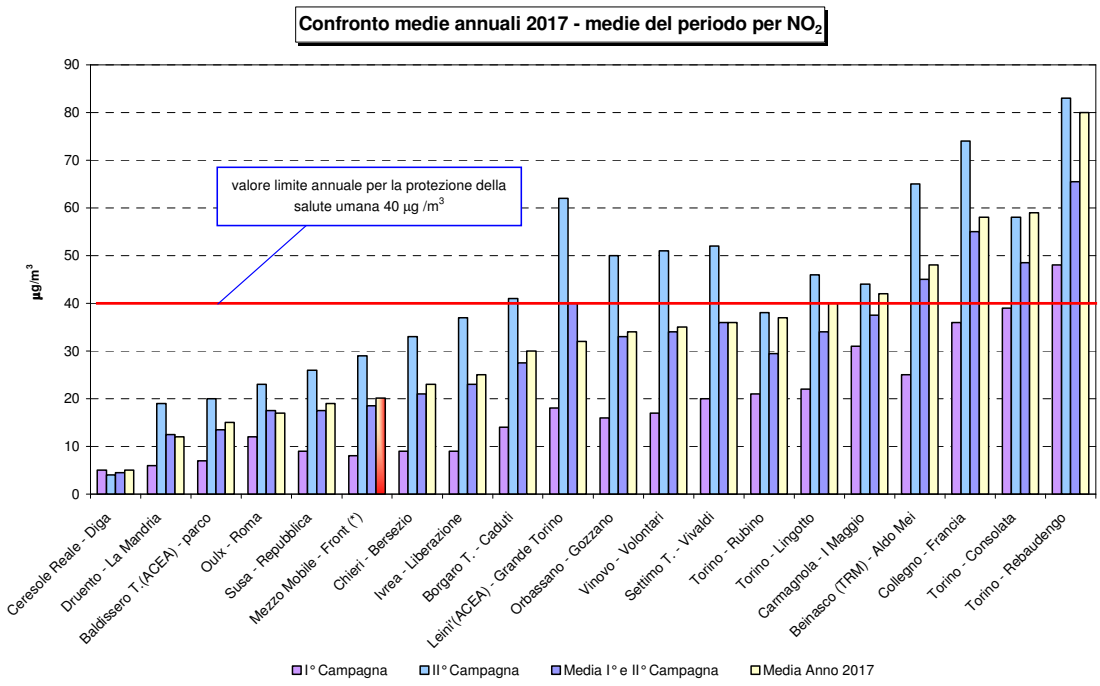


Figura 17: *NO_2 - confronto medie annuali e medie del periodo nella provincia di Torino (la media annuale per il sito di Front è stata stimata)*



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 Front (***Tabella 10***) confermano tale andamento osservato su scala regionale. La normativa prevede un limite di 10 mg/m^3, calcolato come media su otto ore consecutive, il quale è ampiamente rispettato visto che il valore massimo su otto ore è pari a 0.3 mg/m^3, nel periodo estivo, e 1.1 mg/m^3 in quello invernale (***Figura 18***); questo limite non è raggiunto neppure su base oraria (il massimo valore orario è stato di 0.4 e 1.3 mg/m^3 nelle due rispettive campagne). La ***Figura 19*** 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 19*** e ***Figura 20***) indica concentrazioni inferiori rispetto a 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/m^3)*

	Estate	Inverno
Minima media giornaliera	0.1	0.5
Massima media giornaliera	0.3	0.9
Media delle medie giornaliere (b):	0.2	0.7
Giorni validi	22	27
Percentuale giorni validi	81%	100%
Media dei valori orari	0.2	0.7
Massima media oraria	0.4	1.3
Ore valide	553	646
Percentuale ore valide	85%	100%
Minimo medie 8 ore	0.1	0.4
Media delle medie 8 ore	0.2	0.7
Massimo medie 8 ore	0.3	1.1
Percentuale medie 8 ore valide	83%	100%
Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (10)	**0**	**0**
Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 10)	**0**	**0**

***Figura 18:** CO - confronto con il limite di legge (media trascinata sulle 8 ore)*

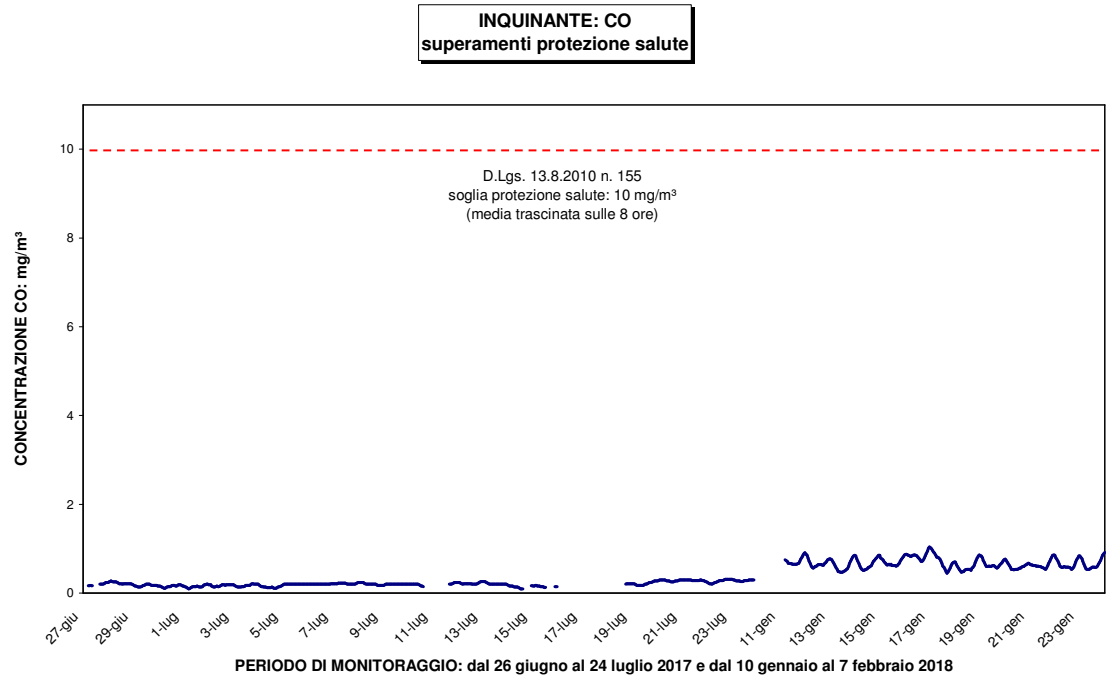


***Figura 19**: CO - andamento medie orarie*

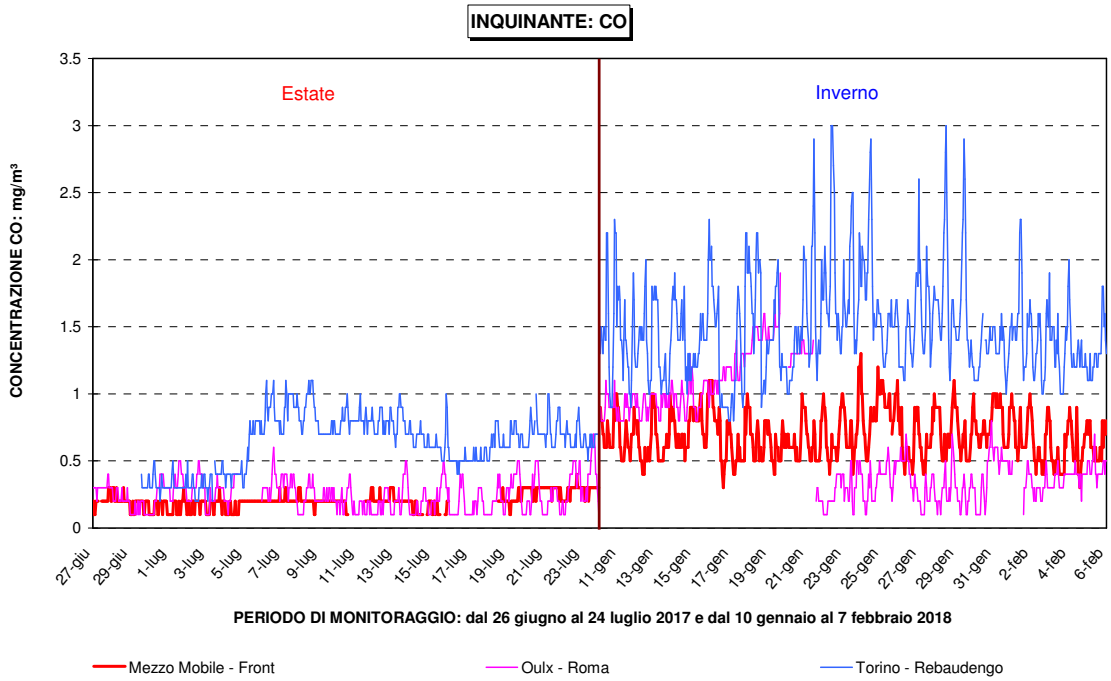
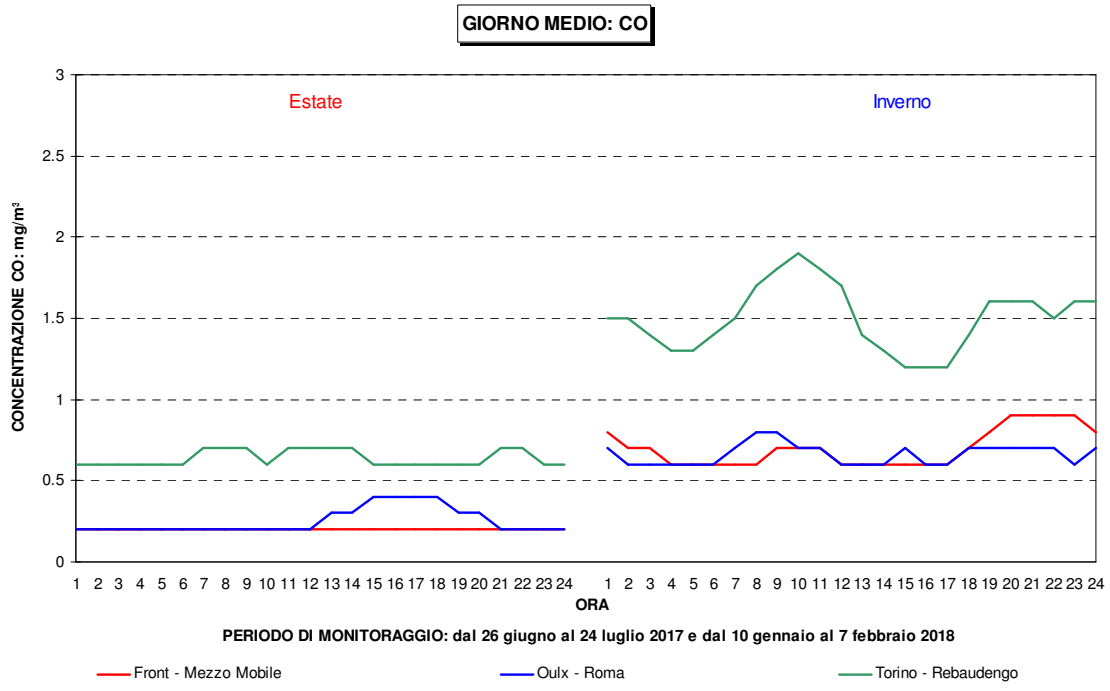


***Figura 20**: CO - andamento del giorno medio*



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 ($\mu g/m^3$).
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 $\mu g/m^3$ 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 $\mu g/m^3$ 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 Front sono state determinate le concentrazione medie pari a 0.4 $\mu g/m^3$ (in estate) e 1.9 $\mu g/m^3$ (inverno), mentre le punte massime sono state rispettivamente di 1.3 e 6.3 $\mu g/m^3$, come riportato in ***Tabella 11***.

Dalla ***Figura 21*** e dalla ***Figura 22*** osserviamo 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 quelli della centralina di Borgaro T.se classificata di fondo suburbano e leggermente inferiori rispetto alla centralina da traffico ubicata in Torino – piazza Rebaudengo; nella seconda campagna, durante un periodo più significativo per le valutazioni inerenti a questo

inquinante, le concentrazioni del sito di Front sono risultate significativamente inferiori alla stazione di Torino Rebaudengo.

La normativa vigente (D.Lgs. 155/2010) prevede per il benzene un valore limite annuale di 5 µg/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 1.2 µg/m^3 e un fattore ricavato come descritto nella nota.

Applicando tale procedimento, la media annuale stimata è pari a 1.3 µg/m^3, (vedi ***Figura 23***) valore inferiore al limite.

Per il toluene la massima media giornaliera è risultata essere di 6.4 µg/m^3 in estate e 8.3 µg/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 2017 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio della campagna a Front permette di ricavare la stima annuale:

$\mathbf{M_c} = (\mathbf{m_c} / \mathbf{m_p}) \times \mathbf{M_p}$

dove
$\mathbf{m_c}$: *media periodo campagne benzene Front*
$\mathbf{M_c}$: *media stimata anno 2017 benzene Front*
$\mathbf{m_p}$: *media periodo campagne benzene Provincia di Torino*
$\mathbf{M_p}$: *media anno 2017 benzene Provincia di Torino*

Tabella 11: *Dati relativi al benzene (µg/m^3)*

	Estate	Inverno
Minima media giornaliera	0.2	1.0
Massima media giornaliera	0.5	3.4
Media delle medie giornaliere	0.4	1.9
Giorni validi	20	27
Percentuale giorni validi	74%	100%
Media dei valori orari	0.4	1.9
Massima media oraria	1.3	6.3
Ore valide	521	643
Percentuale ore valide	80%	99%

***Tabella 12**: Dati relativi al toluene (µg/m^3)*

	Estate	Inverno
Minima media giornaliera	0.4	0.8
Massima media giornaliera	1.5	3.3
Media delle medie giornaliere	0.9	1.8
Giorni validi	20	23
Percentuale giorni validi	74%	85%
Media dei valori orari	0.9	1.8
Massima media oraria	6.4	8.3
Ore valide	519	548
Percentuale ore valide	80%	85%

***Figura 21:** Benzene - andamento orario e confronto con i dati delle stazioni di Borgaro T.se e Torino – Rebaudengo*

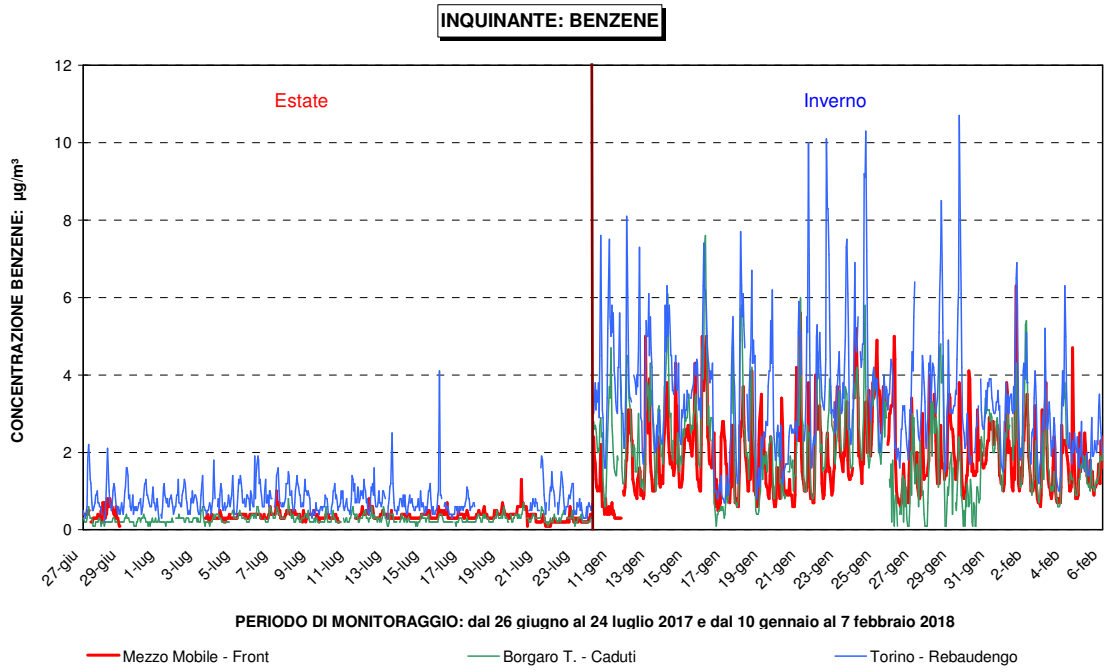


Figura 22: *Benzene - giorno medio e confronto con i dati delle stazioni di Borgaro T.se e Torino – Rebaudengo*

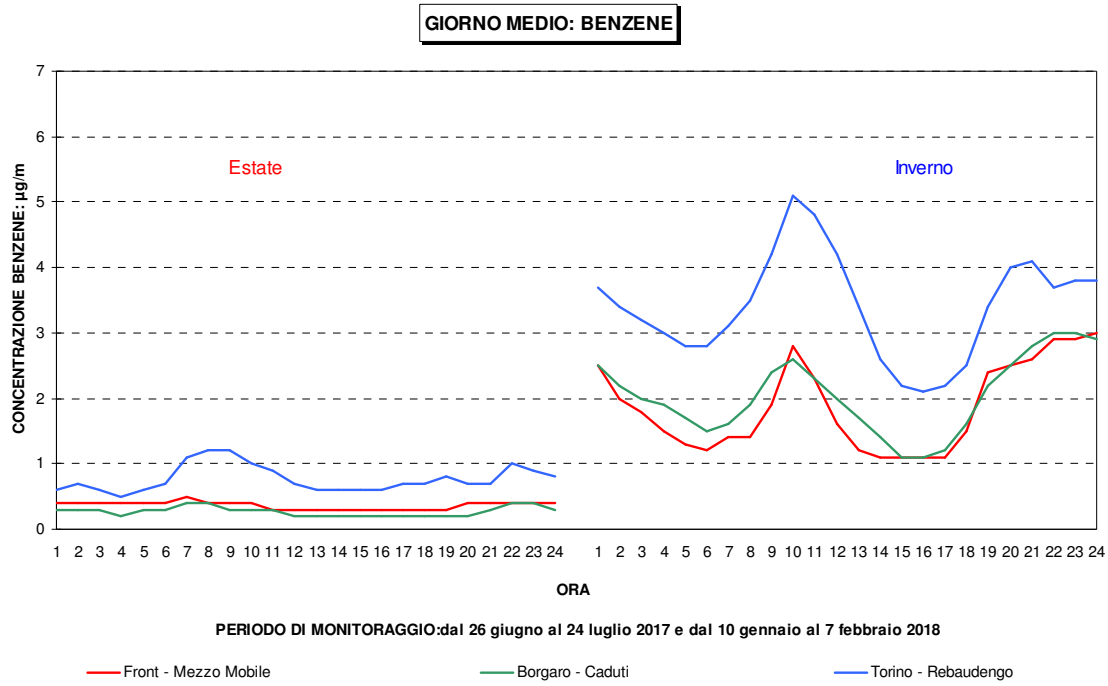
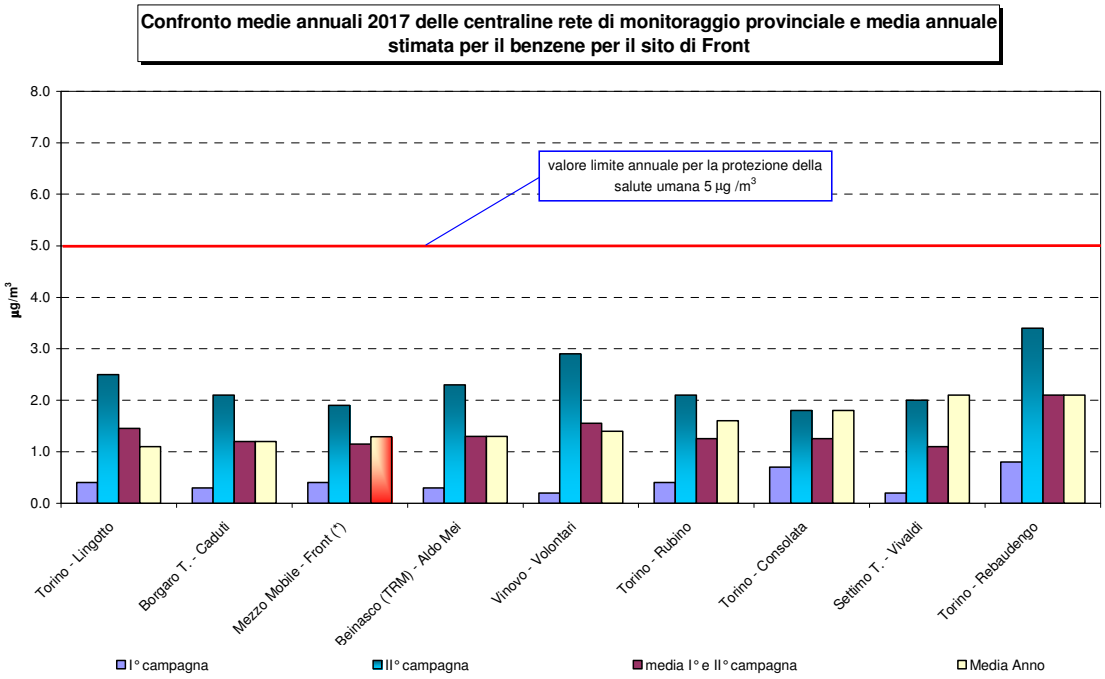


Figura 23: *Benzene - confronto media annuale 2017 e media del periodo*



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 µm, più pericolosa in quanto può raggiungere facilmente trachea e bronchi e mettere inoltre a contatto l'apparato respiratorio con sostanze ad elevata tossicità adsorbite sul particolato stesso.

Inoltre il 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 µm) .

PM_{10}

Nel monitoraggio estivo eseguito nel comune di Front non si sono avuti per il particolato PM_{10} superamenti del valore limite giornaliero di 50 µg/m^3, mentre nel periodo invernale si sono verificati 4 superamenti di tale limite, come indicato in ***Tabella 13*** e in ***Figura 24***; 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), Borgaro T.se (fondo suburbano) 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 per il sito di Front concentrazioni generalmente superiori a quelle di Druento e inferiori rispetto a quelle di Borgaro.

Durante la campagna estiva il valore medio del periodo rilevato nel sito di è stato di 18 µg/m^3, con un valore massimo giornaliero di 30 µg/m^3 registrato il 7 luglio; la concentrazione più bassa (9 µg/m^3) si è riscontrata il 7 luglio. Nel corso della seconda campagna il valore medio è stato di 39 µg/m^3, con un valore massimo di 83 µg/m^3 registrato il 24 gennaio ed uno minimo di 17 µg/m^3 il 27 gennaio.
Nella ***Figura 24*** viene data evidenza dei fenomeni piovosi occorsi nel periodo delle due campagne, mostrando chiaramente l'influenza della pioggia rispetto all'abbattimento delle concentrazioni di particolato sospeso. Questo fenomeno è particolarmente visibile nella seconda campagna quando il 26 gennaio si è registrato l'evento di pioggia più significativo e la concentrazione di PM_{10} è scesa da 65 µg/m^3 a 17 µg/m^3 il giorno successivo.

Come già accennato, durante il monitoraggio invernale vi sono stati 4 superamenti del valore limite giornaliero di 50 µg/m^3 su 51 giorni validi (totale dei giorni validi delle due campagne), pari all' 8% dei giorni validi.
In ***Figura 28*** si osserva che, in termini percentuali, il numero di superamenti rilevati nel sito di Front è superiore alla cabina di Susa e inferiore a quello di Ivrea, risultando pertanto tra i più bassi 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 le stazione più simili come numero di superamenti del livello giornaliero durante il periodo delle campagne risultano Susa e Druento con 3 superamenti e Ivrea con 6 rispetto ai 4 registrati a Front (***Figura 29***); nella stazione di Susa nel 2017 il totale di superamenti è stato inferiore al limite di 35 stabilito dalla legge, mentre sia a Druento che ad Ivrea il totale è stato superiore. È dunque presumibile che se si fosse effettuato un monitoraggio esteso all'intero anno anche nel sito di Front ci sarebbe stato il superamento del limite preso in esame.

Il valore medio del periodo rilevato nel sito di Front è pari a 29 µg/m^3 (***Tabella 15*** e ***Figura 27***). In termini puramente numerici tale valore è inferiore al valore limite previsto dalla normativa per la protezione della salute umana (40 µg/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 32 µg/m^3, (vedi ***Figura 27***), inferiore al valore limite di legge (40 µg/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 giornaliero[1], infatti, evidenzia che sul territorio piemontese il limite di 35 superamenti del valore limite giornaliero viene rispettato per valori di media annuale inferiori a 24,7 µg/m^3.

Nota

Si sono calcolate le medie delle concentrazioni del PM_{10} per il periodo delle campagne, di tutte le stazioni della provincia in cui viene monitorato tale parametro; dal rapporto con la media dell'anno 2017 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne a Front permette di ricavare la stima annuale:

$\mathbf{M_c} = (\mathbf{m_c} / \mathbf{m_p}) \times \mathbf{M_p}$

dove
$\mathbf{m_c}$: *media periodo campagne PM_{10} Front*
$\mathbf{M_c}$: *media stimata anno 2017 PM_{10} Front*
$\mathbf{m_p}$: *media periodo campagne PM_{10} Provincia di Torino*
$\mathbf{M_p}$: *media anno 2017 PM_{10} Provincia di Torino*

$PM_{2.5}$

Il parametro $PM_{2.5}$ segue, come andamento temporale e valori medi di concentrazione giornaliera, il PM_{10} (vedi ***Figura 26***).

Il valore medio del periodo estivo è stato di 11 µg/m^3, con un minimo di 6 ed un massimo di 21 µg/m^3; nella seconda campagna il valore medio è stato di 33 µg/m^3, con un minimo di 8 ed un massimo di 74 µg/m^3 (***Tabella 14***). Dalla ***Figura 25*** notiamo che, in termini relativi, i valori di $PM_{2.5}$ nel sito di Front 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 di quelli di Settimo e compresi tra quelli di Borgaro e quelli di Ivrea.

In termini assoluti la media dei due periodi di monitoraggio, pari a 22 µg/m^3, è inferiore al valore limite previsto dalla normativa di 25 µg/m^3 (***Tabella 16***) che però va calcolato su base annuale.
Visto che la durata del monitoraggio a Front 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 $PM_{2.5}$.

[1] 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 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 2017 della provincia si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne di Front permette di ricavare la stima annuale;

$\mathbf{M_c} = (\mathbf{m_c} / \mathbf{m_p}) \times \mathbf{M_p}$

dove
$\mathbf{m_c}$: *media periodo campagne $PM_{2.5}$ Front*
$\mathbf{M_c}$: *media stimata anno 2017 $PM_{2.5}$ Front*
$\mathbf{m_p}$: *media periodo campagne $PM_{2.5}$ Provincia di Torino*
$\mathbf{M_p}$: *media anno 2017 $PM_{2.5}$ Provincia di Torino*

La stima annuale ottenuta è pari a 24 µg/m³ e quindi nominalmente di poco inferiore al valore limite annuale per la protezione della salute di 25 µg/m³ 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 30***). E' quindi presumibile che, come accade in altri siti con caratteristiche simili , il valore limite venga superato negli anni n cui le condizioni meteorologiche sono sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti (ad esempio quelli poco piovosi) e rispettato negli altri.
In termini generali per $PM_{2.5}$ 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} (µg/m³)*

	Campagna estiva	Campagna invernale
Minima media giornaliera	9	17
Massima media giornaliera	30	83
Media delle medie giornaliere	18	39
Giorni validi	24	27
Percentuale giorni validi	89%	100%
Numero di superamenti livello Giornaliero protezione della salute (50)	**0**	**4**

***Tabella 14**: Dati relativi al particolato sospeso $PM_{2.5}$ (µg/m³)*

	Campagna estiva	Campagna invernale
Minima media giornaliera	6	8
Massima media giornaliera	21	74
Media delle medie giornaliere	11	33
Giorni validi	24	27
Percentuale giorni validi	89%	100%

***Tabella 15**: PM_{10} - confronto numero di superamenti limite giornaliero, concentrazioni medie del periodo e anno 2017*

Stazione	periodo I° campagna (estivo)		periodo II° campagna (invernale)		periodo I° e II° campagna		anno 2017	
	media periodo [µg/m^3]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	media periodo [µg/m^3]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	media periodo [µg/m^3]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	media anno 2017 [µg/m^3]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)
Oulx - Roma	16	0	17	0	17	0	18	8
Susa - Repubblica	18	0	23	3	21	3	22	27
Druento - La Mandria	19	0	30	3	25	3	27	41
Ivrea - Liberazione	17	0	35	6	26	6	31	60
Mezzo Mobile - Front (*)	**18**	**0**	**39**	**4**	**29**	**4**	**32**	
Borgaro T. - Caduti	20	0	45	8	33	8	38	90
Torino - Rubino	22	0	48	8	35	8	38	97
Torino - Lingotto	21	0	44	9	33	9	39	92
Collegno - Francia	23	0	48	11	36	11	40	102
Torino - Consolata	22	0	52	13	37	13	43	108
Settimo T. - Vivaldi	21	0	55	12	38	12	44	99
Carmagnola - I Maggio	27	0	59	19	43	19	45	122
Torino - Grassi	28	0	62	15	45	15	47	112

* = media annuale stimata

***Tabella 16**: $PM_{2.5}$ - confronto, concentrazioni medie del periodo e anno 2017*

Stazione	I° campagna	II° campagna	Media I° e II° Campagna	Media Anno 2017
	media periodo [µg/m^3]	media periodo [µg/m^3]	media periodo [µg/m^3]	media anno 2017 [µg/m^3]
Mezzo Mobile - Front (*)	**11**	**33**	**22**	**24**
Ivrea - Liberazione	12	31	22	24
Torino - Lingotto	13	34	24	27
Borgaro T. - Caduti	14	35	25	27
Chieri - Bersezio	14	39	27	27
Settimo T. - Vivaldi	13	44	29	30

* = media annuale stimata

***Figura 24**: Particolato sospeso PM_{10} - confronto con il limite giornaliero per la protezione della salute e con i dati di alcune stazioni della rete fissa*

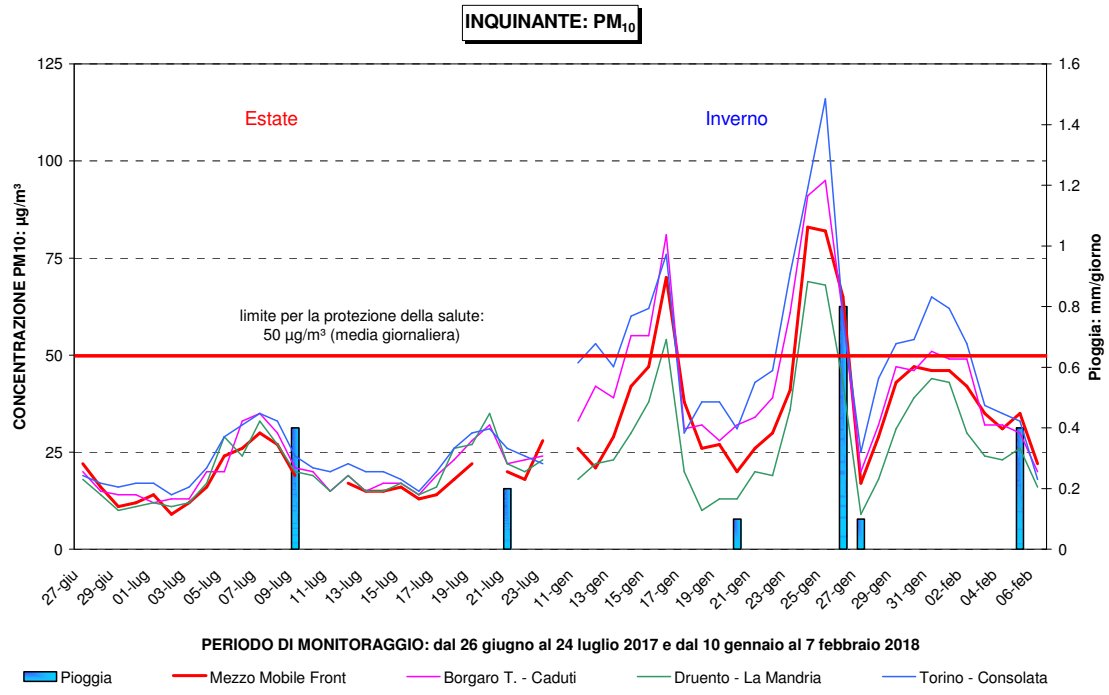


***Figura 25**: Particolato sospeso $PM_{2.5}$ - confronto con i dati di alcune stazioni della rete fissa*

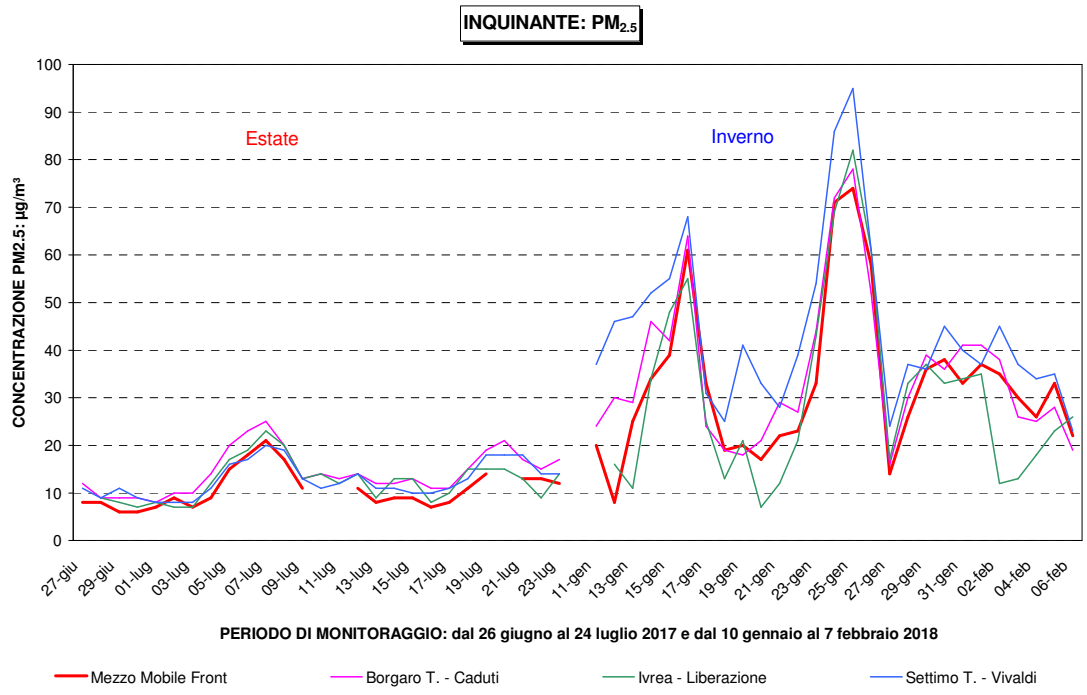


***Figura 26**: Particolato sospeso PM_{10} e $PM_{2.5}$: confronto*

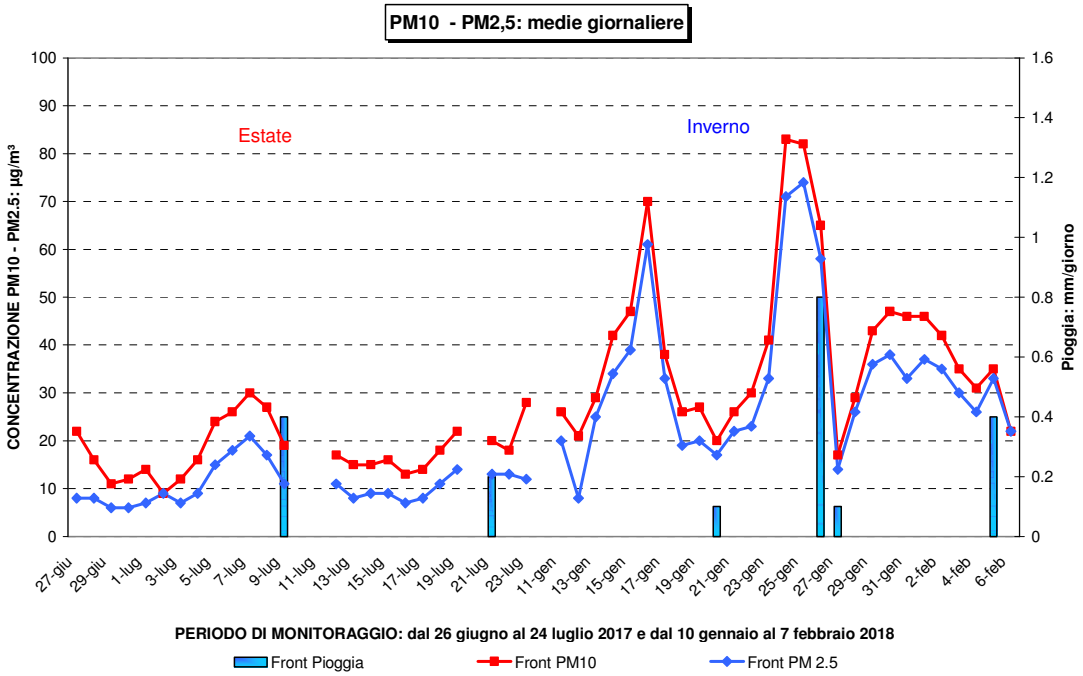


***Figura 27**: Particolato sospeso PM_{10} confronto medie anno 2017 e medie del periodo nella provincia di Torino*

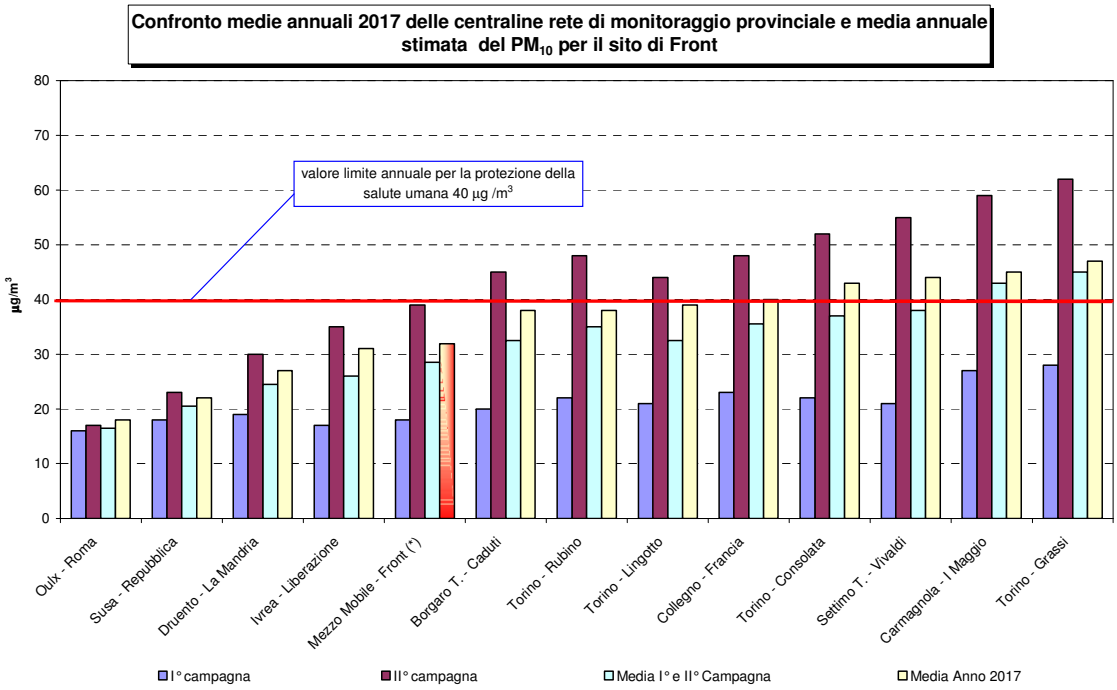


***Figura 28**: Particolato sospeso PM_{10} confronto percentuali di superamenti del limite giornaliero di 50 µg/m^3 del periodo nella provincia di Torino*

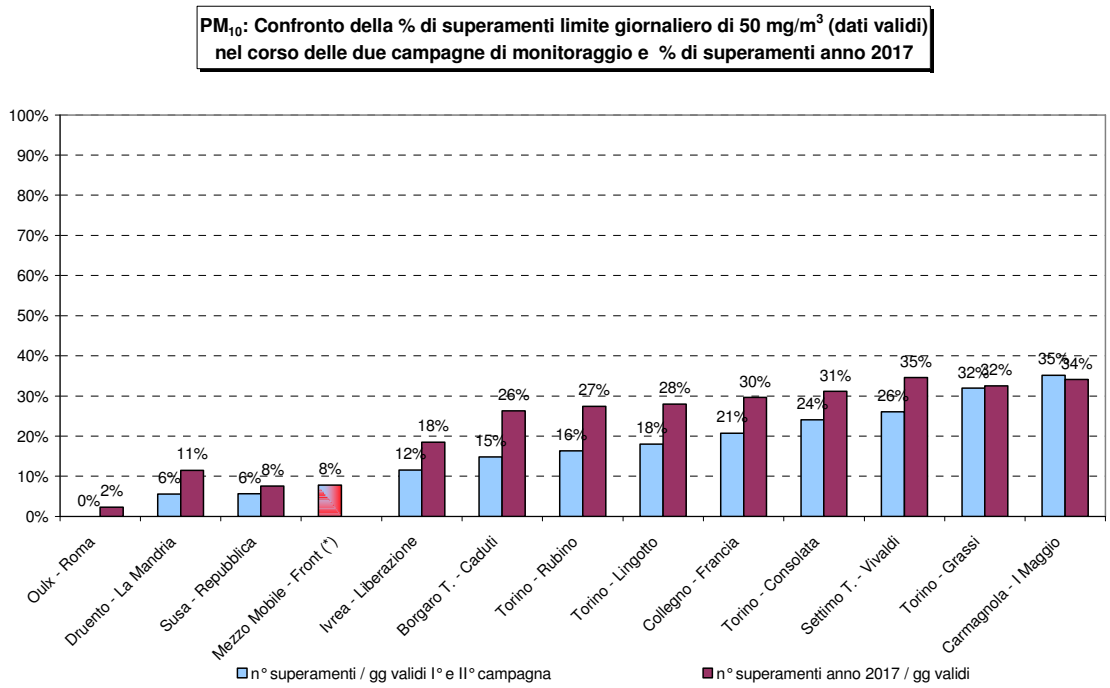


***Figura 29**: confronto del numero di superamenti limite giornaliero del periodo nella provincia di Torino e nell'anno 2017*

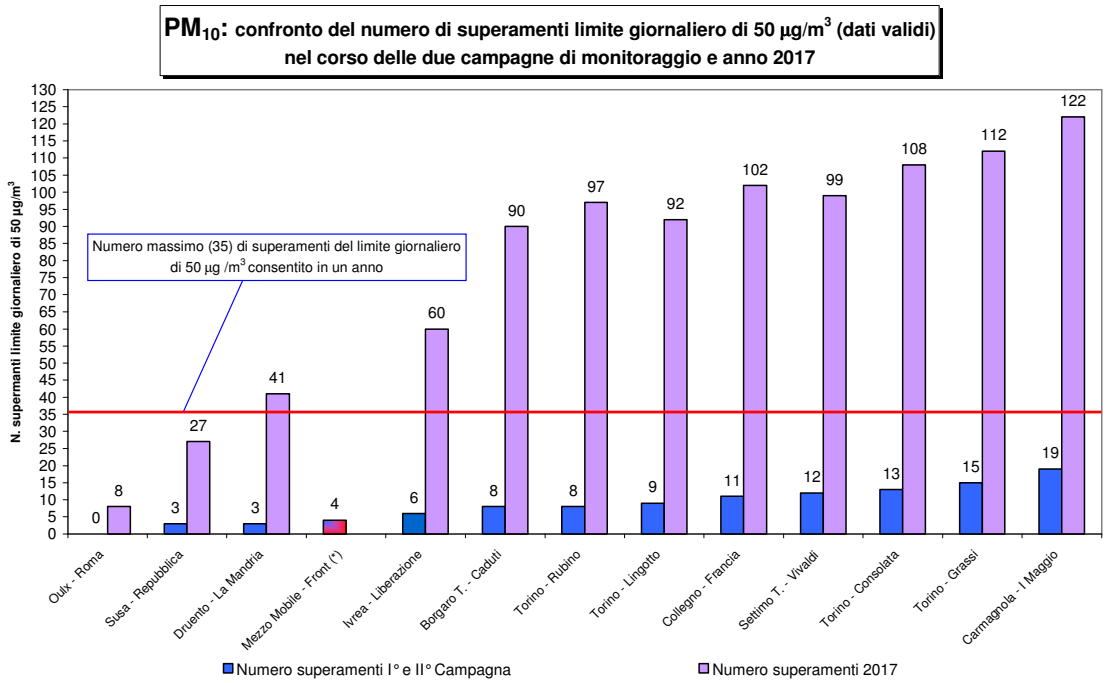
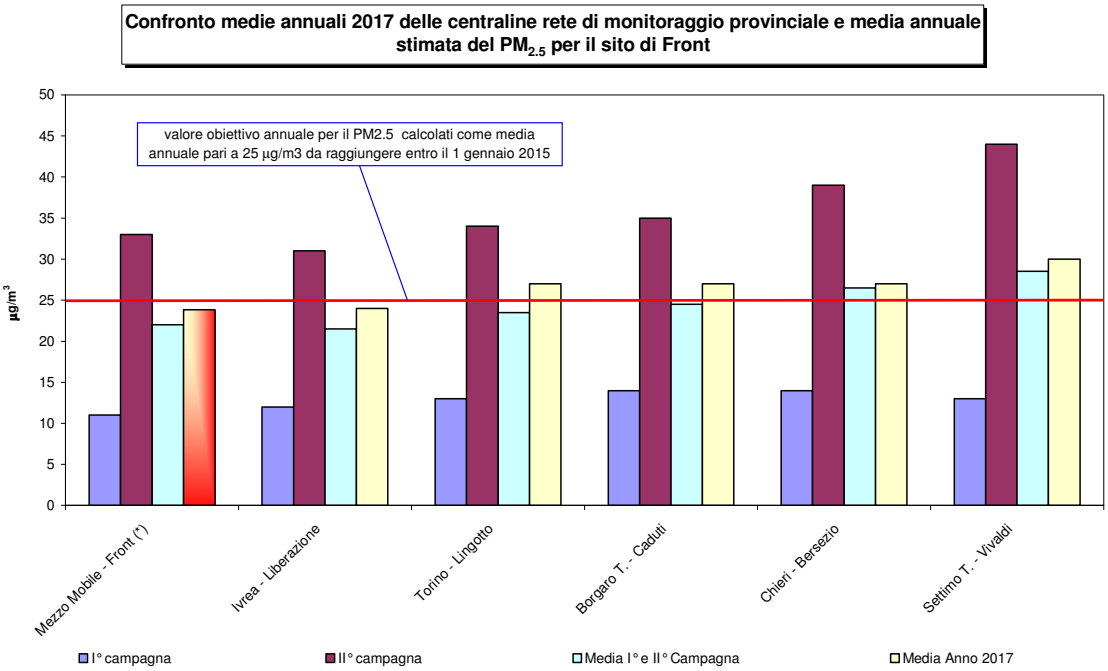


***Figura 30**: Particolato sospeso $PM_{2.5}$ confronto medie anno 2017 e medie del periodo nella provincia di Torino*



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:

$$2NO + O_2 \rightarrow 2\ NO_2$$
$$NO_2 + h\nu \rightarrow NO + O\cdot$$
$$O\cdot + O_2 \rightarrow O_3$$
$$NO + O_3 \rightarrow NO_2 + O_2$$

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 77 µg/m^3, con una massima media oraria di 211 µg/m^3; si sono registrati 5 superamenti su base oraria del livello di informazione pari a 180 µg/m^3. Nella seconda campagna la media dei valori orari è stata di 24 µg/m^3, con una massima media oraria di 103 µg/m^3; non si sono registrati superamenti.
Questo parametro presenta quindi una certa criticità solo nel periodo estivo. Dal grafico di ***Figura 32*** si nota come, nella campagna estiva, i valori siano stati 14 volte superiori al livello di protezione della salute su medie di 8 ore (120 µg/m^3) per il quale la norma consente al massimo 25 giorni di superamento per anno civile come media di 3 anni. Nella ***Figura 37*** vengono rappresentati graficamente il numero di superamenti registrato durante il periodo della prima campagna e quelli registrati nelle cabine del territorio provinciale durante il 2017, mentre nella ***Figura 38*** viene data evidenza del numero dei superamenti delle stazioni provinciali degli ultimi 3 anni e della loro media. Da questi due grafici si evince che il numero di superamenti avvenuti nel sito di Front durante la campagna estiva è stato tra i più alti, risultando inferiore solo ad Orbassano e che tutte le cabine della Provincia sia nel 2017 che come media degli ultimi anni hanno superato il numero massimo di 25 consentito dalla norma. Si può presumere pertanto che tale obiettivo non sia rispettato nel Comune di Front. L'ozono infatti, data l'origine secondaria, è di fatto un inquinante ubiquitario: nei siti più periferici e remoti sono possibili fenomeni di trasporto e accumulo sia dell'ozono sia dei precursori emessi nelle aree antropizzate.

Nella ***Figura 31*** e nella ***Figura 33*** in cui le concentrazioni orarie ed il giorno medio dell'ozono vengono confrontate con le stazioni fisse di Druento e Borgaro T.se si osserva che gli andamenti registrati nel comune di Front sono simili a quelli di Druento (stazione di fondo rurale) e leggermente più alti di quelli di Borgaro (stazione di fondo suburbano).

I grafici riportati in ***Figura 34*** e ***Figura 35*** 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 µg/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 sovraregionale miranti alla complessiva riduzione dei precursori.

Tabella 17*: Dati relativi all'ozono (O_3) (µg/ m^3)*

	Estate	Inverno
Minima media giornaliera	52	9
Massima media giornaliera	104	44
Media delle medie giornaliere	77	24
Giorni validi	24	27
Percentuale giorni validi	89%	100%
Media dei valori orari	77	24
Massima media oraria	211	103
Ore valide	598	646
Percentuale ore valide	92%	100%
Minimo medie 8 ore	14	7
Media delle medie 8 ore	77	24
Massimo medie 8 ore	180	77
Percentuale medie 8 ore valide	91%	100%
Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (120)	**78**	**0**
Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 120)	**14**	**0**
Numero di superamenti livello informazione (180)	**5**	**0**
Numero di giorni con almeno un superamento livello informazione (180)	**3**	**0**
Numero di valori orari superiori al livello allarme (240)	**0**	**0**
Numero di superamenti livello allarme (240 per almeno 3 ore consecutive)	**0**	**0**
Numero di giorni con almeno un valore superiore al livello allarme (240)	**0**	**0**

***Figura 31**: O_3 - confronto con i limiti di legge*

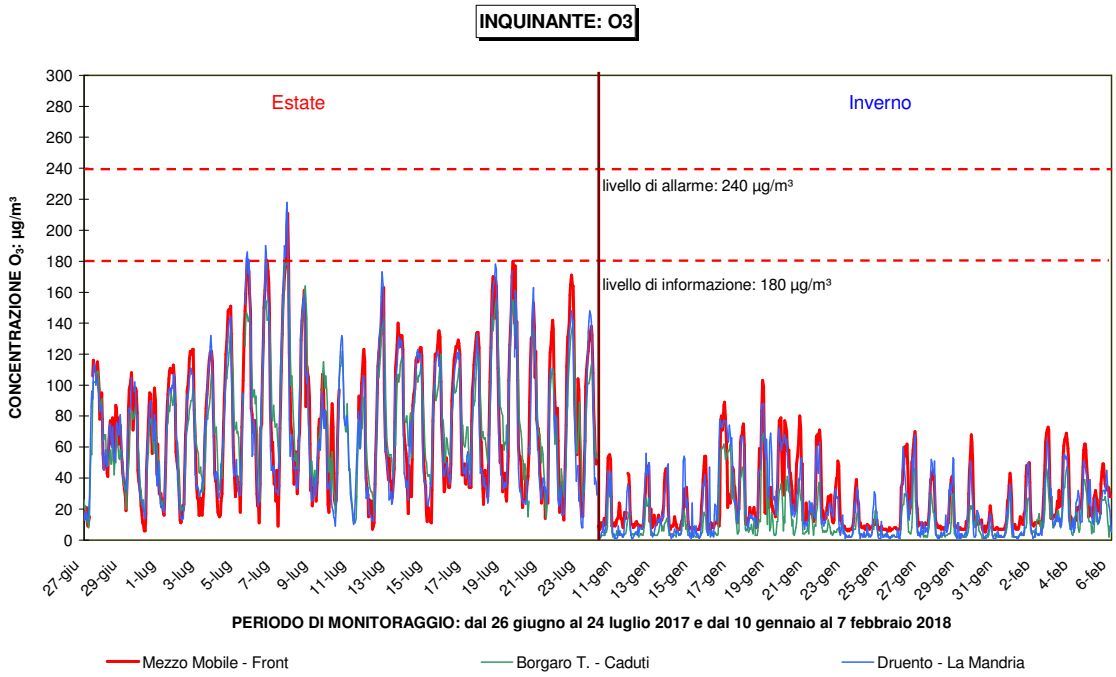


***Figura 32**: O_3 - superamenti protezione della salute umana*

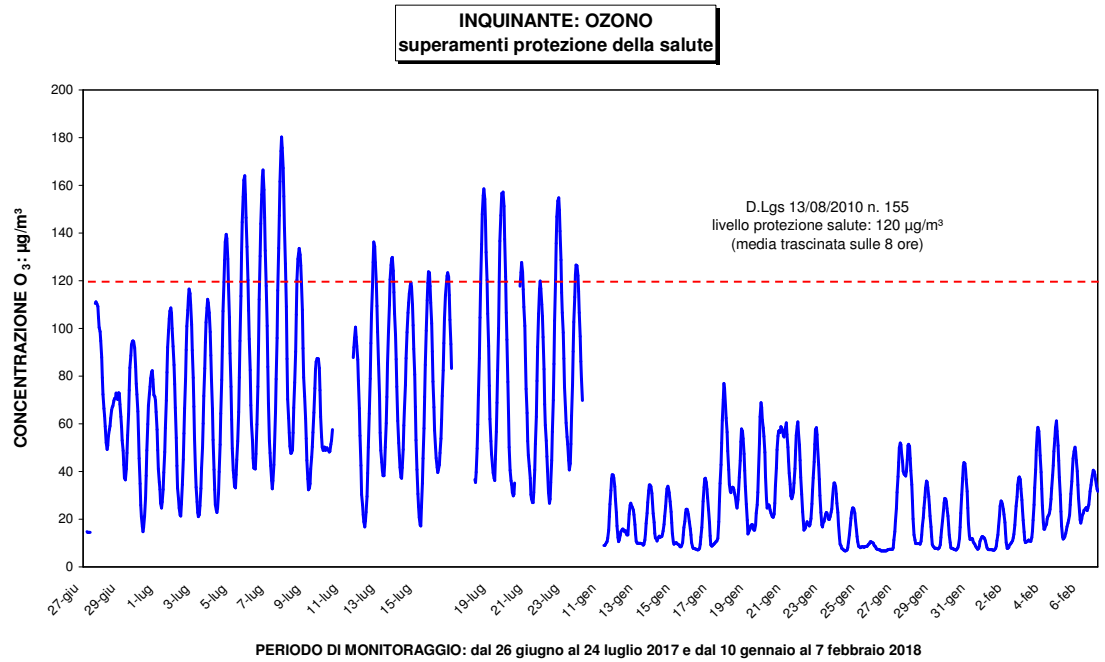


***Figura 33**: Ozono giorno medio*

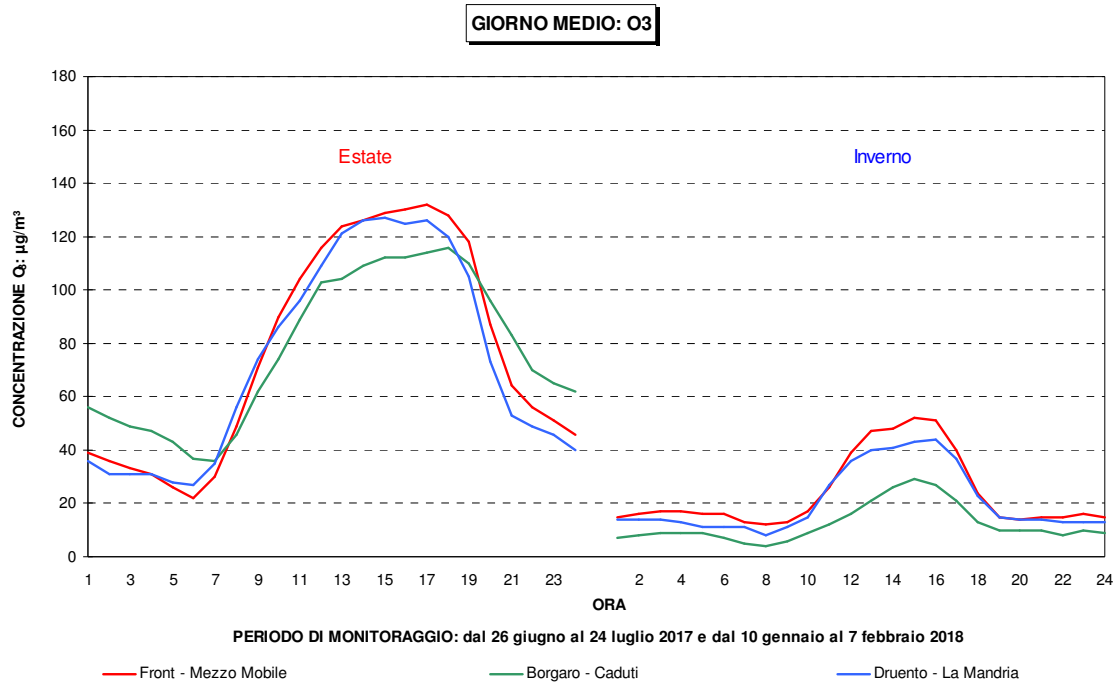


***Figura 34**: O_3 - andamento della concentrazione oraria e confronto con radiazione solare globale*

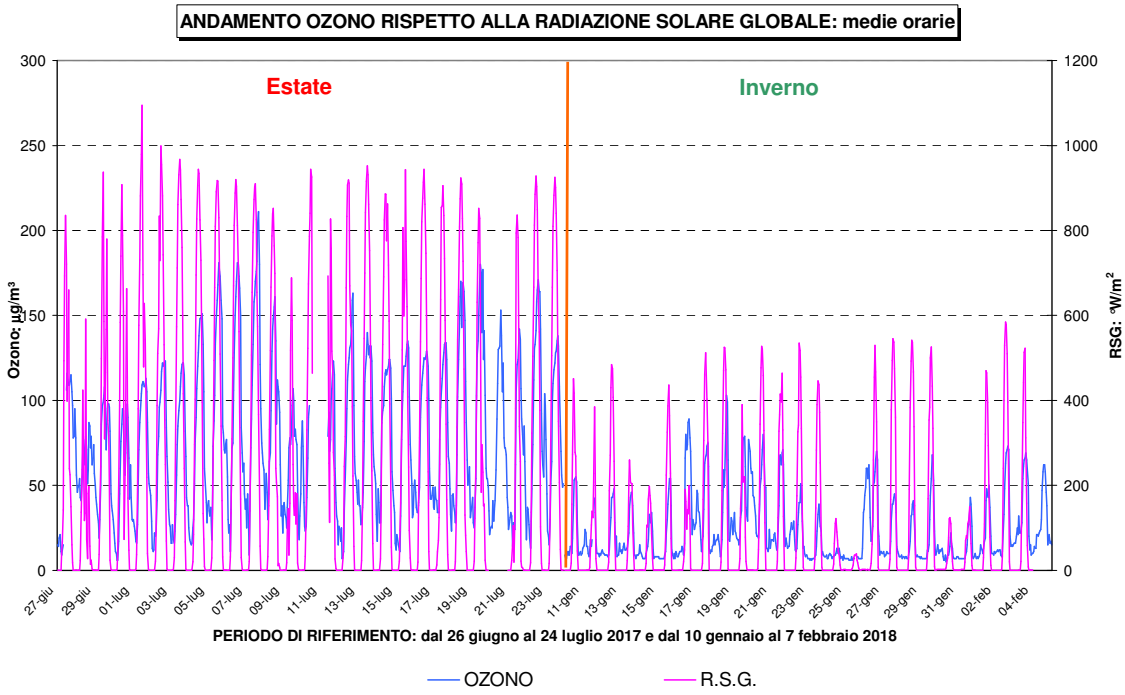


Figura 35: *O_3 - andamento della concentrazione oraria e confronto con temperatura*

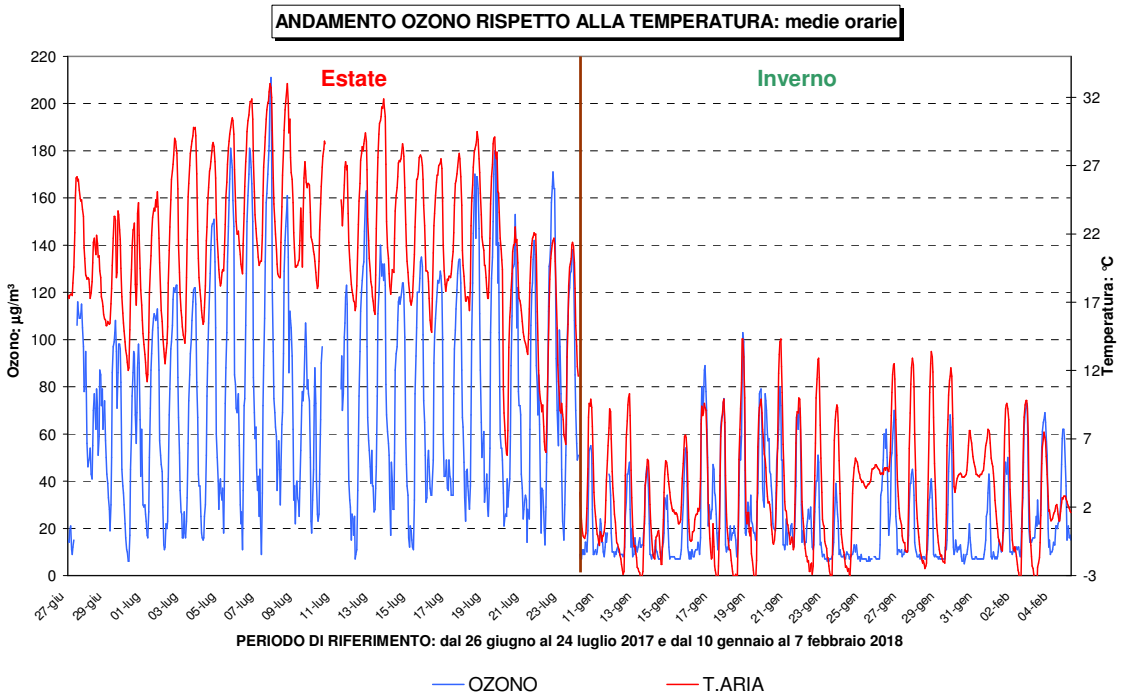


Figura 36: *O_3 - confronto medie del periodo nelle stazioni della rete provinciale – 1ª campagna*

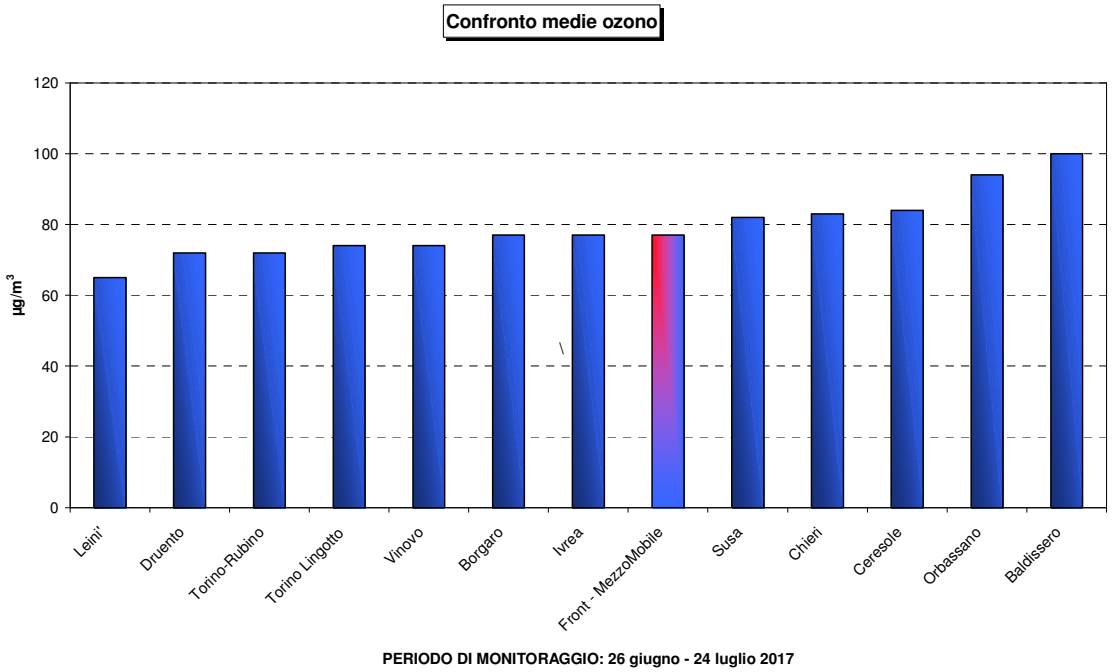


***Figura 37**: confronto superamenti livelli protezione della salute umana – periodo 1[a] campagna e 2017*

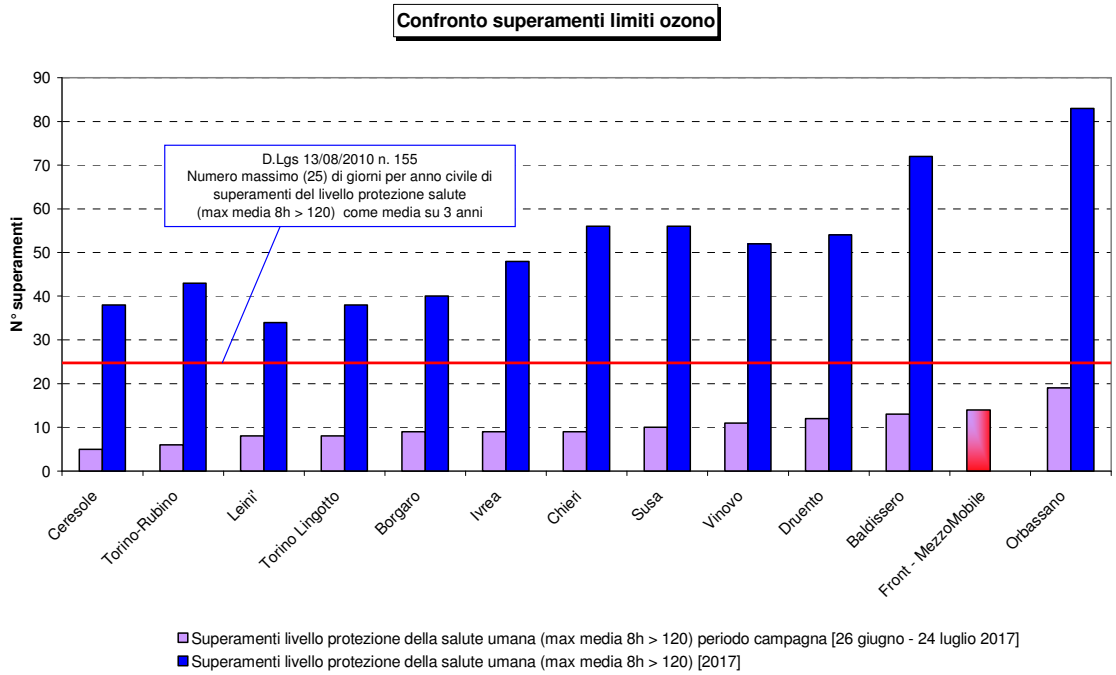
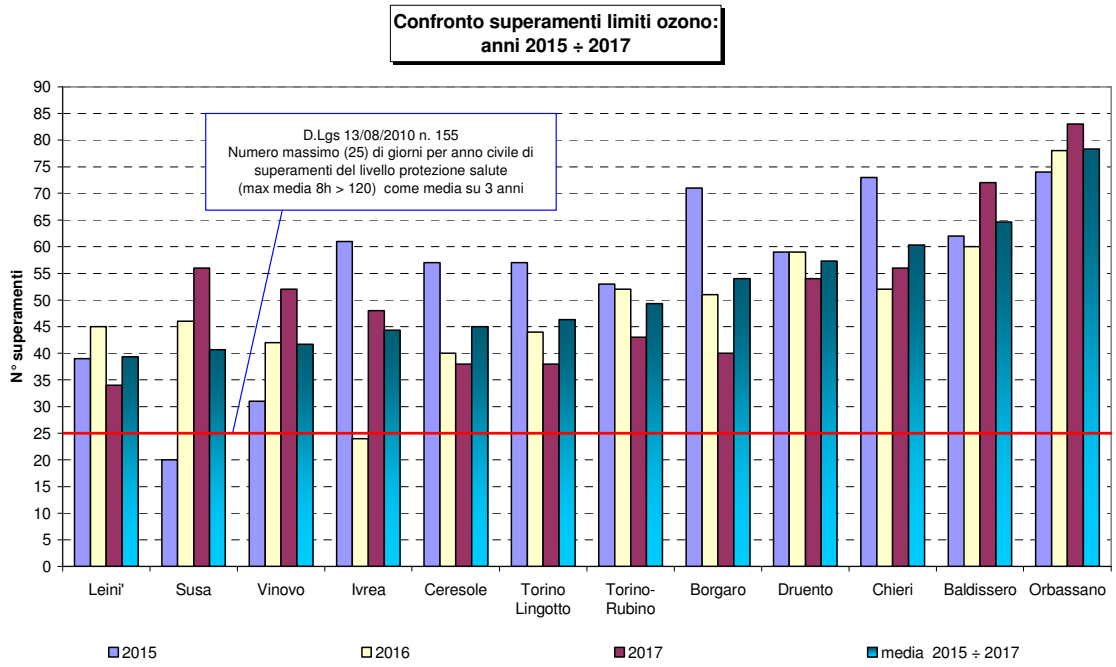


***Figura 38**: confronto superamenti livelli protezione della salute umana rete provinciale anni 2015 ÷ 2017*



Conclusioni

La seconda campagna di monitoraggio, svoltasi tra gennaio e febbraio 2018, 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 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, in particolare, non si sono verificati superamenti del valore limite orario .

Per quanto riguarda i limiti su base annuale previsti dalla normativa per NO_2 e PM_{10}, visto che la durata del monitoraggio con il laboratorio mobile nel comune di Front 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 (Nota di pagina 31). Da tale procedimento, la media annuale di NO_2 stimata per Front è pari a 20 $\mu g/m^3$, valore che rispetta ampiamente il limite (40 $\mu g/m^3$); come media risulta tra le più basse della Provincia di Torino. 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 Front.

Lo stesso procedimento di stima del valore annuale è stato utilizzato per il parametro PM_{10} a partire dai dati dalle due campagne, ottenendo una media annuale stimata di 32 $\mu g/m^3$ e quindi inferiore al valore limite (40 $\mu g/m^3$).
Durante il monitoraggio estivo eseguito nel comune di Front non si sono avuti per il particolato PM_{10} superamenti del valore limite giornaliero di 50 $\mu g/m^3$, mentre nel periodo invernale si sono verificati 4 superamenti di tale limite. Considerando il totale dei giorni validi delle due campagne, pari a 51, la percentuale dei giorni di superamento è stata dell'8%. Pertanto, in termini percentuali, come mostrato nella ***Figura 28*****,** il numero di superamenti nel sito di Front è superiore a quello di Susa e inferiore ad Ivrea, risultando pertanto tra i più bassi 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 le stazione più simili come numero di superamenti del livello giornaliero durante il periodo delle campagne risultano Susa e Druento con 3 superamenti e Ivrea con 6 rispetto ai 4 registrati a Front (***Figura 29***); nella stazione di Susa nel 2017 il totale di superamenti è stato inferiore al limite di 35 stabilito dalla legge, mentre sia a Druento che ad Ivrea il totale è stato superiore. È dunque presumibile che se si fosse effettuato un monitoraggio esteso all'intero anno anche nel sito di Front ci sarebbe stato il superamento del limite preso in esame. Ciò è confermato anche dalla relazione statistica tra media annuale di PM_{10} e numero di superamenti del valore limite giornaliero (vedi pagg. 43 e 44 - nota [1]).
Per quanto riguarda il $PM_{2.5}$ la stima del valore medio annuale (vedi nota di pagina 45), pari a 24 $\mu g/m^3$ è nominalmente inferiore ma molto prossimo al valore limite di 25 $\mu g/m^3$ previsto dal D.Lgs

155/2010; anche in questo caso il comune di Front si situa nell'intorno dei valori più bassi rilevabili a livello provinciale (vedi ***Figura 30***). E' presumibile che, come accade in altri siti con caratteristiche simili, il valore limite possa essere superato negli anni in cui le condizioni meteorologiche sono sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti (ad esempio quelli poco piovosi) e venga rispettato negli altri.

La stima dei valori annuali di benzene non ha evidenziato superamenti dei limiti previsti per questi parametri.

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 giugno-luglio 2017 si sono verificati 5 superamenti su base oraria del livello di informazione (180 µg/m^3) e 14 superamenti del livello di protezione della salute (120 µg/m^3 calcolato come massimo giornaliero della media trascinata sulle 8 ore); nel corso della campagna invernale non si sono registrati superamenti.
Per quanto riguarda il livello di protezione della salute su medie di 8 ore (120 µg/m^3) la norma consente al massimo 25 giorni di superamento per anno civile come media di 3 anni. Come mostrato nella ***Figura 37*** e nella ***Figura 38*** il numero di superamenti avvenuti nel sito di Front durante la campagna estiva è stato tra i più alti, inferiore solo ad Orbassano; tutte le cabine della Provincia sia nel 2017 che come media degli ultimi anni hanno superato il numero massimo di 25 consentito dalla norma. Si può presumere pertanto che tale obiettivo non sia rispettato nel Comune di Front. L'ozono infatti, data l'origine secondaria, è di fatto un inquinante ubiquitario: nei siti più periferici e remoti sono possibili fenomeni di trasporto e accumulo sia dell'ozono sia dei precursori emessi nelle aree antropizzate.

Nel loro insieme i dati registrati mostrano, per i periodi monitorati, una situazione in cui nessuna delle criticità rilevate è specifica del sito in esame.

APPENDICE - SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI

- **Biossido di zolfo** **API 100 E**

Analizzatore a fluorescenza classificato da EPA (U.S. Environmental Protection Agency) per la misura della concentrazione di SO_2 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 O_3 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**

Gascromatografo con doppia colonna, rivelatore PID (fotoionizzazione)

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