

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI TORINO
Struttura Semplice "Attività di Produzione"

OGGETTO:

CAMPAGNA DI RILEVAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA CON UTILIZZO DEL LABORATORIO MOBILE
NEL COMUNE DI FAVRIA

RELAZIONE CAMPAGNA dal 04/11/2016 al 29/11/2016



CODICE DOCUMENTO: F06_2017_01008_001

Redazione	Funzione: Collaboratore Tecnico Prof.le Nome: Dr.ssa Laura Milizia	Data: 03/05/17	Firma: <i>Laura Milizia</i>
Verifica e approvazione	Funzione: Dirigente con incarico professionale presso la S.S. di Produzione Nome: Dott. Francesco Lollobrigida	Data: 03/05/17	Firma: <i>Francesco Lollobrigida</i>



L'organizzazione della campagna di monitoraggio e la validazione dei dati sono state curate dai tecnici del Nucleo Operativo "Supporto tematismo Qualità dell'Aria" del Dipartimento Territoriale Piemonte Nord Ovest di Arpa Piemonte: dr.ssa Annalisa Bruno, sig.ra Maria Leogrande, dr.ssa Marilena Maringo, sig. Francesco Romeo, ing. Milena Sacco, sig. Vitale Sciortino, sig. Roberto Sergi, dr.ssa Claudia Strumia, dr.ssa Elisa Calderaro, coordinati dal Dirigente con incarico professionale Dott. Francesco Lollobrigida.

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

CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO	10
L'ARIA E I SUOI INQUINANTI.....	11
Il Laboratorio Mobile.....	13
Il quadro normativo.....	13
LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO	13
Obiettivi della campagna di monitoraggio.....	14
Elaborazione dei dati meteorologici.....	16
Elaborazione dei dati relativi agli inquinanti atmosferici	21
Biossido di zolfo	23
Monossido di Carbonio	25
Ossidi di Azoto	27
Benzene e Toluene	33
Particolato Sospeso (PM10 e PM2.5).....	37
Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)	48
Metalli	52
Ozono	56
CONCLUSIONI.....	62
APPENDICE - SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI	63



CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO

L'ARIA E I SUOI INQUINANTI

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

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

Le principali sorgenti di inquinanti sono:

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

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

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

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

Per una descrizione completa dei singoli inquinanti, dei danni causati e dei metodi di misura si rimanda alla pubblicazione "Uno sguardo all'aria - Relazione annuale 2014", elaborata congiuntamente dalla Provincia di Torino e da Arpa Piemonte, e disponibile presso il sito <http://www.provincia.torino.gov.it/ambiente/inquinamento/eventi/sguardo>.

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

Altre informazioni ed approfondimenti possono essere reperiti su <http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/temi-ambientali/aria/aria>.

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

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

 = fonti primarie

 = fonti secondarie

IL LABORATORIO MOBILE

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

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

Il laboratorio mobile della Provincia di Torino è dotato di una stazione meteorologica e di analizzatori per la misura in continuo di inquinanti chimici quali biossido di zolfo, ossidi di azoto, monossido di carbonio, ozono, benzene, toluene e di un campionatore di particolato atmosferico PM₁₀, la cui concentrazione è determinata in laboratorio per via gravimetrica.

IL QUADRO NORMATIVO

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

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

- **valore limite annuale** per gli inquinanti biossido di zolfo (SO₂), ossidi di azoto (NO_x), materiale particolato PM₁₀, piombo (Pb) e benzene per la protezione della salute umana e degli ecosistemi, finalizzati alla prevenzione dell'inquinamento su lungo periodo;
- **valori limite giornalieri o orari** per biossido di zolfo, ossidi di azoto, PM₁₀, e monossido di carbonio (CO), volti al contenimento di episodi acuti d'inquinamento;
- **soglie di allarme** per il biossido di zolfo, il biossido di azoto e l'ozono, superate le quali può insorgere rischio per la salute umana, per cui le autorità competenti sono tenute ad adottare immediatamente misure atte a ridurre le concentrazioni degli inquinanti al di sotto della soglia d'allarme o comunque assumere tutti i provvedimenti del caso che devono comprendere sempre l'informazione ai cittadini.

Per quanto riguarda il parametro ozono 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. 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 µg/m³ da raggiungere entro il 1 gennaio 2015;
- un **valore obiettivo, espresso come media annuale**, pari 25 µg/m³ da raggiungere entro il 1 gennaio 2010.

La nuova normativa prevede inoltre per il 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 (all' art. 2 del D.M. 13.3.2013). 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 2014".

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

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

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

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

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

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

Tabella 3 – Valori limite per alcuni inquinanti atmosferici

INQUINANTE	LIMITE	PERIODO DI MEDIAZIONE	VALORE DI RIFERIMENTO	SUPERAMENTI CONCESSI	DATA PER IL RISPETTO DEL LIMITE
BIOSSIDO DI ZOLFO (SO ₂)	Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	350 µg/m ³	24 volte/anno civile	1-gen-2005
	Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	24 ore	125 µg/m ³	3 volte/anno civile	1-gen-2005
	Valore limite per la protezione degli ecosistemi	anno civile	20 µg/m ³	--	19-lug-2001
		inverno (1 ott ÷ 31 mar)			
Soglia di allarme	3 ore consecutive	500 µg/m ³	--	--	
BIOSSIDO DI AZOTO (NO ₂) e OSSIDI DI AZOTO (NO _x)	Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	200 µg/m ³ (NO ₂)	18 volte/anno civile	1-gen-2010
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 µg/m ³ (NO ₂)	--	1-gen-2010
	Soglia di allarme	3 ore consecutive	400 µg/m ³ (NO ₂)	--	--
	Valore limite annuale per la protezione della vegetazione	anno civile	30 µg/m ³ (NO _x)	--	19-lug-2001
MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)	Valore limite per la protezione della salute umana	media massima giornaliera su 8 ore	10 mg/m ³	---	1-gen-2005
PIOMBO (Pb)	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	0.5 µg/m ³	---	1-gen-2005
PARTICELLE (PM ₁₀)	Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	24 ore	50 µg/m ³	35 volte/anno civile	1-gen-2005
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 µg/m ³	---	1-gen-2005
BENZENE	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	5 µg/m ³	---	1-gen-2010

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

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

Favria, finalizzata al controllo della qualità dell'aria, è stata effettuata a seguito della richiesta del Comune di Favria prot. Arpa n° 81545 del 08/10/2015 e n. 83045 del 13/10/2015, protocollo del Comune prot. n° 8996 del 07/10/2015 e n. 9412 del 19/10/2015.

Il sito di posizionamento del mezzo mobile per l'esecuzione della campagna di monitoraggio è stato individuato presso l'impianto sportivo di via Busano, nel Comune di Favria, a seguito del sopralluogo effettuato congiuntamente tra i tecnici Arpa ed i tecnici del Comune di Favria.

La prima campagna di monitoraggio è stata effettuata dal 04/11/2016 al 29/11/2016, mentre la seconda campagna si è svolta dal 25/07/2017 al 20/08/2017.

Si noti 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.

Va sottolineato che i dati acquisiti nel corso della campagna condotta con i 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 DLgs 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.

Si ricorda inoltre che la stazione mobile non fornisce la misura delle concentrazioni di sostanze odorigene in quanto le stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria sia mobili che fisse sono attrezzate per rilevare, tra le molte sostanze presenti in atmosfera, gli inquinanti previsti dalla normativa (PM₁₀, PM_{2.5}, ozono, ossidi di azoto e di zolfo ecc.), i quali sono caratterizzati da una significativa e accertata tossicità e da un'ampia diffusione territoriale nelle zone antropizzate, ma non da soglie olfattive particolarmente basse. Le campagne effettuate con la stazione mobile permettono quindi di verificare se le molestie olfattive sono accompagnate da condizioni di specifica criticità per gli inquinanti normati, ma non di quantificare le concentrazioni delle sostanze odorigene presenti.

Figura 1 - Ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Favria.



ELABORAZIONE DEI DATI METEOROLOGICI

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

I parametri meteoroclimatici 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

I primi giorni del mese di novembre 2016 sono stati caratterizzati da condizioni prevalentemente anticicloniche, sul territorio piemontese, per l'effetto di un'area di alta pressione localizzata sull'Europa occidentale. Successivamente il campo barico sui settori occidentali europei ha avuto un calo determinando un flusso umido da sudovest sul territorio piemontese. Il giorno 8 novembre la media delle minime in pianura è scesa al di sotto degli 0°C per la prima volta dall'inizio dell'autunno e si è mantenuta sottozero fino al giorno 10. Comunque non sono stati registrati valori da primato ed il picco mensile del freddo è stato raggiunto alla fine del mese, quando aria fredda da est nei bassi strati è stata convogliata da una circolazione depressionaria in discesa dall'Europa orientale verso il Mar Ionio.

Il 30 novembre è risultato il giorno più freddo del mese mentre le prime precipitazioni di una certa intensità si sono verificate il giorno 21 novembre.

Agosto è risultato il mese più caldo dell'estate 2017 ed anche quello con la maggiore anomalia pluviometrica negativa (-31%). L'ondata di calore più forte dell'estate: 2-6 agosto 2017. Il maggiore contributo all'anomalia termica positiva è stato dato dall'ondata di calore dei giorni 2-5 agosto, fino alla prima parte del 6. In tali giorni un vasto e robusto promontorio anticiclonico di matrice africana ha interessato il bacino del Mediterraneo ed il territorio piemontese, opponendosi all'avanzata verso est delle depressioni nordatlantiche. Nel periodo esaminato, 37 stazioni termometriche della rete ARPA Piemonte (pari al 13% del totale) hanno stabilito il record di temperatura massima per la stagione estiva. I giorni 4 e 5 agosto 2017 hanno avuto una temperatura media in pianura di 28.7°C, inferiore solo ai 29°C dell'11 agosto 2003 tra i dati del nuovo millennio. Nel corso della giornata del 6 agosto si è registrato un primo calo termico, determinato dal passaggio di una debole saccatura, che non ha determinato fenomeni precipitativi di rilievo; la diminuzione delle temperature è proseguita anche nel giorno successivo, grazie ad una ventilazione da est, nordest nei bassi strati. Un peggioramento più incisivo si è verificato tra i giorni 8 ed 11 agosto, quando una circolazione depressionaria si è portata dal Canale della Manica verso la Francia e, successivamente, ha creato un minimo barico secondario sul nordovest italiano. L'afflusso di aria fredda instabile ha favorito la genesi di temporali localmente intensi e con fenomeni grandinigeni; nella fase prefrontale del giorno 8 agosto, con una circolazione da

sudovest in quota, i rovesci temporaleschi hanno interessato soprattutto il settore centro-settentrionale del Piemonte.

Nelle tabelle e figure che seguono si riportano i dati registrati, presso il sito di Favria, dalla strumentazione meteo presente sul laboratorio mobile.

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	
	Inverno	Estate	Inverno	Estate	Inverno	Estate	Inverno	Estate	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	2.5	55.6	1.6	16.2	50	45.3	970	968.7	0.33	0.64
Massima media giornaliera	120	268.9	11.8	28.6	100	80.8	992	983	3.05	1.32
Media delle medie giornaliere	55	216.6	6.6	23.1	83	63.6	980	977.7	0.87	0.84
Giorni validi	20	27	20	27	20	27	20	27	20	27
Percentuale giorni validi	95%	100%	95%	100%	95%	100%	95%	100%	95%	100%
Media dei valori orari	55	216.6	6.6	23.1	83	63.6	980	977.7	0.87	0.84
Massima media oraria	502	966	14.4	35	100.0	98	994	985	5.40	3.8
Ore valide	480	648	480	648	480	648	480	648	466	633
Percentuale ore valide	95%	100%	95%	100%	95%	100%	95%	100%	92%	98%

Figura 2 – Andamento della radiazione solare globale e del livello di pioggia nel corso delle campagne di monitoraggio

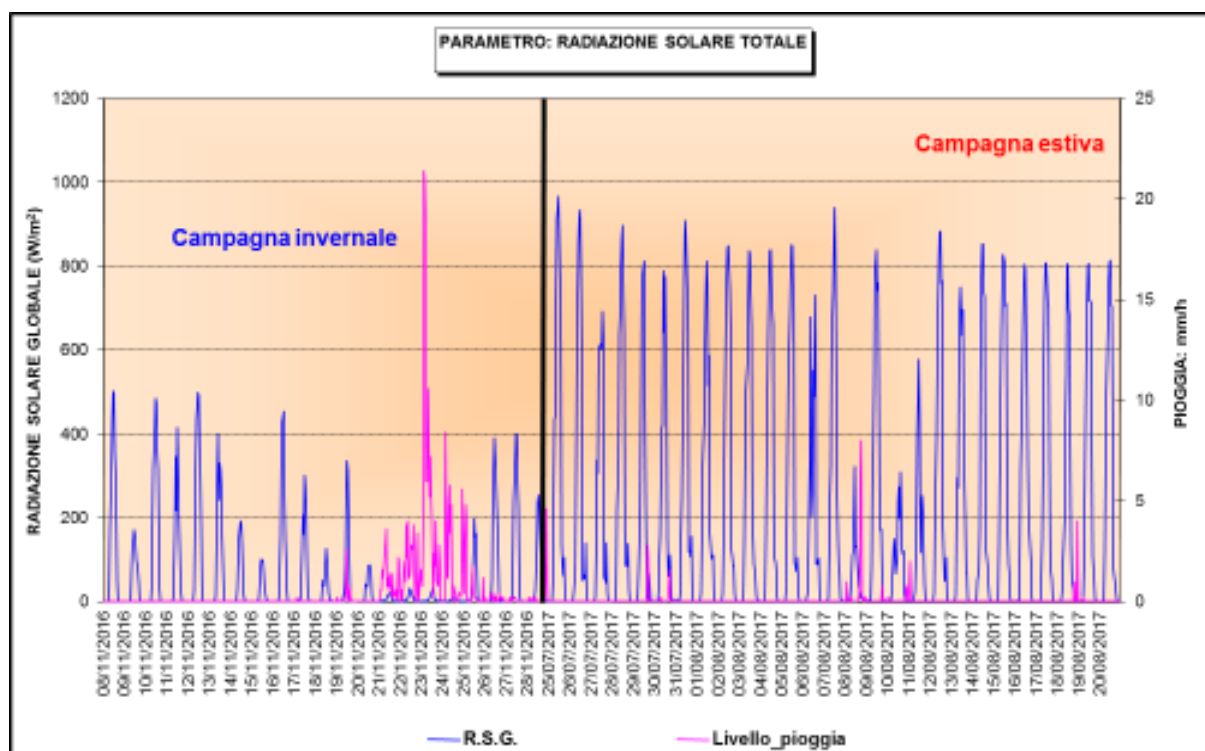


Figura 3 – Andamento della temperatura nel corso delle campagne di monitoraggio

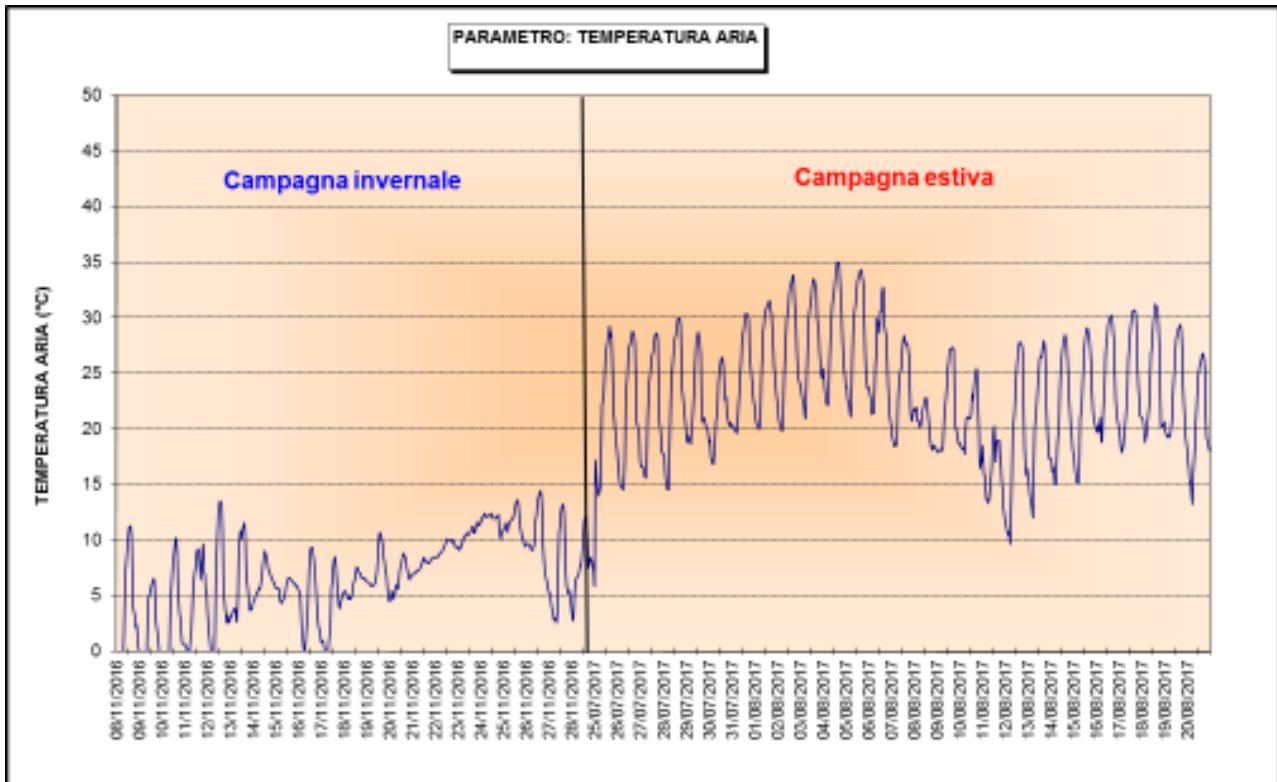


Figura 4– Andamento dell'umidità relativa nel corso delle campagne di monitoraggio

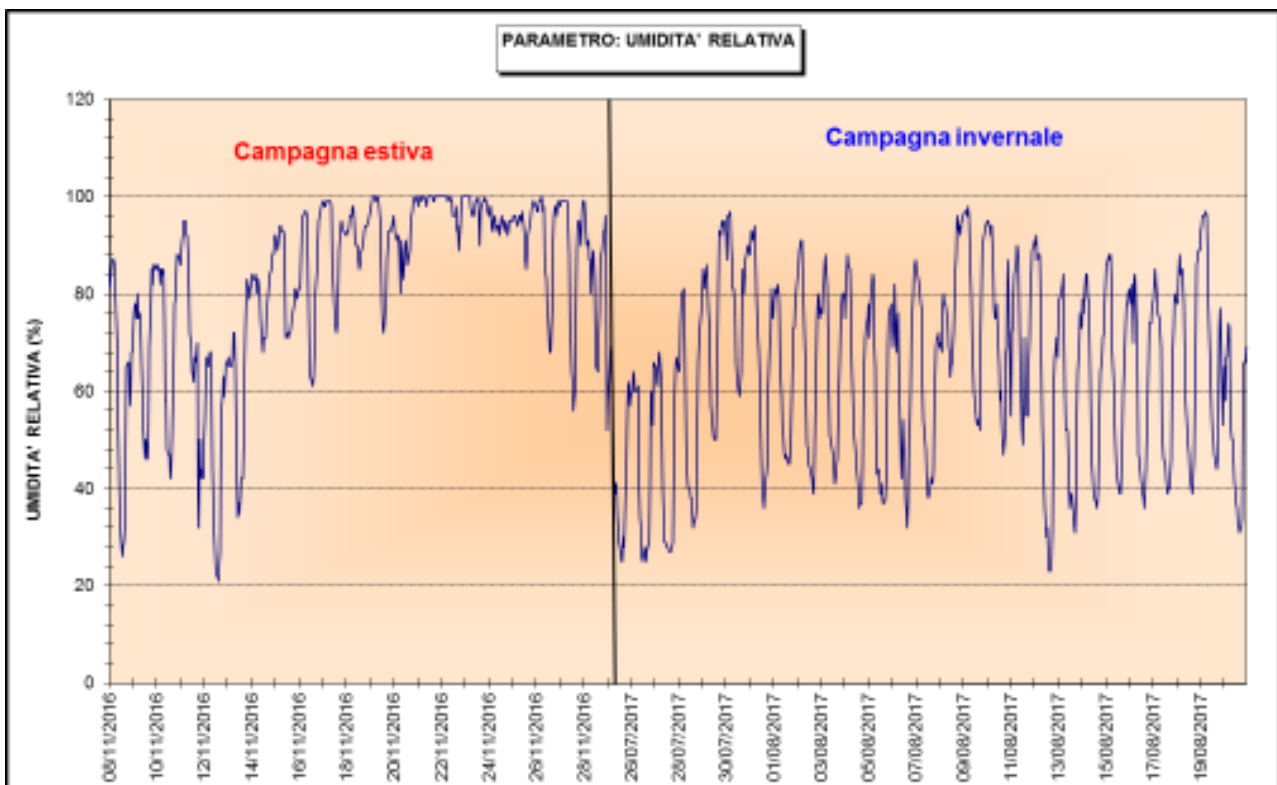


Figura 5 – Andamento della pressione atmosferica nel corso delle campagne di monitoraggio



Figura 6 – Andamento della velocità dei venti nel corso delle campagne di monitoraggio

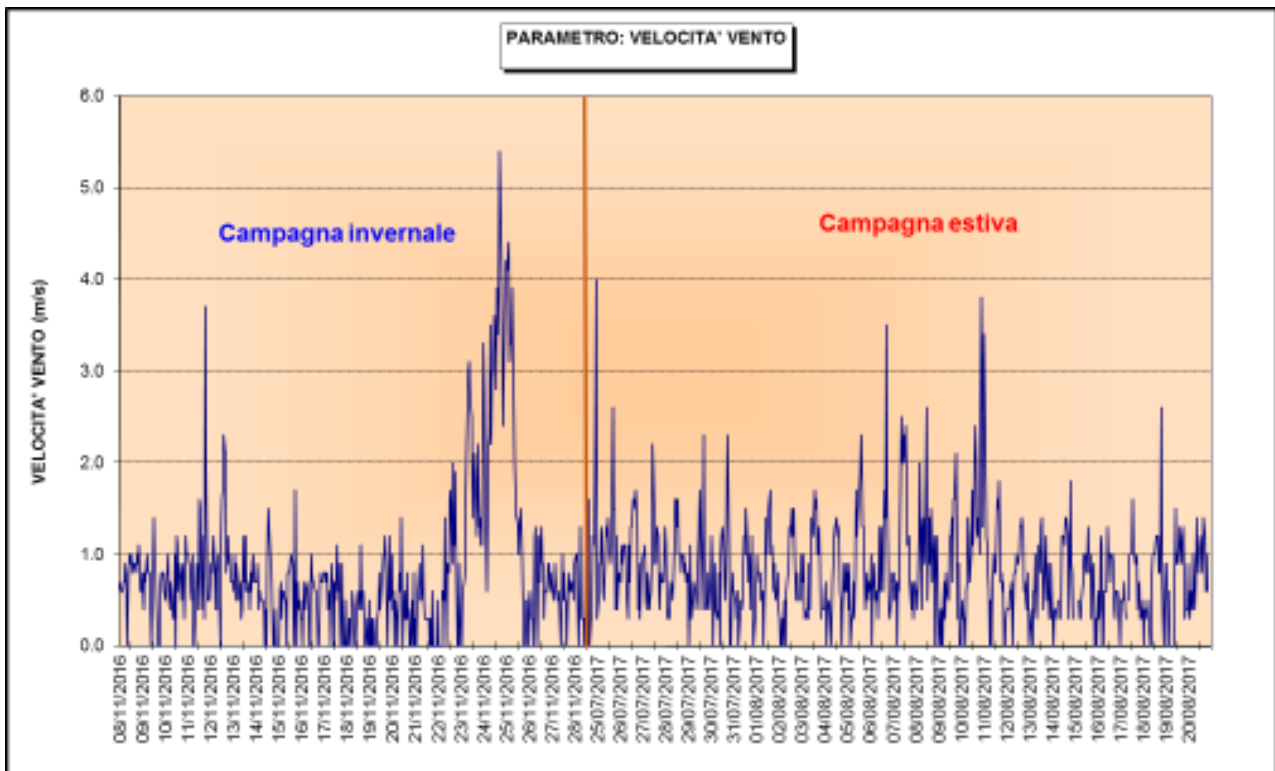


Figura 7 – Distribuzione dati di vento in funzione della direzione e della classe di velocità totale

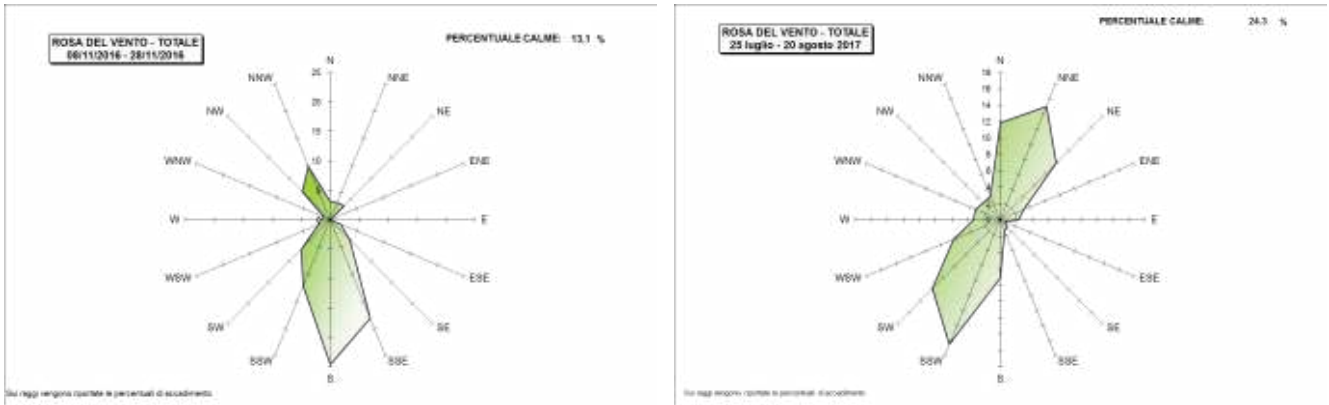


Figura 8 – Rosa dei venti diurna nel corso delle campagne di monitoraggio

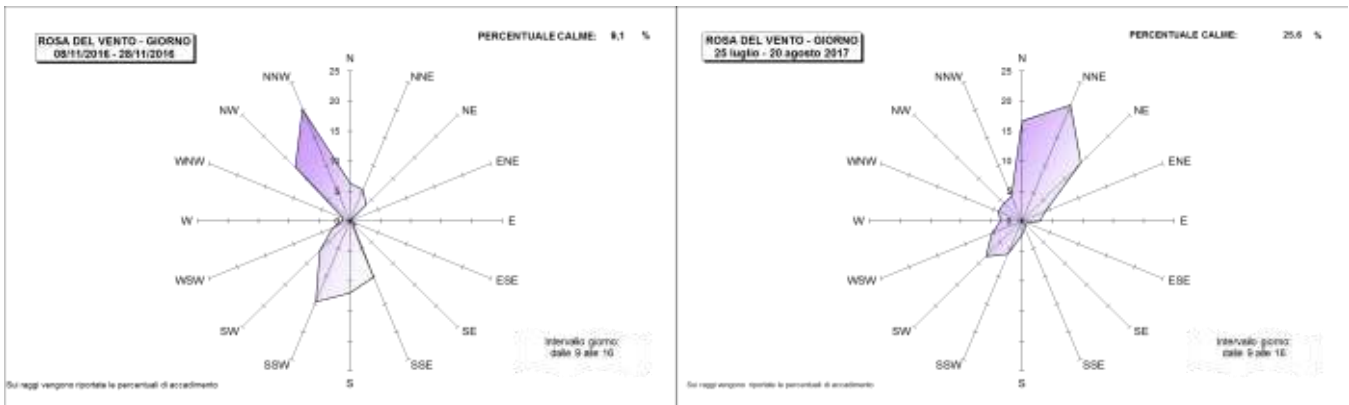
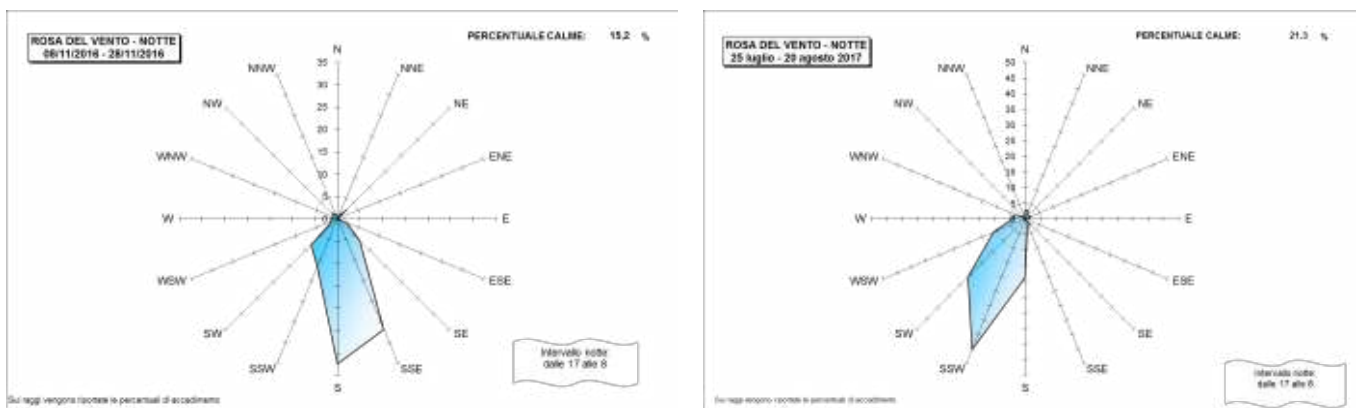


Figura 9 – Rosa dei venti notturna nel corso delle campagne di monitoraggio



ELABORAZIONE DEI DATI RELATIVI AGLI INQUINANTI ATMOSFERICI

Nelle pagine seguenti vengono riportate le elaborazioni statistiche dei dati e i superamenti dei limiti di legge relativi all'inquinamento dell'aria registrati dagli analizzatori nel periodo di campionamento.

Si riportano di seguito le formule chimiche degli inquinanti, utilizzate come abbreviazioni:

C ₆ H ₆	BENZENE
NO ₂	BIOSSIDO DI AZOTO
SO ₂	BIOSSIDO DI ZOLFO
NO	MONOSSIDO DI AZOTO
CO	MONOSSIDO DI CARBONIO
O ₃	OZONO
PM10	PARTICOLATO SOSPESO PM10
PM2.5	PARTICOLATO SOSPESO PM2.5
C ₆ H ₅ CH ₃	TOLUENE

Copia di tutti i dati acquisiti è conservata su supporto informatico presso il Dipartimento di Torino (Attività Istituzionali di Produzione) e in rete sul sito "Aria Web" della Regione Piemonte all'indirizzo: <http://extranet.regione.piemonte.it/ambiente/aria/servizi/ariaweb.htm>, a disposizione per elaborazioni successive e/o per eventuali richieste di trasmissione da parte degli Enti interessati.

Poiché, come già descritto in precedenza, i livelli di concentrazione degli inquinanti in atmosfera dipendono fortemente dalle condizioni meteorologiche verificatesi e dalle differenti sorgenti emmissive durante il periodo di misura, è importante confrontare i dati misurati con quelli rilevati nello stesso periodo dalle stazioni fisse della Rete di Rilevamento della Qualità dell'Aria (RRQA). Generalmente, un maggior irraggiamento solare produce un maggior riscaldamento della superficie terrestre e di conseguenza un aumento della temperatura dell'aria a contatto con essa. Questo instaura moti convettivi nel primo strato di atmosfera (PBL) che hanno il duplice effetto di rimescolare le sostanze in esso presenti e di innalzare lo strato stesso. Conseguenza di tutto questo è una diluizione in un volume maggiore di tutti gli inquinanti, e quindi una diminuzione della loro concentrazione. Viceversa, condizioni fredde portano a una forte stabilità dell'aria e allo schiacciamento verso il suolo del primo strato atmosferico, il quale funge da trappola per le sostanze in esso presenti, favorendo così l'accumulo degli inquinanti e l'aumento della loro concentrazione. L'unica eccezione è rappresentata dall'ozono, che ha origine da reazioni chimiche favorite dalle alte temperature e dalla radiazione solare.

Per ogni inquinante è stata effettuata una elaborazione grafica che permette di visualizzare, in un diagramma concentrazione-tempo, l'andamento registrato durante il periodo di monitoraggio. La scala adottata per l'asse delle ordinate permette di evidenziare, laddove esistenti, i superamenti dei limiti. Nel caso in cui i valori assunti dai parametri risultino nettamente inferiori ai limiti di legge, l'espansione dell'asse delle ordinate rende meno chiaro l'andamento orario delle concentrazioni. L'elaborazione oraria dettagliata è comunque disponibile presso lo scrivente servizio e può essere inviata su richiesta specifica.

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

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

Ai fini di una corretta interpretazione degli obiettivi della campagna si ricorda che le misure che sono state effettuate permettono 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 rispetto alle altre sorgenti di inquinanti atmosferici presenti. Le strumentazioni di misura utilizzate nel monitoraggio della qualità dell'aria infatti rilevano per loro natura la concentrazione complessiva di un determinato inquinante, vale a dire la somma dei singoli contributi delle sorgenti inquinanti (traffico veicolare, impianti di riscaldamento civile, impianti industriali ecc.).

Biossido di zolfo

Il biossido di zolfo è un gas incolore, di odore pungente. Le principali emissioni di SO₂ derivano dai processi di combustione che utilizzano combustibili di tipo fossile (ad esempio gasolio, olio combustibile e carbone) nei quali lo zolfo è presente come impurità.

Una ridotta percentuale di biossido di zolfo nell'aria (6÷7%) proviene dal traffico veicolare, in particolare da veicoli a motore diesel.

La concentrazione di biossido di zolfo presenta una variazione stagionale molto evidente, con i valori massimi durante la stagione invernale a causa del riscaldamento domestico.

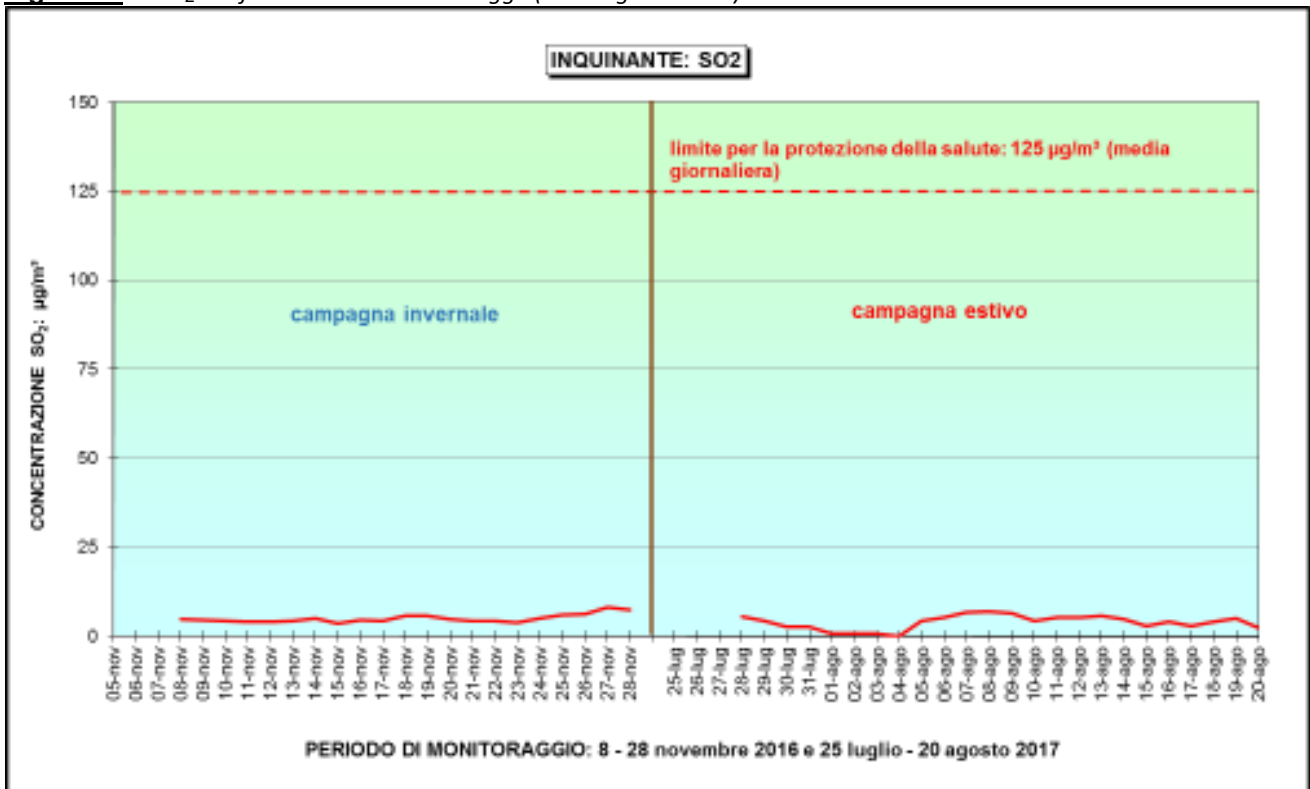
Fino a pochi anni fa, il biossido di zolfo era considerato uno degli inquinanti più problematici, per le elevate concentrazioni rilevate nell'aria e per i suoi effetti negativi sull'uomo e sull'ambiente. Negli ultimi anni, con la limitazione del contenuto di zolfo nei combustibili imposta dalla normativa e la sostituzione dei combustibili solidi con il gas naturale, si osserva la progressiva diminuzione di questo inquinante con concentrazioni che si posizionano ben al di sotto dei limiti previsti dalla normativa.

La non criticità di questo inquinante è confermata dai dati ottenuti durante le campagne di monitoraggio di Favria; infatti i valori sia giornalieri sia orari sono ampiamente al di sotto dei limiti. Il massimo valore giornaliero è pari a 7 µg/m³ in estate e 8 µg/m³ in inverno (calcolato come media giornaliera sulle 24 ore), di molto inferiore al limite per la protezione della salute di 125 µg/m³. Il valore massimo orario è pari a 10 µg/m³ (estate) e 11µg/m³ (inverno), quindi ben al di sotto del livello orario per la protezione della salute di 350 µg/m³. I dati riportati in Tabella 6 e Figura 10 evidenziano che, nel corso delle due campagne, i limiti previsti dalla normativa non vengono mai superati.

Tabella 6 – Dati relativi al monossido di biossido di zolfo (SO₂ in µg/m³)

	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	4	1
Massima media giornaliera	8	7
Media delle medie giornaliere	5	4
Giorni validi	21	26
Percentuale giorni validi	100%	96%
Media dei valori orari	5	4
Massima media oraria	11	10
Ore valide	503	619
Percentuale ore valide	100%	96%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (350)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (350)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (125)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (500)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (500)</u>	0	0

Figura 10 - SO₂ confronto con il limite di legge (media giornaliera)



Monossido di Carbonio

È un gas inodore ed incolore che viene generato durante la combustione di materiali organici quando la quantità di ossigeno a disposizione è insufficiente. L'unità di misura con la quale si esprimono le concentrazioni è il milligrammo al metro cubo (mg/m^3), infatti si tratta dell'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera. Il traffico veicolare rappresenta la principale sorgente di CO, in particolare i gas di scarico dei veicoli a benzina. Quando il motore del veicolo funziona al minimo, o si trova in decelerazione si producono le maggiori concentrazioni di CO in emissione, per cui i valori più elevati si raggiungono in zone caratterizzate da intenso traffico rallentato.

Il monossido di carbonio è caratterizzato da un'elevata affinità con l'emoglobina presente nel sangue (circa 220 volte maggiore rispetto all'ossigeno), pertanto la presenza di questo gas comporta un peggioramento del normale trasporto di ossigeno nei diversi distretti corporei. Gli organi più colpiti sono il sistema nervoso centrale e il sistema cardiovascolare. Nei casi peggiori con concentrazioni elevatissime di CO si può arrivare anche alla morte per asfissia. La 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.

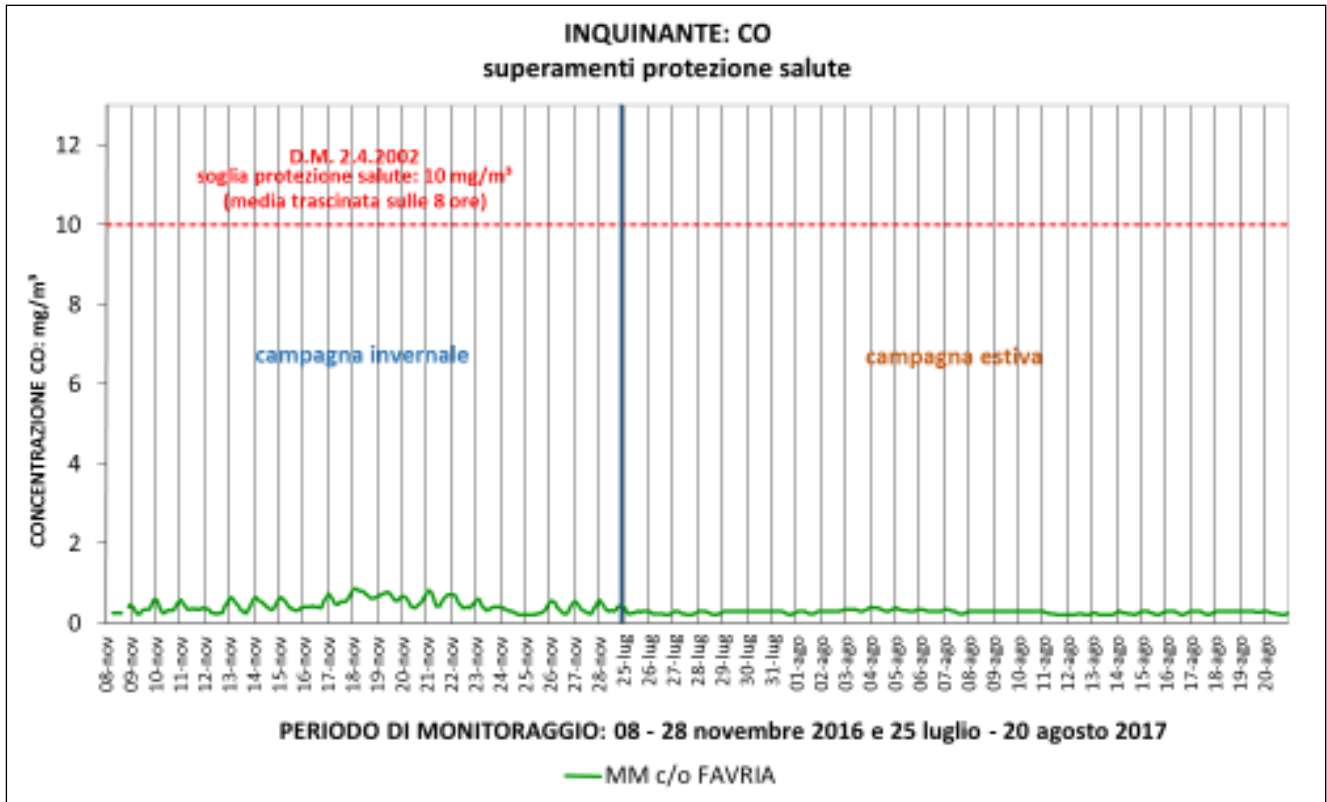
Nell'ultimo ventennio, con l'introduzione delle marmitte catalitiche nei primi anni '90 e l'incremento degli autoveicoli a ciclo Diesel, si è osservata una costante e significativa diminuzione della concentrazione del monossido di carbonio nei gas di combustione prodotti dagli autoveicoli ed i valori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

Tabella 7 – Dati relativi al monossido di Carbonio (CO (mg/m^3), della campagna di monitoraggio

	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	0.3	0.2
Massima media giornaliera	0.7	0.3
Media delle medie giornaliere	0.5	0.3
Giorni validi	21	27
Percentuale giorni validi	100%	100%
Media dei valori orari	0.4	0.3
Massima media oraria	1.0	0.4
Ore valide	504	647
Percentuale ore valide	100%	100%
Minimo medie 8 ore	0.2	0.2
Media delle medie 8 ore	0.5	0.3
Massimo medie 8 ore	0.9	0.4
Percentuale medie 8 ore valide	100%	100%
<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

Durante le due campagne di monitoraggio nel comune di Favria non si sono osservate criticità per questo parametro. La Tabella 7 e la Figura 11 evidenziano infatti che non si sono registrati superamenti del valore di $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ che, in base alla normativa vigente, è il limite da non superare come media di otto ore consecutive.

Figura 11 - CO andamento media trascinata sui 8 ore



Ossidi di Azoto

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

Per il monossido di azoto la normativa non prevede valori limite ma questo inquinante viene comunque misurato in quanto partecipa ai fenomeni di inquinamento fotochimico e si trasforma in biossido di azoto in presenza di ossigeno e ozono; per tale inquinante la normativa non prevede dei limiti di concentrazione nell'aria per la protezione della salute umana.

Durante il periodo di monitoraggio i livelli di NO registrano un valore massimo pari a 69 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in periodo invernale, usualmente più critico per gli ossidi di azoto e 11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ durante la campagna estiva (Tabella 8).

Confrontando i dati con quelli osservati nelle altre stazioni (Figura 12) si può notare come l'andamento sia simile a Borgaro ed Ivrea anche se i picchi appaiono meno pronunciati a Favria, pertanto è possibile ipotizzare una minore influenza del traffico nel sito prescelto per il monitoraggio rispetto alle altre stazioni fisse di fondo.

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

	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	3	2
Massima media giornaliera	25	4
Media delle medie giornaliere (b):	13	2
Giorni validi	21	27
Percentuale giorni validi	100%	100%
Media dei valori orari	13	2
Massima media oraria	69	11
Ore valide	504	645
Percentuale ore valide	100%	100%

E' interessante notare, dalla Figura 13, come nel periodo invernale il profilo giornaliero evidenzia due picchi, uno al mattino e uno in serata. Ciò rispecchia il ciclo giornaliero delle attività umane ed in particolare del traffico veicolare, di cui gli NOx rappresentano un buon tracciante. In estate invece il profilo medio giornaliero presenta solo il picco mattutino in quanto a seguito del soleggiamento il monossido di azoto viene convertito in biossido di azoto.

Figura 12 – NO: andamento della concentrazione oraria nel corso delle campagne di monitoraggio e confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio

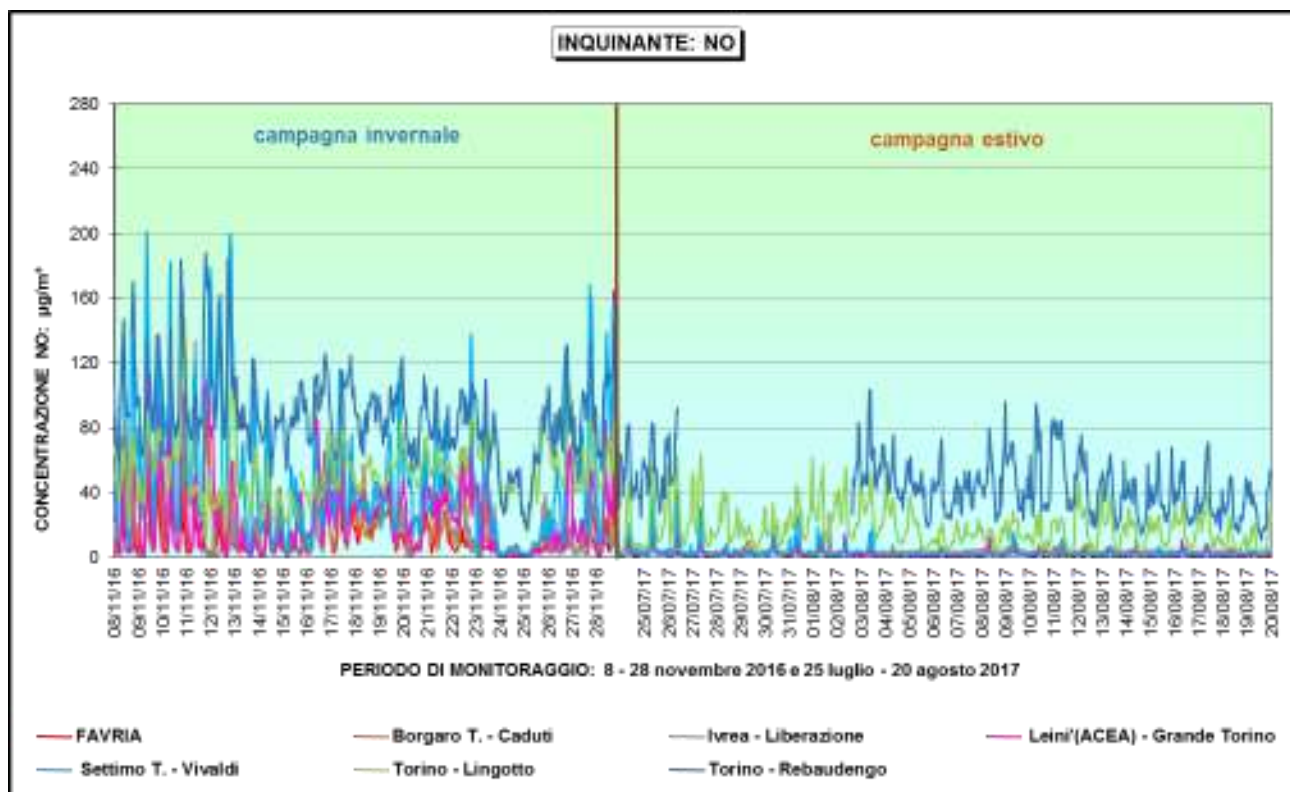
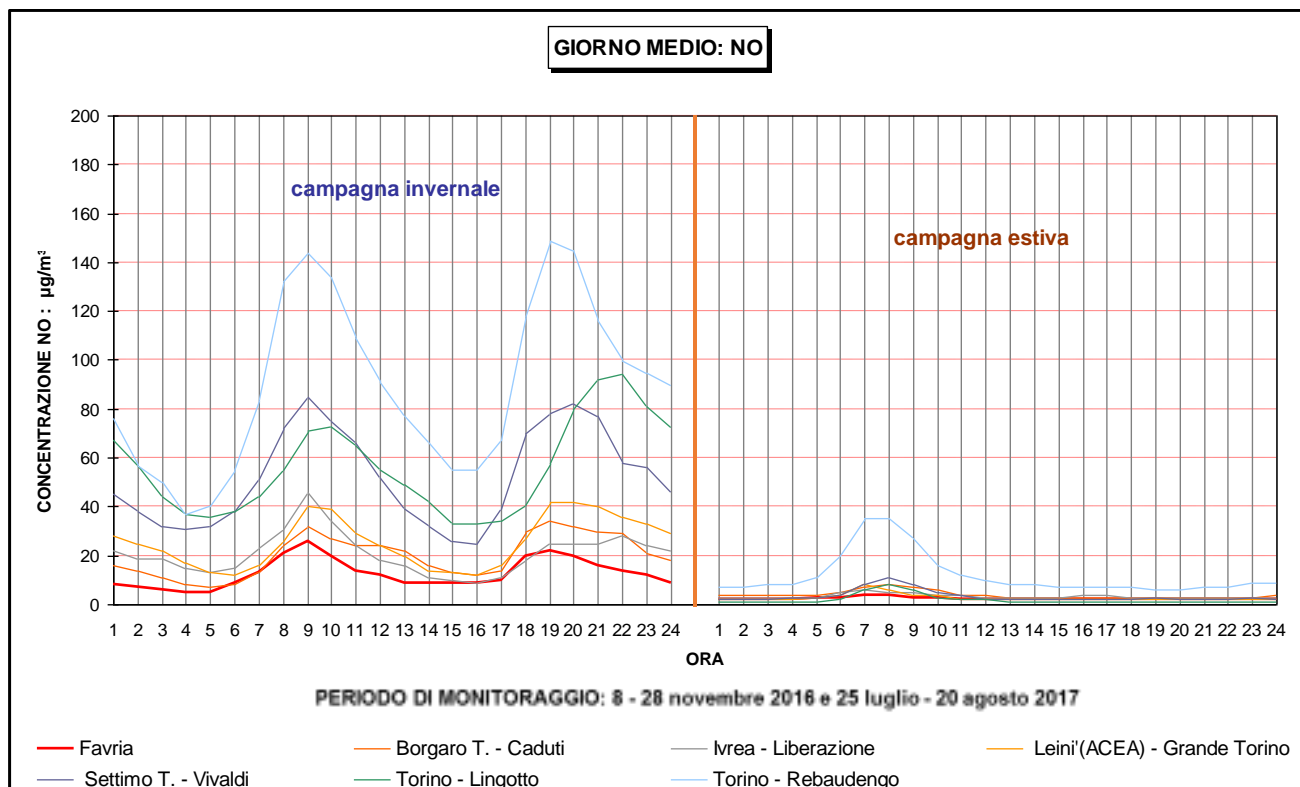


Figura 13 - NO: andamento giorno medio - confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio



Il biossido di azoto è da ritenersi fra gli inquinanti atmosferici maggiormente pericolosi sia perché è per sua natura irritante, sia perché dà inizio, in presenza di forte irraggiamento solare, ad una serie di reazioni fotochimiche secondarie che portano alla formazione di sostanze inquinanti complessivamente indicate con il termine di “smog fotochimico”.

La formazione di NO₂ è piuttosto complessa, in quanto si tratta di un inquinante di origine mista, vale a dire in parte originato direttamente dai fenomeni di combustione e indirettamente dall'ossidazione in atmosfera del monossido di azoto (NO) all'interno di un insieme complesso di reazioni fotochimiche.

Nel corso delle campagne di monitoraggio nel Comune di Favria, l'andamento dell'NO₂ registra un valore medio di 8 µg/m³, con un picco di 23 µg/m³, nel periodo estivo; in inverno i valori sono superiori, con un valor medio di 23 µg/m³ e un picco di 65 µg/m³, ma senza che si verifichi nessun superamento dei limiti; vedi Tabella 9.

Tabella 9 – Dati relativi al biossido di azoto (NO₂) (µg/m³)

	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	13	6
Massima media giornaliera	38	12
Media delle medie giornaliere (b):	26	8
Giorni validi	21	27
Percentuale giorni validi	100%	100%
Media dei valori orari	26	8
Massima media oraria	65	23
Ore valide	504	645
Percentuale ore valide	100%	100%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (200)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (200)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (400)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (400)</u>	0	0

Dal grafico di Figura 14 si nota che i livelli di concentrazione dell'NO₂ sono mediamente simili alle stazioni fisse di fondo urbano, Chieri e Ivrea, mentre le stazioni di traffico urbano registrano valori mediamente più elevati.

Nota

Si sono calcolate le medie di NO₂, per il periodo della campagna, delle stazioni considerate analoghe al sito monitoraggio (vedi Tabella 10); dal rapporto con la media dell'anno 2016 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne a Favria permette di ricavare la stima annuale:

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

dove

m_c: media periodo campagne NO₂ Favria

M_c: media stimata anno 2016 NO₂ Favria

m_p: media periodo campagne NO₂ presso la stazione di Chieri - Bersezio

M_p: media anno 2016 NO₂ Chieri - Bersezio

Figura 14 – NO₂: confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio

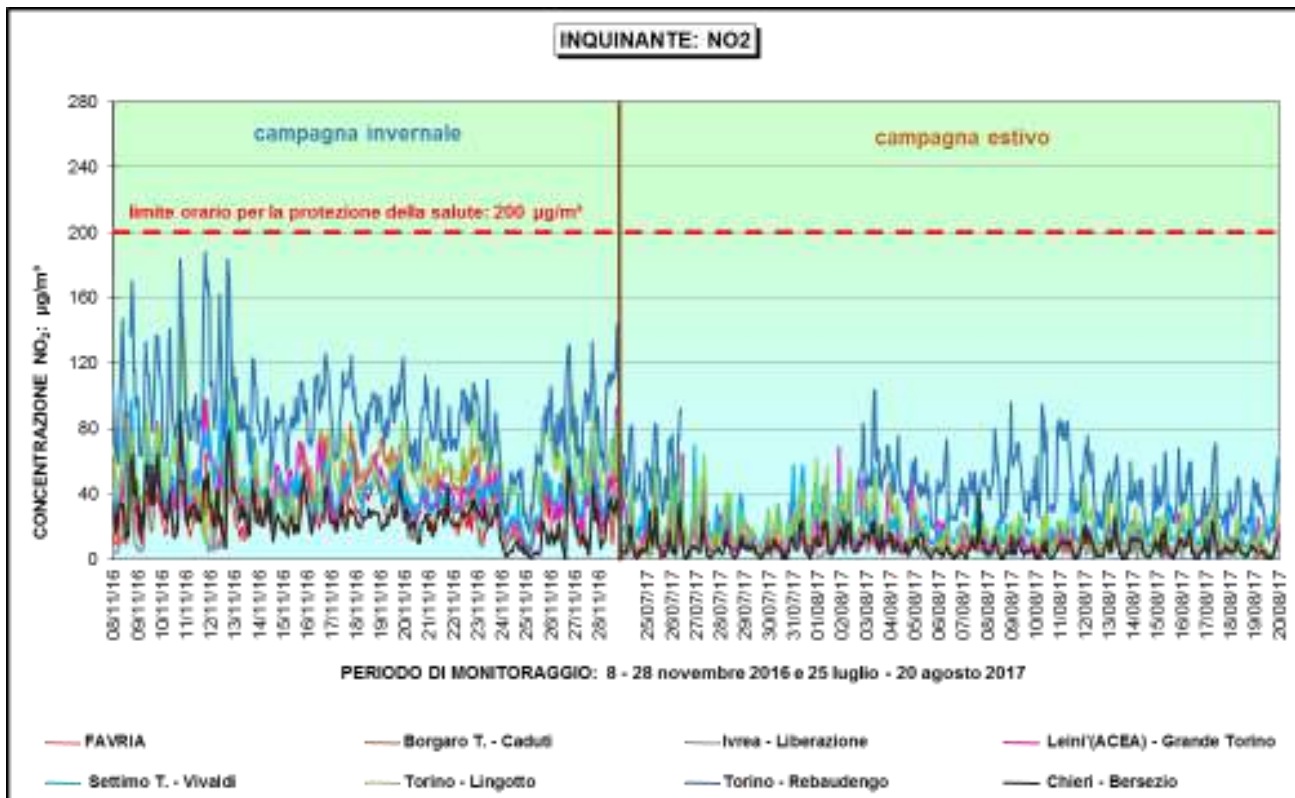


Figura 15 – NO₂: andamento giorno medio - confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio durante la campagna invernale

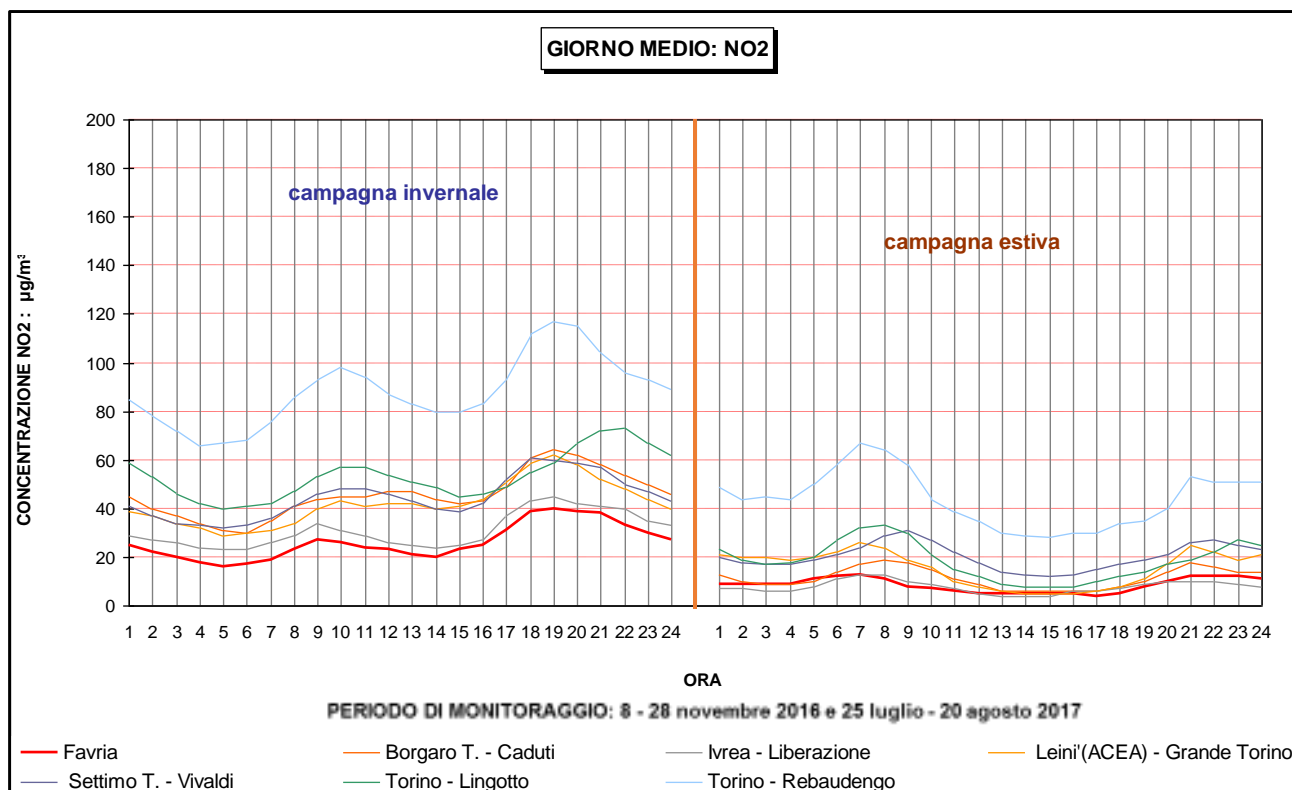
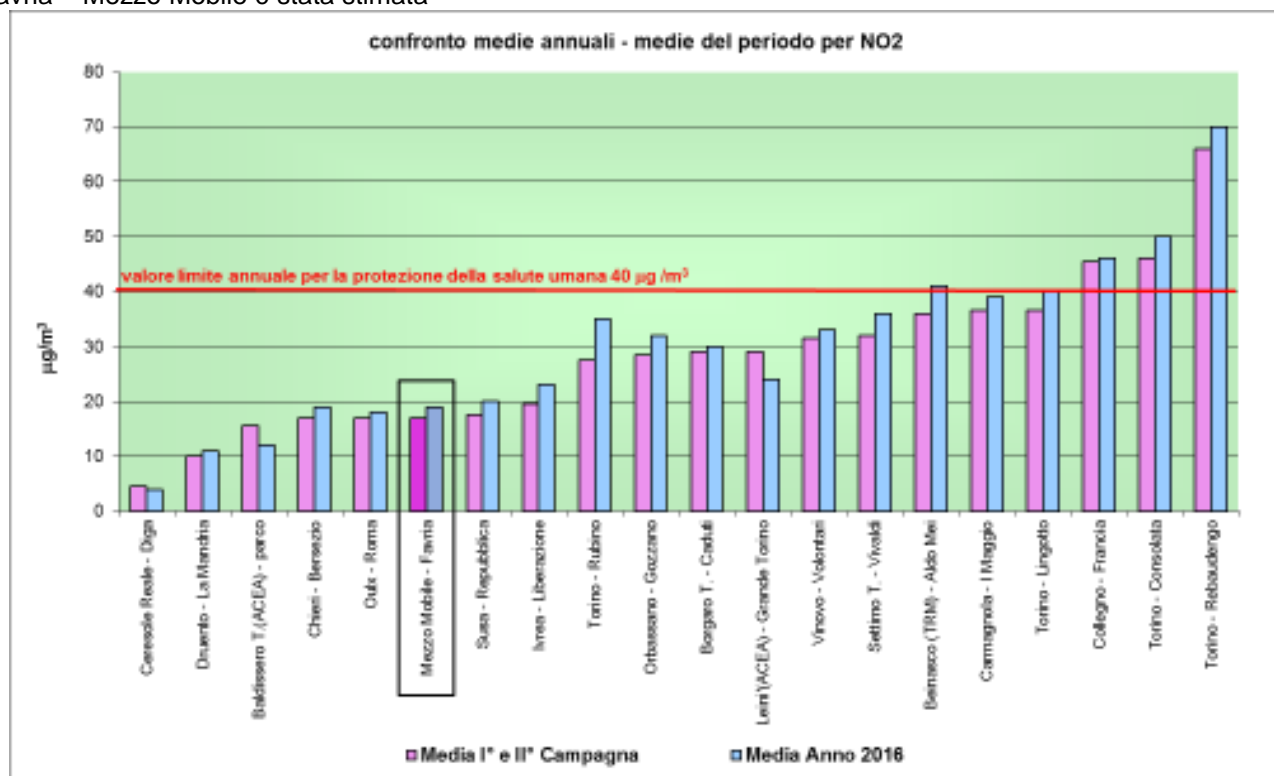


Tabella 10 - NO₂ - confronto medie del periodo di monitoraggio con medie annuali 2016 nella provincia di Torino

Stazione	Inverno	Estate	media periodo campagne	Annuale 2016
	NO ₂ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)
Ceresole Reale - Diga	3	6	5	4
Druento - La Mandria	15	5	10	11
Baldissero T.(ACEA) - parco	26	5	16	12
Chieri - Bersezio	26	8	17	19
Oulx - Roma	21	13	17	18
Mezzo Mobile - Favria	26	8	17	20*
Susa - Repubblica	26	9	18	20
Ivrea - Liberazione	31	8	20	23
Torino - Rubino	46	9	28	35
Orbassano - Gozzano	43	14	29	32
Borgaro T. - Caduti	46	12	29	30
Leini'(ACEA) - Grande Torino	42	16	29	24
Vinovo - Volontari	49	14	32	33
Settimo T. - Vivaldi	44	20	32	36
Beinasco (TRM) - Aldo Mei	49	23	36	41
Carmagnola - I Maggio	46	27	37	39
Torino - Lingotto	54	19	37	40
Collegno - Francia	58	33	46	46
Torino - Consolata	59	33	46	50
Torino - Rebaudengo	88	44	66	70

(*)= media annuale NO₂ stimata

Figura 16 - NO₂ - confronto medie annuali e medie del periodo nella provincia di Torino; la media annuale per il sito di Favria – Mezzo Mobile è stata stimata



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/m³. Visto che la durata delle due campagne 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 Tabella 10 e dalla Tabella 16 osserviamo che il valore di media annuale stimata per il sito di Favria è inferiore al limite annuale di 40 µg/m³ essendo la media stimata pari a 19 µg/m³ utilizzando per la stima della media annuale i valori registrati presso la stazione di Chieri poiché, durante le campagne di misura, presenta valori prossimi a quelli registrati a Favria.

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.

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

Durante le campagne di monitoraggio, vedi (Tabella 11), si registrano valori di benzene con una media del periodo pari a $0.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in estate e $2.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in inverno e un valore massimo di $5.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ verificatosi in inverno.

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

	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	1.3	0.3
Massima media giornaliera	3.7	0.7
Media delle medie giornaliere (b):	2.2	0.4
Giorni validi	19	27
Percentuale giorni validi	90%	100%
Media dei valori orari	2.2	0.4
Massima media oraria	5.8	2.8
Ore valide	467	647
Percentuale ore valide	93%	100%

Dalla Figura 17, che riporta il profilo orario del Benzene, si evince che i livelli misurati a Favria, nel periodo invernale durante il quale è maggiore la criticità per questo inquinante, sono inferiori sia alle stazioni di traffico che a quelle di fondo tranne in alcune giornate in cui medie orarie sono simili o leggermente più elevate di quelle delle stazioni di traffico urbano come Torino – Rebaudengo.

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 e un fattore ricavato come descritto nella nota.

Nota

Si sono calcolate le medie di benzene, per il periodo della campagna, della stazione che ha registrato nei due periodi di misura livelli di concentrazione analoghe al sito di monitoraggio (Torino - Lingotto); dal rapporto con la media dell'anno 2016 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne a Favria permette di ricavare la stima annuale:

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

dove

m_c : media periodo campagne benzene Favria

M_c : media stimata anno 2015 benzene Favria

m_p : media periodo campagne benzene Torino - Lingotto

M_p : media anno 2015 benzene Torino - Lingotto

Applicando tale procedimento la media annuale stimata, pari a $1.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, (vedi [Figura 18](#)) valore inferiore al limite, ma di poco superiore alla stazione fissa di fondo urbano del capoluogo di provincia Torino – Lingotto.

Figura 17 – Benzene: andamento della concentrazione oraria nel corso delle campagne di monitoraggio

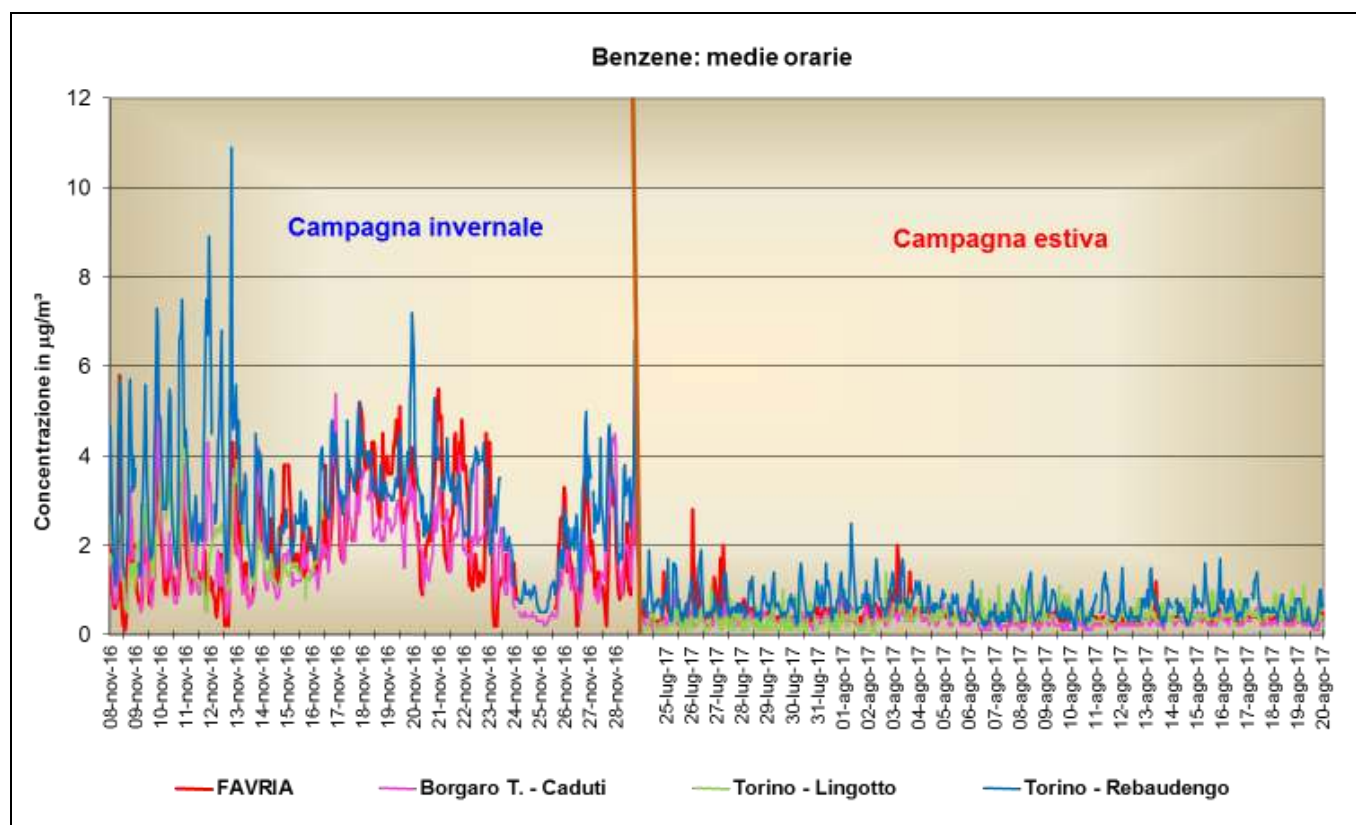
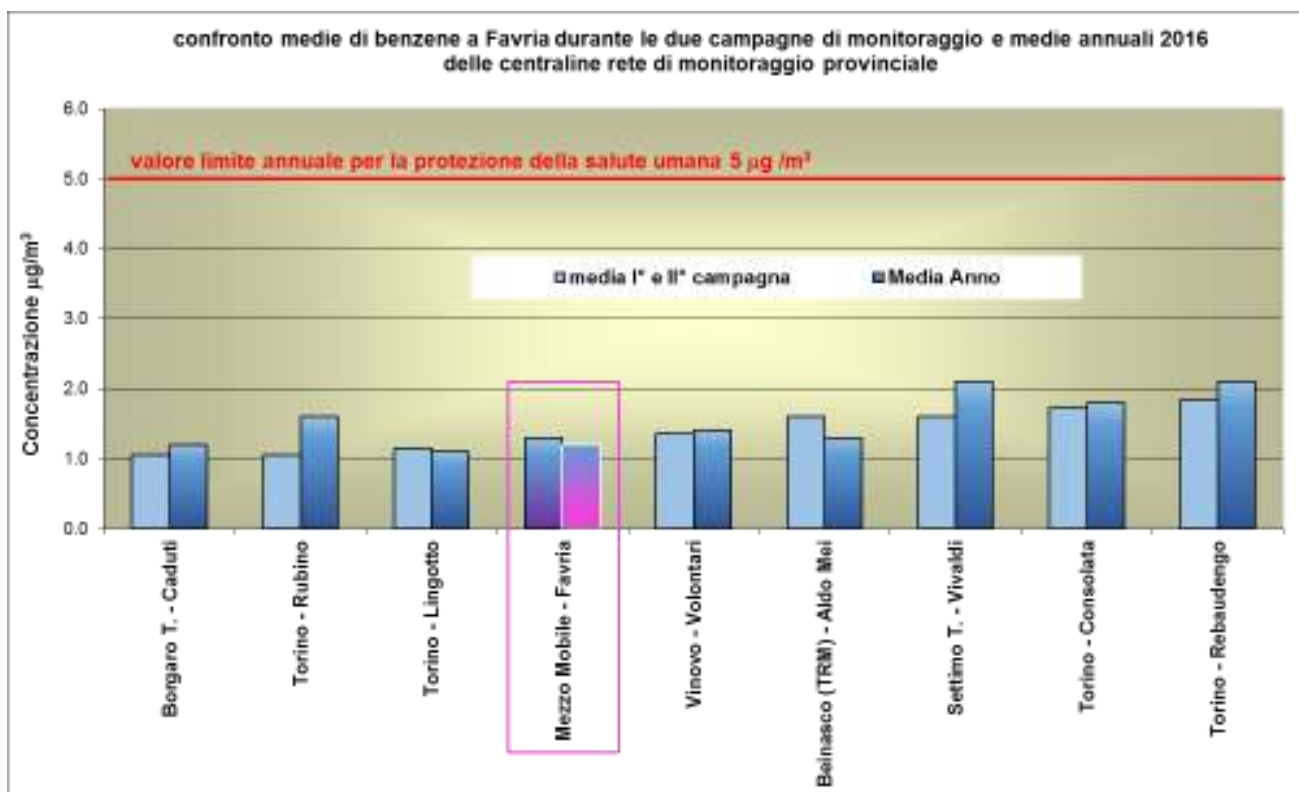


Figura 18 - Benzene confronto media annuale 2016 e media del periodo



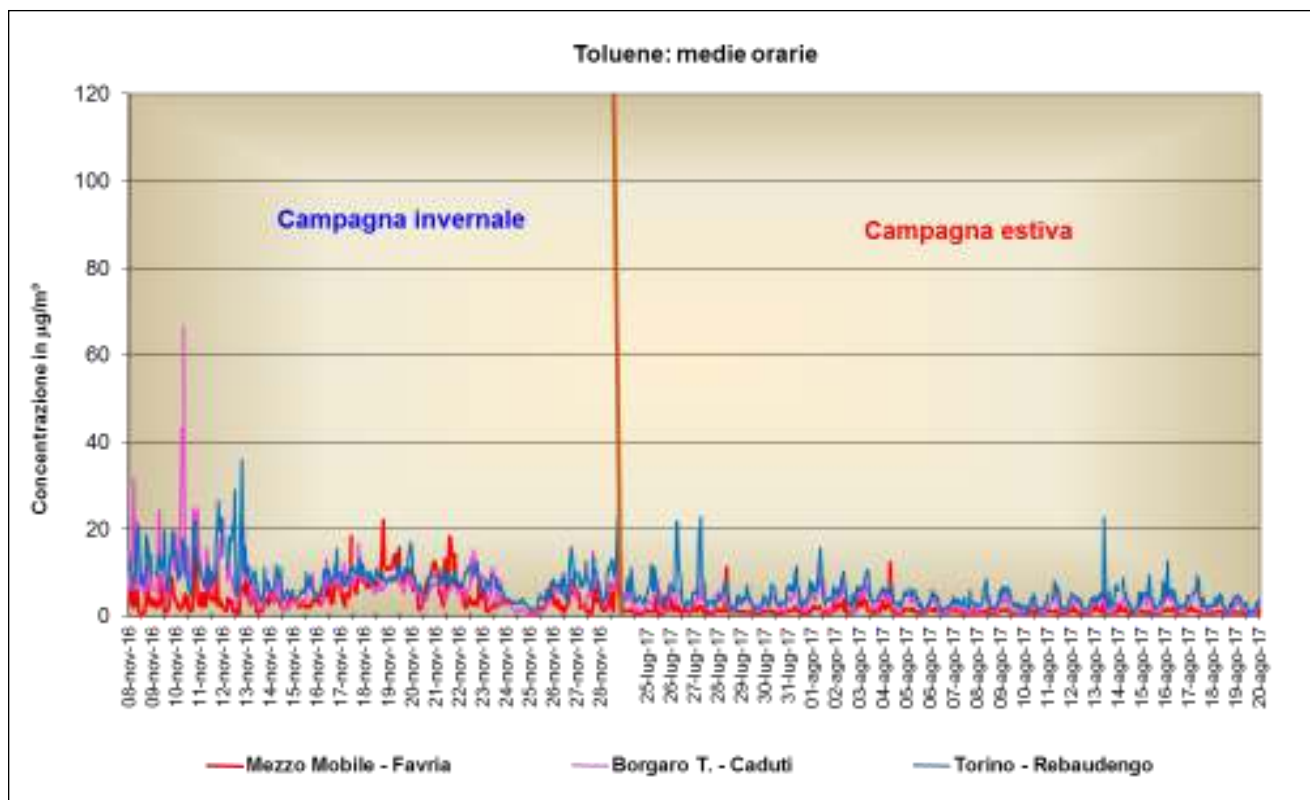
Per quanto riguarda il toluene la normativa italiana non prevede alcun limite, ma le linee guida del 2000 dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) indicano un valore di 260 µg/m³ come media settimanale. Gli effetti del toluene sono stati studiati soprattutto in relazione all'esposizione lavorativa 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.

Per il toluene la massima media giornaliera è risultata essere di 1.1 µg/m³ in estate e 4.8 µg/m³ in inverno e la massima media oraria invernale è di 10.7 µg/m³ (Tabella 12), valori ben al di sotto del valore guida consigliato dall'OMS.

Tabella 12 – Dati relativi al toluene (µg/m³)

	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	2.3	0.7
Massima media giornaliera	10.7	1.9
Media delle medie giornaliere (b):	4.8	1.1
Giorni validi	20	27
Percentuale giorni validi	95%	100%
Media dei valori orari	4.8	1.1
Massima media oraria	22.1	12.3
Ore valide	483	647
Percentuale ore valide	96%	100%

Figura 19 – Toluene: andamento della concentrazione oraria nel corso della campagna di monitoraggio



Particolato Sospeso (PM10 e PM2.5)

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 da 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 concentrazione di polveri nell'aria e la manifestazione di malattie croniche alle vie respiratorie, a causa degli inquinanti che queste particelle veicolano e che possono essere rilasciati negli alveoli polmonari.

La legislazione italiana, recependo quella europea, non ha più posto limiti per il particolato sospeso totale (PTS), ma, prima con il DM 60/2002 e successivamente con il DLgs 155/2010, ha previsto dei limiti esclusivamente per il particolato PM10, cioè la frazione con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm, più pericolosa in quanto può raggiungere facilmente trachea e bronchi ed inoltre gli inquinanti adsorbiti sulla polvere possono venire a contatto con gli alveoli polmonari.

Inoltre il DLgs 155/2010 introduce un limite anche per il PM2.5 (diametro aerodinamico inferiore ai 2.5 µm) calcolati come media annuale pari a 25 µg/m³ da raggiungere entro il 1 gennaio 2015.

Nella prima campagna di monitoraggio invernale la media dei valori di concentrazione di particolato PM10 è stata pari a 34 µg/m³, (vedi [Tabella 13](#)), con un valore massimo giornaliero di 111 µg/m³ e 3 superamenti del valore giornaliero dei 50 µg/m³ che si sono registrati tra il 17 e il 19 novembre in maniera analoga ad altre stazioni di confronto ([Figura 23](#)), successivamente i valori si sono abbassati a causa della maggiore instabilità atmosferica.

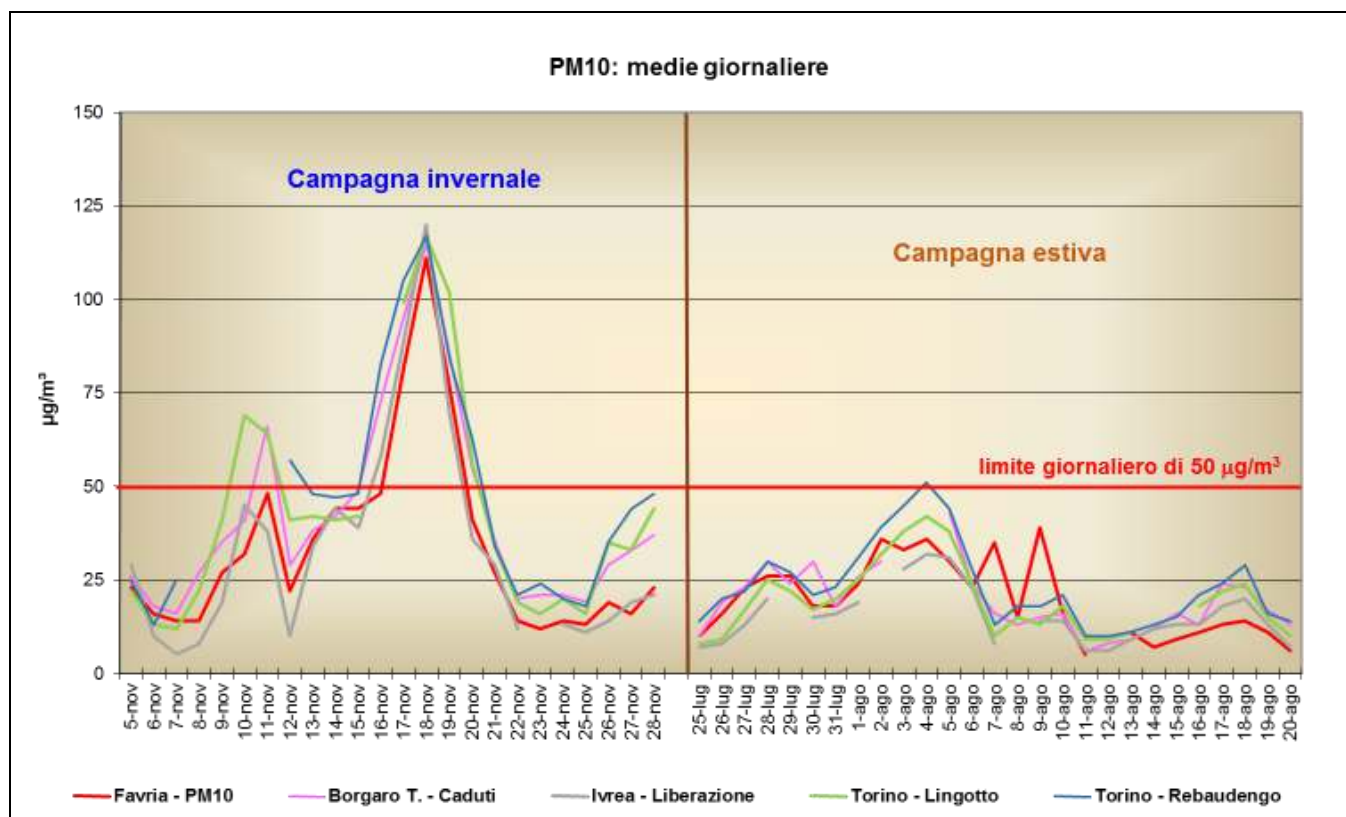
Durante la campagna estiva i valori misurati sono decisamente più contenuti, con un valore massimo registrato pari a 39 µg/m³ e una media del periodo di 20 µg/m³.

Tabella 13 – Dati relativi al particolato sospeso PM10 (µg/m³)

	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	12	5
Massima media giornaliera	111	39
Media delle medie giornaliere (b):	34	20
Giorni validi	24	26
Percentuale giorni validi	100%	96%
Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	3	0

I valori registrati durante la campagna hanno andamento simile a quelli registrati in altre stazioni provinciali e i livelli misurati sono molto simili a quelli registrati presso la stazione di Ivrea.

Figura 20– Particolato sospeso PM10: confronto concentrazioni medie giornaliere con alcune delle altre stazioni della rete di monitoraggio fissa



La durata delle due campagne non è paragonabile all’arco temporale di riferimento del limite normativo annuale ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$), e 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 $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$, quindi al di sotto del limite normativo annuale ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$), come si può vedere in [Figura 23](#).

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. In questo caso ci sono più stazioni che presentano nel periodo di monitoraggio un numero di superamenti analogo a quelli registrati a Favria (Beinasco – TRM, Ivrea, Pinerolo) pertanto bisognerà valutare anche la tipologia di sito. E’ verosimile che il numero di superamenti annuali a Favria siano simili a quelli registrati a Pinerolo (stazione di fondo urbano) piuttosto che a Beinasco – TRM la cui stazione è collocata vicino ad arterie stradali importanti. È dunque presumibile che se si fosse effettuato un monitoraggio esteso all’intero anno anche nel sito di Favria non ci sarebbe stato il superamento di limite preso in esame.

Un metodo alternativo per stimare i superamenti nel corso dell’anno consiste nel fare riferimento alle elaborazioni effettuate per valutare quale sia la media annuale da conseguire per rispettare il valore limite giornaliero¹. Sulla base di tali considerazioni il valore di media annuale “efficace” di PM10, che permette di rispettare anche il valore limite giornaliero, risulta pari a circa $24,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a livello piemontese. La media annuale stimata per Favria ($24 \mu\text{g}/\text{m}^3$) è di poco inferiore a tale valore, a conferma che il valore limite giornaliero presumibilmente è rispettato

¹ Tali elaborazioni – la cui sintesi è contenuta negli Atti del VII Convegno nazionale sul particolato atmosferico - si possono reperire sull’edizione 2014 di “Uno Sguardo all’Aria” (Arpa Piemonte, Città Metropolitana di Torino), nel capitolo “Analisi del rapporto di correlazione fra media annuale e numero di superamenti del valore limite per il particolato PM10 – La situazione nella Città Metropolitana di Torino nel quadro europeo”.

Nota

Si sono calcolate le medie delle concentrazioni del PM10 per il periodo delle campagne della stazione di Pinerolo, che presentava concentrazioni simili al sito di Favria; dal rapporto con la media dell'anno 2016 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne a Favria permette di ricavare la stima annuale:

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

dove

m_c : media periodo campagne PM10 Favria

M_c : media stimata anno 2015 PM10 Favria

m_p : media periodo campagne PM10 Pinerolo

M_p : media anno 2015 PM10 Pinerolo

Tabella 14 - PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) confronto numero di superamenti limite giornaliero, concentrazioni medie del periodo e anno 2016

	campagna invernale		campagna estiva		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 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)
Ceresole Reale - Diga	4	0	11	0	8	0	9	0
Oulx - Roma	14	0	16	0	15	0	16	0
Baldissero T.(ACEA) - parco	15	1	7	0	11	1	14	1
Susa - Repubblica	24	3	16	0	20	3	10	10
Druento - La Mandria	25	3	17	0	21	3	21	22
Favria - PM10	34	3	20	0	27	3	16	-
Pinerolo	35	4	15	0	25	4	24	15
Ivrea - Liberazione	34	4	15	0	25	4	26	41
Beinasco (TRM) - Aldo Mei	37	5	17	0	27	5	29	52
Collegno - Francia	42	5	20	0	31	5	32	61
Borgaro T. - Caduti	43	6	19	0	31	6	31	54
Torino - Lingotto	43	6	20	0	32	6	34	62
Torino - Rebaudengo	48	6	23	0	36	6	37	74
Leini'(ACEA) - Grande Torino	43	7	15	0	29	7	30	57
Torino - Rubino	43	7	19	0	31	7	32	65
Settimo T. - Vivaldi	48	8	16	0	32	8	35	70
Torino - Consolata	47	8	20	0	34	8	35	75
Carmagnola - I Maggio	49	9	24	0	37	9	37	73
Torino - Grassi	56	10	25	0	41	10	42	89

(*) media stimata

In [Figura 21](#) e [Figura 22](#) si riporta il confronto della media annuale del 2016 e del numero di superamenti registrati presso le stazioni di monitoraggio della rete provinciale e stimata presso il sito del laboratorio mobile.

Figura 21 - Particolato sospeso PM₁₀ confronto medie anno 2016 e medie del periodo nella provincia di Torino

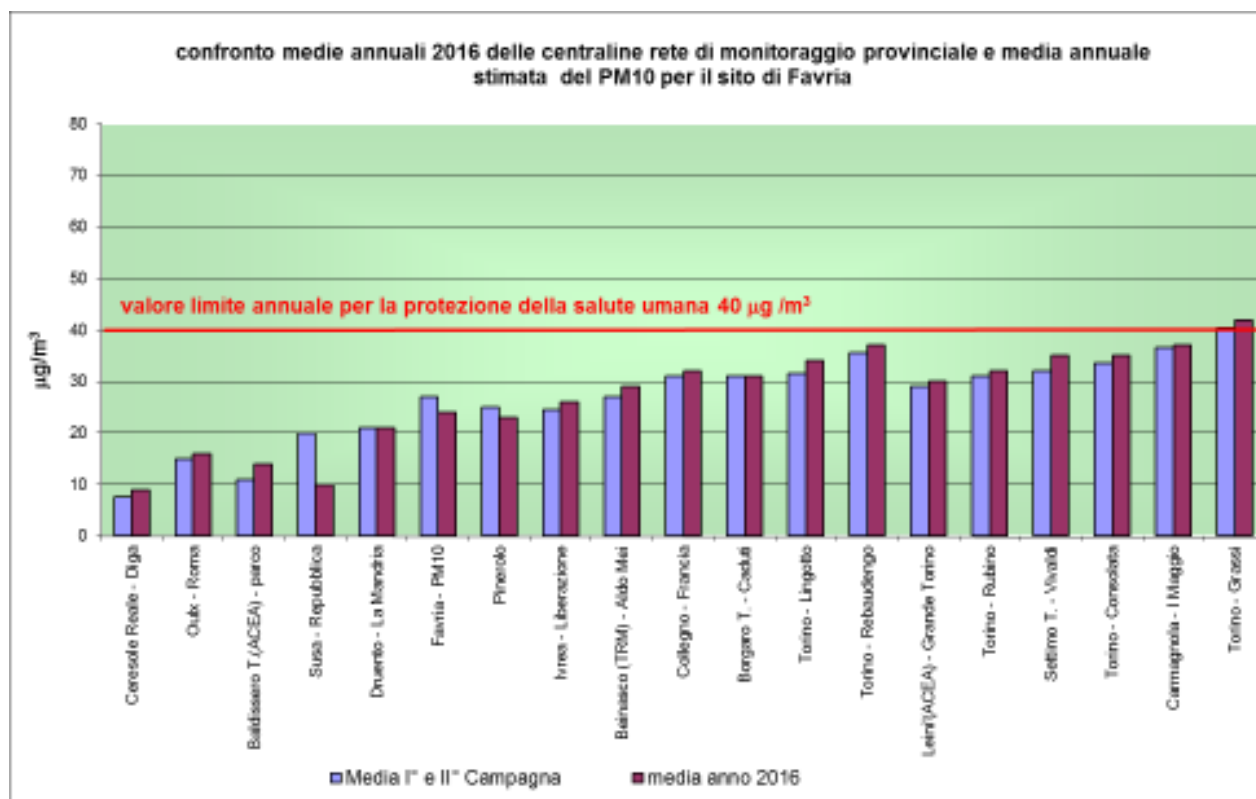
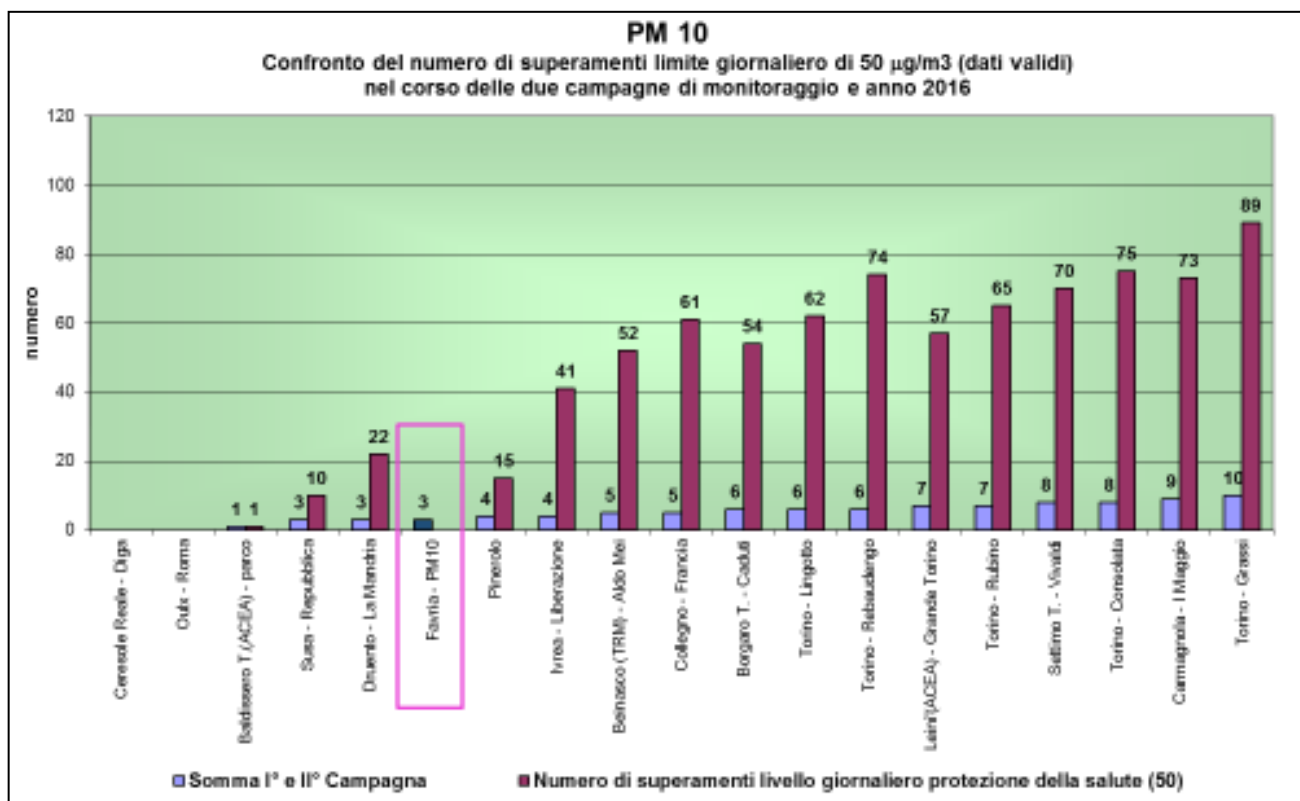


Figura 22: Particolato sospeso PM₁₀ - confronto numero di superamenti durante le campagne e nel corso del 2016 nella provincia di Torino



Il numero di superamenti per l'intero anno non sono stati stimati, come invece è stato fatto per la media annuale, ma considerando che durante il periodo di misura i livelli registrati presso il sito di Favria sono simili a quelli di Pinerolo, anche i superamenti saranno verosimilmente al di sotto del livello normativo. Al pari degli altri inquinanti già descritti si può osservare un certo accordo nell'andamento tra le misure effettuate presso il sito di Favria e quanto registrato presso le stazioni fisse della rete di monitoraggio della qualità dell'aria provinciale. Ciò a conferma delle proprietà diffusive delle polveri sottili in atmosfera e della loro distribuzione piuttosto omogenea sul territorio.

Il confronto tra i dati di Favria e quelli registrati su tutte le centraline fisse della regione Piemonte rafforzano tale considerazione poiché gli andamenti delle concentrazioni giornaliere risultano in genere coerenti (vedi [Figura 20](#)). In particolare, le medie giornaliere relative a Favria nel periodo più critico si collocano all'interno dell'intervallo compreso tra il valore massimo ed il minimo registrati dalla RRQA (vedi

[Figura 23](#)). I valori di PM10 di Favria si posizionano sotto del 25° percentile della RRQA (vedi [Figura 24](#)).

Nella [Figura 25](#) e [Figura 26](#) viene confrontato l'andamento del PM10 con alcune variabili meteorologiche. Dai grafici si nota come pioggia e vento possano influenzare il PM10 facendone calare le concentrazioni: nei giorni di pioggia è presente un certo rimescolamento dell'aria verticale; inoltre risulta inibito il fenomeno della risospensione di polveri dalle superfici bagnate; il vento, come noto, è causa della dispersione e diluizione di tutti gli inquinanti. Meno ovvio è l'impatto che può avere la temperatura. Generalmente, un maggior irraggiamento solare produce un maggior riscaldamento della superficie terrestre e di conseguenza un aumento della temperatura dell'aria a contatto con essa. Questo instaura moti convettivi nel primo strato di atmosfera (PBL) che hanno il duplice effetto di rimescolare le sostanze in esso presenti e di innalzare lo strato stesso. Conseguenza di tutto questo è una diluizione in un volume maggiore di tutti gli inquinanti, da cui una diminuzione della loro concentrazione. Le basse temperature nelle notti serene, viceversa, causano una forte stabilità dell'aria fino a produrre il fenomeno dell'inversione termica, ovvero quando la temperatura dell'aria nei bassi strati è inferiore a quella degli strati superiori; l'inversione termica comporta l'intrappolamento degli inquinanti al suolo, favorendo così il loro accumulo e l'aumento della loro concentrazione. Tale fenomeno risulta più evidente se si osservano i dati relativi a due differenti periodi stagionali, inverno ed estate (come nel caso delle due campagne condotte a Favria) poiché le differenze meteorologiche tra estate e inverno sono tali da rendere molto visibili le variazioni di concentrazione degli inquinanti tra le due stagioni.

Figura 23 – Particolato sospeso PM10: concentrazioni medie giornaliere durante la prima campagna di misura

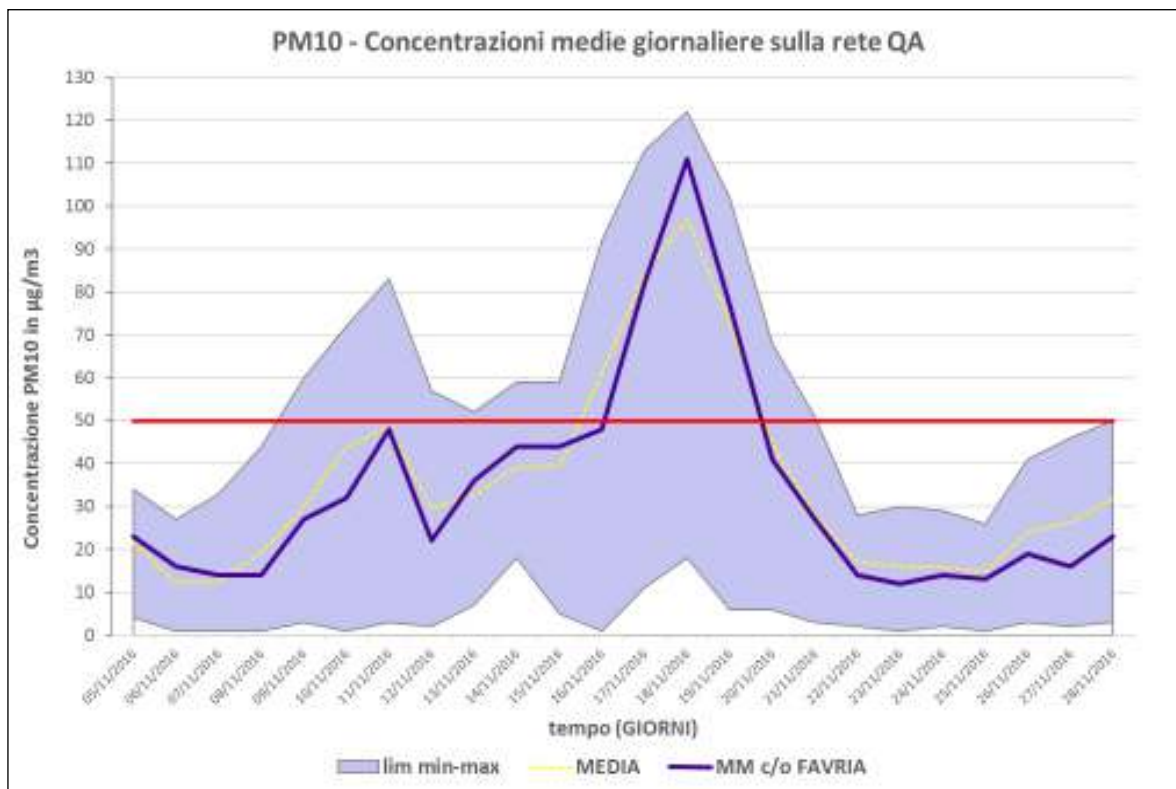


Figura 24 – Particolato sospeso PM10: concentrazioni medie giornaliere durante la prima campagna di misura

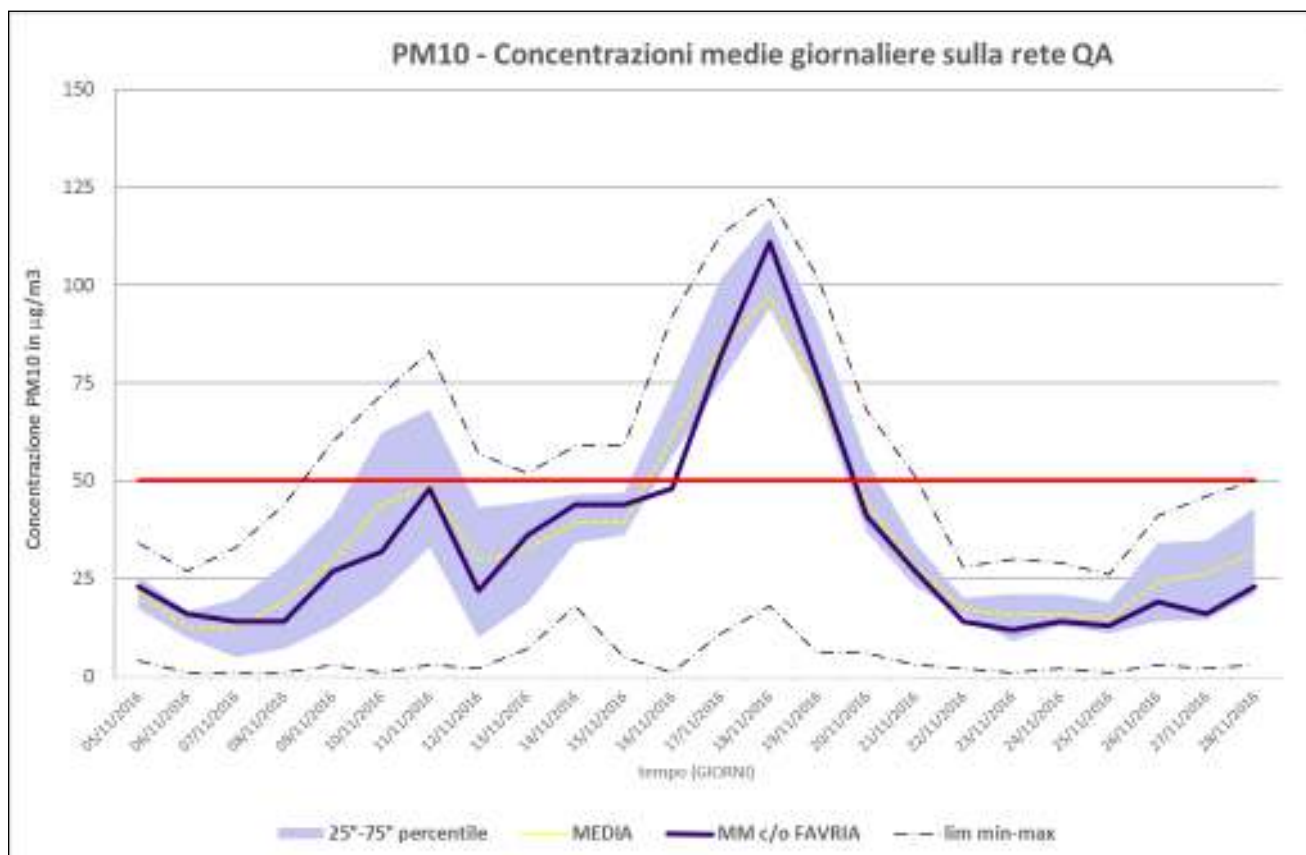


Figura 25 – Particolato sospeso PM₁₀ e parametri meteorologici

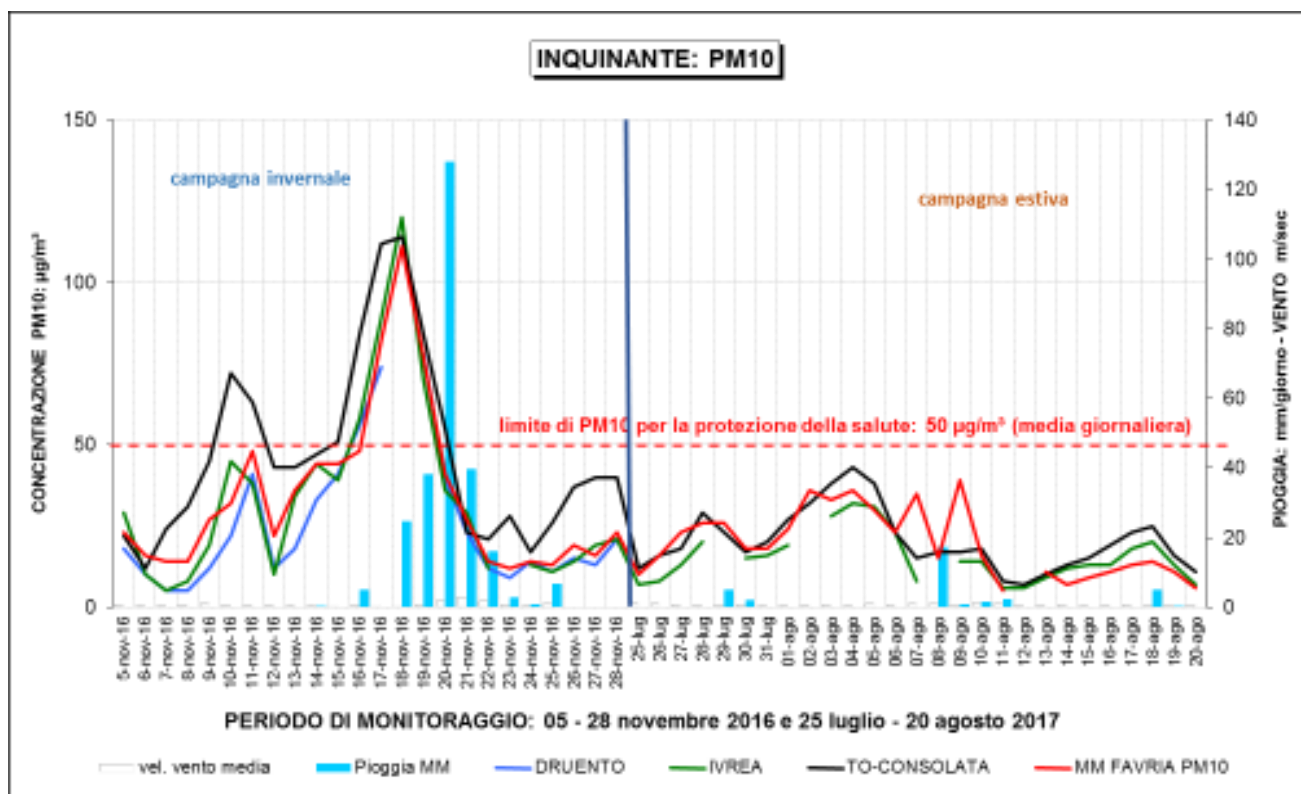
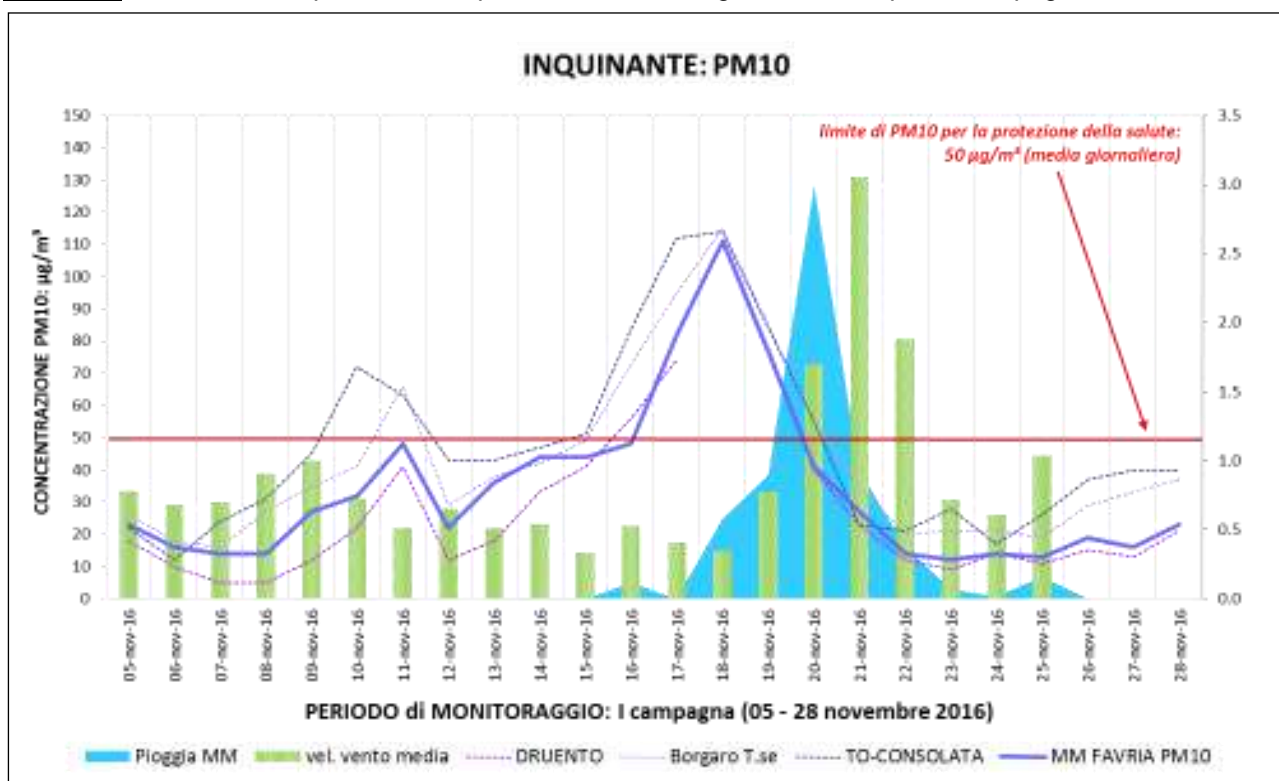


Figura 26: Particolato sospeso PM10 e parametri meteorologici durante la prima campagna



In generale, buona parte della frazione PM2,5 che costituisce il particolato atmosferico è di origine secondaria, e, in quanto tale, può aver avuto origine anche da emissioni di precursori in zone lontane rispetto al punto di campionamento.

In Tabella 15 sono riportati i dati relativi al PM2.5 durante le due campagne: la media dei valori di concentrazione di particolato PM2.5 è stata pari a 8 µg/m³ in estate e 27 µg/m³ in inverno, con un valore massimo giornaliero di 90 µg/m³ registrato il 18 novembre.

Purtroppo, a causa di problemi tecnici alla strumentazione, sono disponibili pochi dati (44 %) relativi al secondo periodo della campagna di misura.

Per stimare la media annuale si è seguito lo stesso procedimento utilizzato per il PM10, prendendo però come riferimento la stazione fissa di Ivrea. La stima annuale ottenuta è pari a 19 µg/m³ e quindi inferiore al valore limite annuale per la protezione della salute di 25 µg/m³ imposto dal D.Lgs 155/2010 (Tabella 16).

In termini relativi tale media annuale si situa nell'intorno dei valori più bassi rilevabili a livello provinciale (vedi Figura 28).

Tabella 15 – Dati relativi al particolato sospeso PM2.5 (µg/m³)

	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	9	5
Massima media giornaliera	90	14
Media delle medie giornaliere (b):	27	8
Giorni validi	24	12
Percentuale giorni validi	100%	44%

Tabella 16: PM_{2.5} (µg/m³) confronto, concentrazioni medie del periodo e anno 201

Stazione	I° campagna	II° campagna	Media I° e II° Campagna	Media Anno 2016
Borgaro T. - Caduti	35	14	25	23
Ceresole Reale - Diga	4	8	6	7
Chieri - Bersezio	32	12	22	22
Ivrea - Liberazione	27	10	19	20
Leini(ACEA) - Grande Torino	37	11	24	24
Settimo T. - Vivaldi	40	11	26	26
FAVRIA - PM2.5	27	8	18	19
Torino - Lingotto	31	12	22	23
Torino - Rebaudengo	41	14	28	29
Beinasco (TRM) - Aldo Mei	31	11	21	23

(*) media stimata

La media del periodo estivo (II campagna) è realisticamente sottostimata a causa dell'esiguità del numero di dati; mancano infatti i dati relativi al primo periodo in cui si sono registrate concentrazioni più elevate a causa della stabilità atmosferica presente in quel periodo.

In [Figura 27](#) si riportano i dati di PM_{2.5} registrati durante le due campagne di misura confrontate con quelli di alcune delle stazioni fisse della rete di rilevamento della qualità dell'aria da cui si evince una buona correlazione con le stazioni di fondo urbano.

Figura 27 – Particolato sospeso PM_{2.5}, confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio

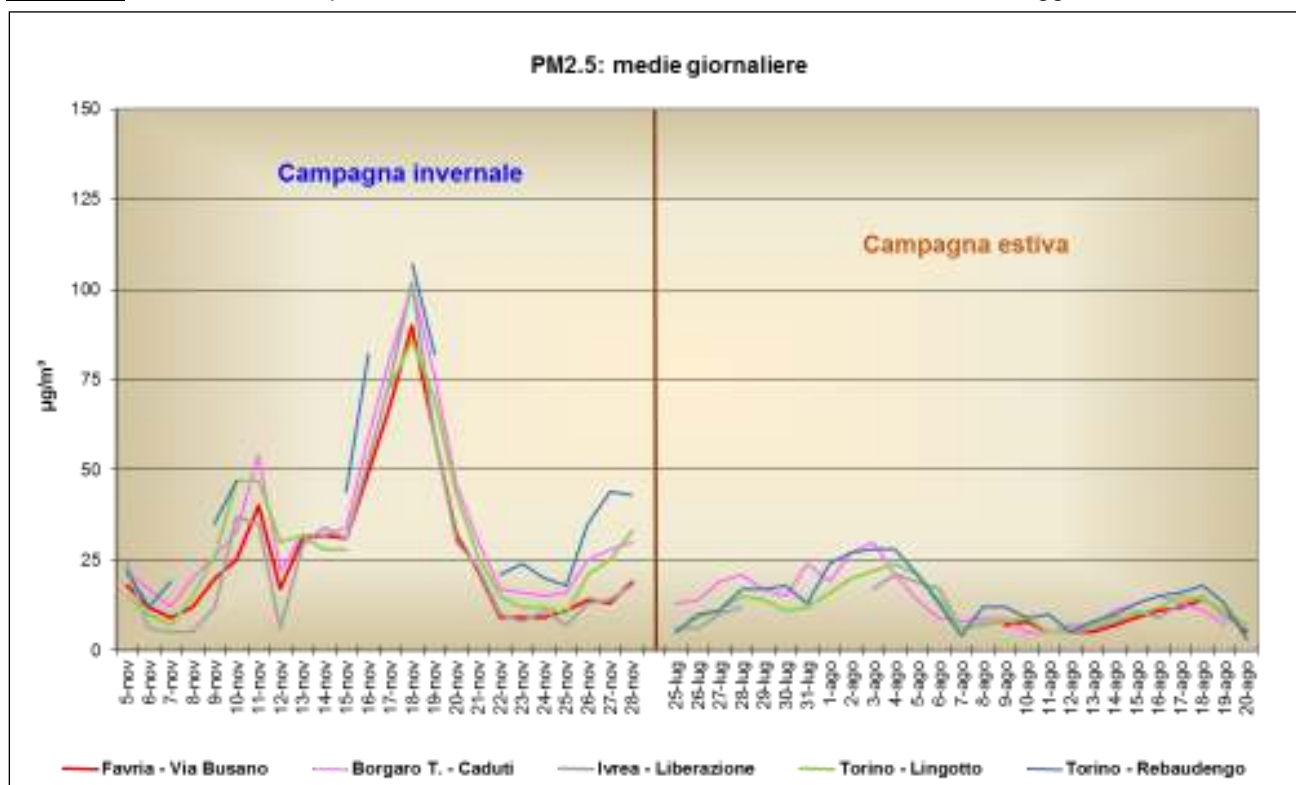
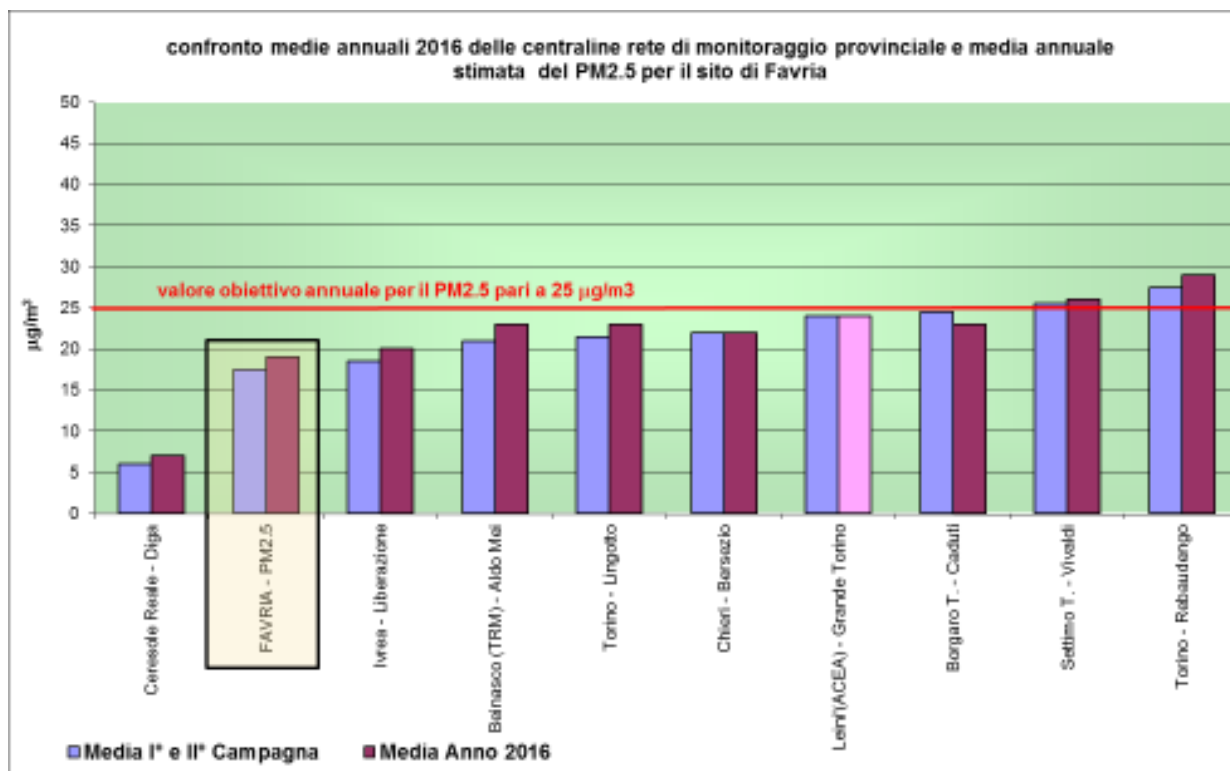
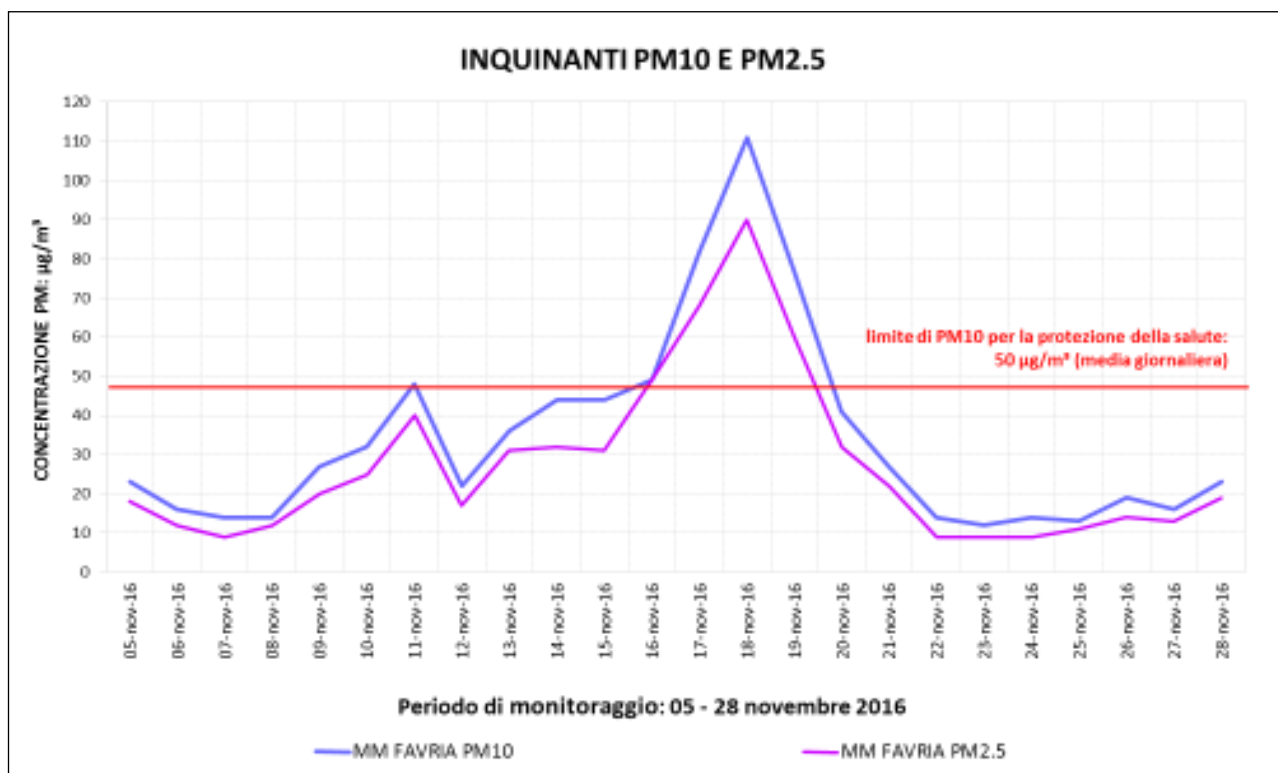


Figura 28 - Particolato sospeso PM2.5 confronto medie anno 2016 e medie del periodo nella provincia di Torino



Nella [Figura 29](#) si riporta il profilo giornaliero del PM10 e PM2.5 rilevato a Favria durante la campagna invernale per cui sono disponibili un numero sufficiente di dati giornalieri per entrambe le frazioni di particolato atmosferico.

Figura 29: Particolato sospeso PM10 e PM 2.5 a Favria durante la prima campagna di misura



Nelle [Figura 30](#) e [Figura 31](#) si riportano i profili giornalieri del PM2.5 registrati durante la campagna invernale, per cui sono disponibili tutti i dati, e alcuni parametri meteorologici in modo da evidenziare la correlazione presente. Il PM2.5 infatti decresce in corrispondenza di fenomeni ventosi o piovosi.

Figura 30: Particolato sospeso PM 2.5 e parametri meteorologici

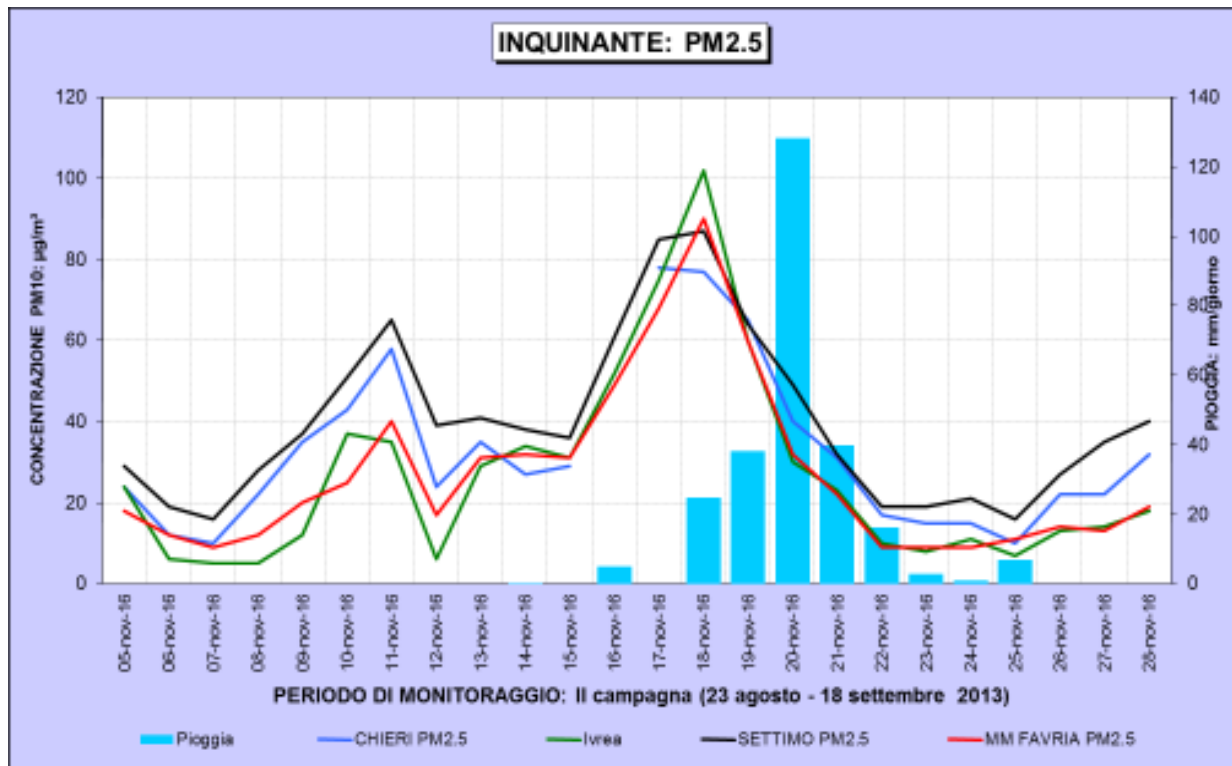
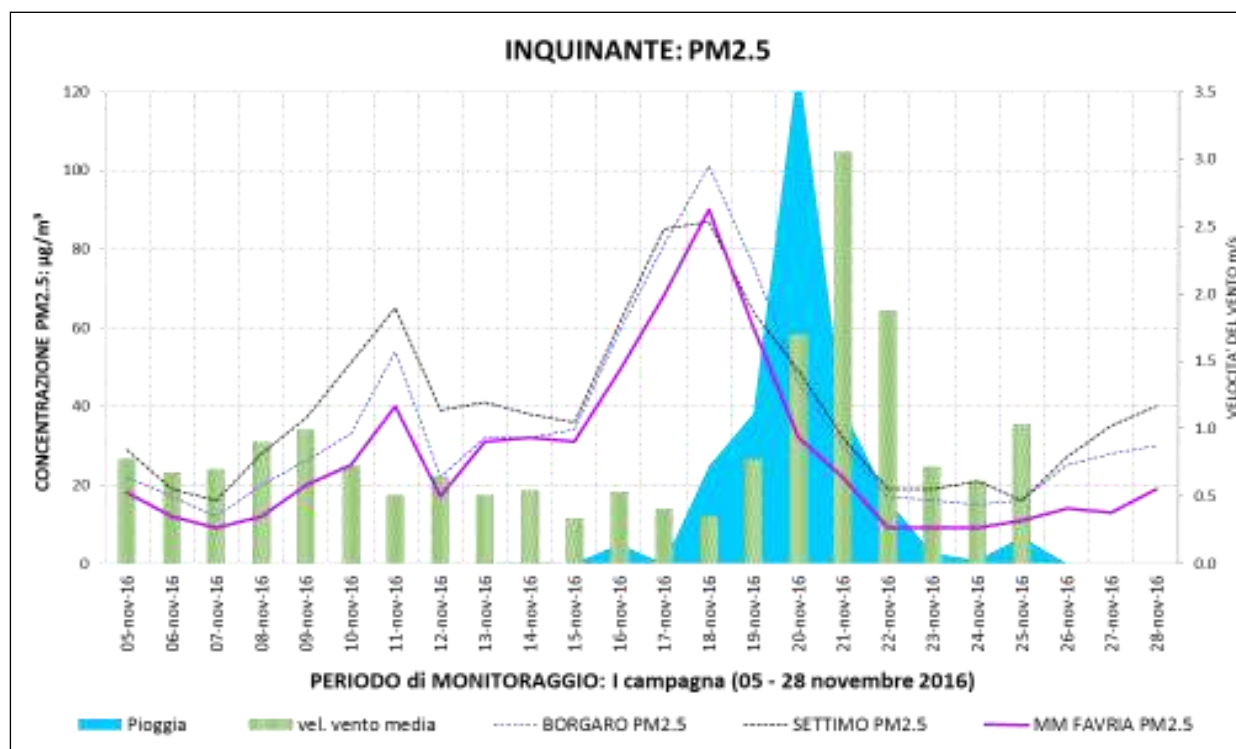
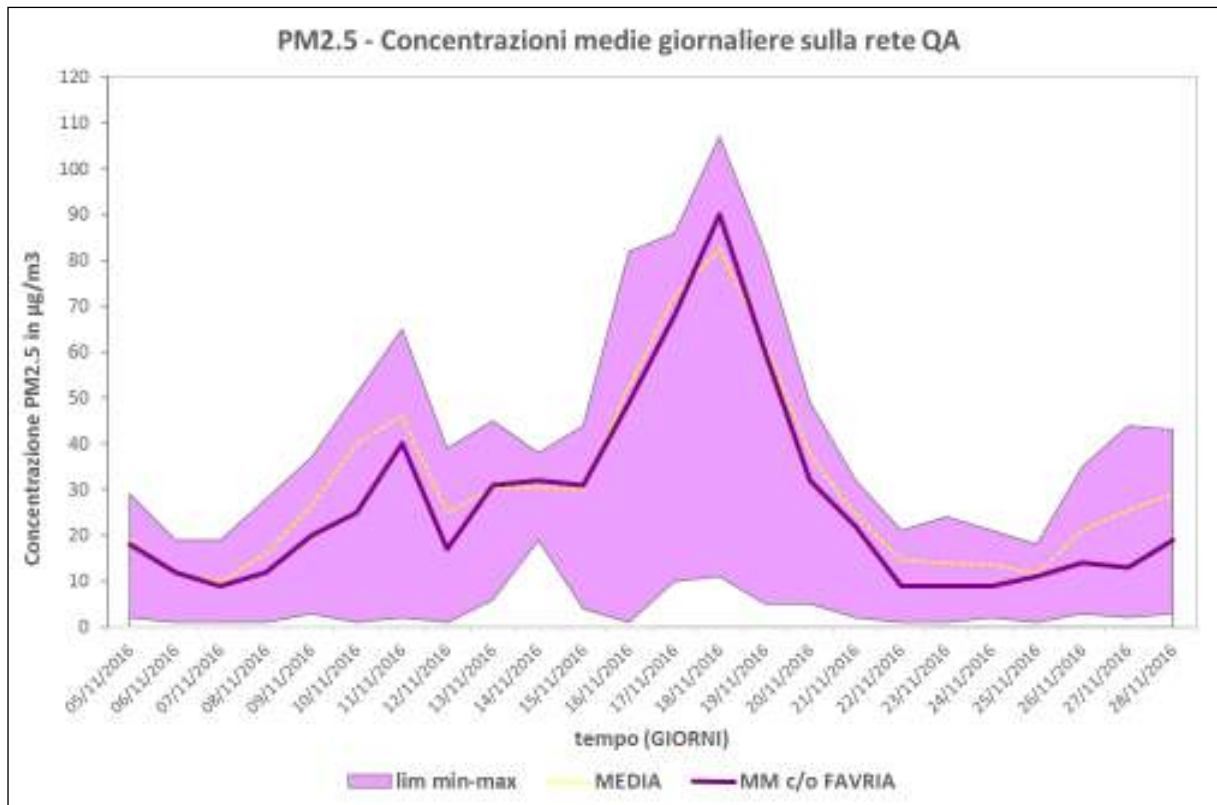


Figura 31: Particolato sospeso PM 2.5 e parametri meteorologici



Confrontando, [Figura 32](#), i livelli registrati a Favria con i livelli minimo e massimo misurati presso le stazioni della rete fissa provinciale si può evincere che le concentrazioni di il PM2.5 a Favria si collocano intorno, o leggermente al di sotto, della media registrata a livello provinciale.

Figura 32 – Particolato sospeso PM2.5: concentrazioni medie giornaliere durante la campagna invernale



Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)

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

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

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

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

I dati ricavati da test su animali di laboratorio indicano che molti IPA hanno effetti sanitari rilevanti che includono l'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)⁴ classifica il benzo(a)pirene nel gruppo 1 come "cancerogeno per l'uomo", il dibenzo(a,h)antracene nel gruppo 2A come "probabile cancerogeno per l'uomo" mentre tutti gli altri IPA sono inseriti nel gruppo 2B come "possibili cancerogeni per l'uomo".

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

Tabella 17 - 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

Analogamente agli altri inquinanti in cui esiste un limite di legge annuale (NO₂, Benzene, PM10, PM2.5) e visto che la durata del monitoraggio del sito di Favria è pari a due mesi distribuiti nel corso dell'anno in stagioni diverse, la media dei due mesi 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.

Dall'analisi dei dati notiamo che il benzo(a)pirene e gli altri IPA monitorati presentano concentrazioni analoghe ad altri siti della rete di monitoraggio provinciale, aventi le stesse condizioni d'inquinamento (vedi

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

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

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

Figura 33 ÷ Figura 36); il valore medio sia di benzo(a)pirene risulta molto vicino a quello registrato presso le stazioni di fondo urbano.

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 da cui emerge che presso il sito di Favria la media di BaP stimata è pari a 0.6 ng/m³ quindi inferiore al limite normativo.

Gli IPA determinati sul particolato PM_{2,5} seguono lo stesso andamento di quelle analizzati sul PM₁₀ e le concentrazioni riscontrate sono del tutto confrontabili, avvalorando l'ipotesi che i vari IPA vengono adsorbiti totalmente sul particolato più fine come documentato in letteratura.

Tabella 18 - Laboratorio mobile ARPA presso Favria- concentrazione IPA rilevati nel monitoraggio

Laboratorio mobile ARPA presso Favria - concentrazione IPA rilevati nel monitoraggio						
	Inverno		Estate		Media campagne	
	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5
Benzo(a)antracene (ng/m ³)	0.66	0.66	0.04	0.04	0.35	0.35
Benzo(b+j+k)fluorantene (ng/m ³)	2.4	2.4	0.04	0.04	1.23	1.23
Benzo(a)pirene (ng/m ³)	1.1	1.1	0.04	0.04	0.57	0.57
Indeno(1,2,3-cd)pirene (ng/m ³)	1.0	1.0	0.04	0.04	0.52	0.52

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, utilizzando come riferimento la stazione di Ivrea sia per la tipologia di sito sia per la sua vicinanza a Favria; per le concentrazioni nel PM_{2,5} il confronto è stato eseguito con la stazione di Torino-Lingotto, l'unica della Provincia nella quale vengono analizzate le concentrazioni degli IPA nel PM_{2.5}. Dal rapporto con la media dell'anno 2016 si è calcolato il fattore che, moltiplicato per il valore medio delle campagne a Favria, 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 Favria

M_c : media stimata anno 2015 per ogni parametro IPA di Favria

m_p : media periodo campagne per ogni parametro IPA nella stazione di Ivrea

M_p : media anno 2015 per ogni parametro IPA nella stazione di Ivrea

Figura 33 - Benzo(a)antracene confronto della media campagna invernale e primaverile con media anno 2016 nella provincia di Torino

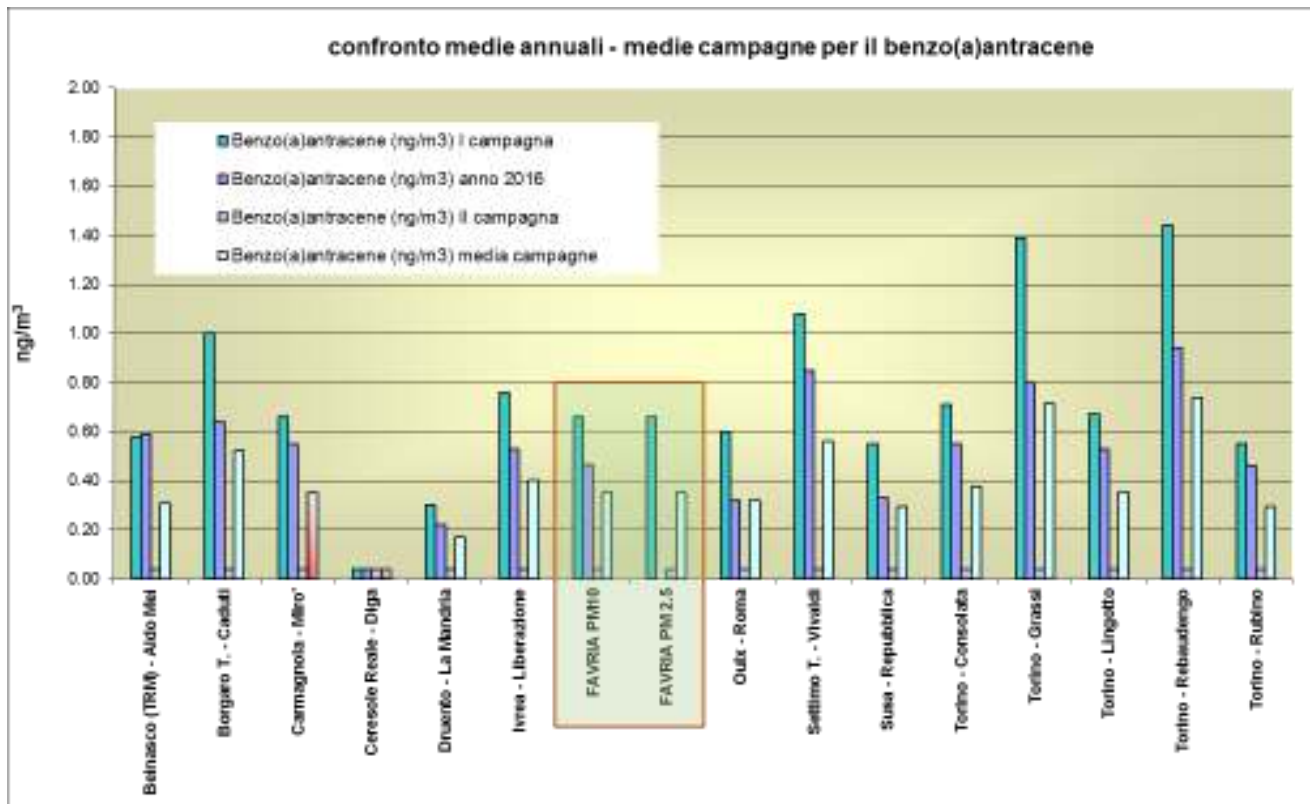


Figura 34 - Benzo(b+j+k)fluorantene confronto della media campagna invernale e primaverile con media anno 2016 nella provincia di Torino

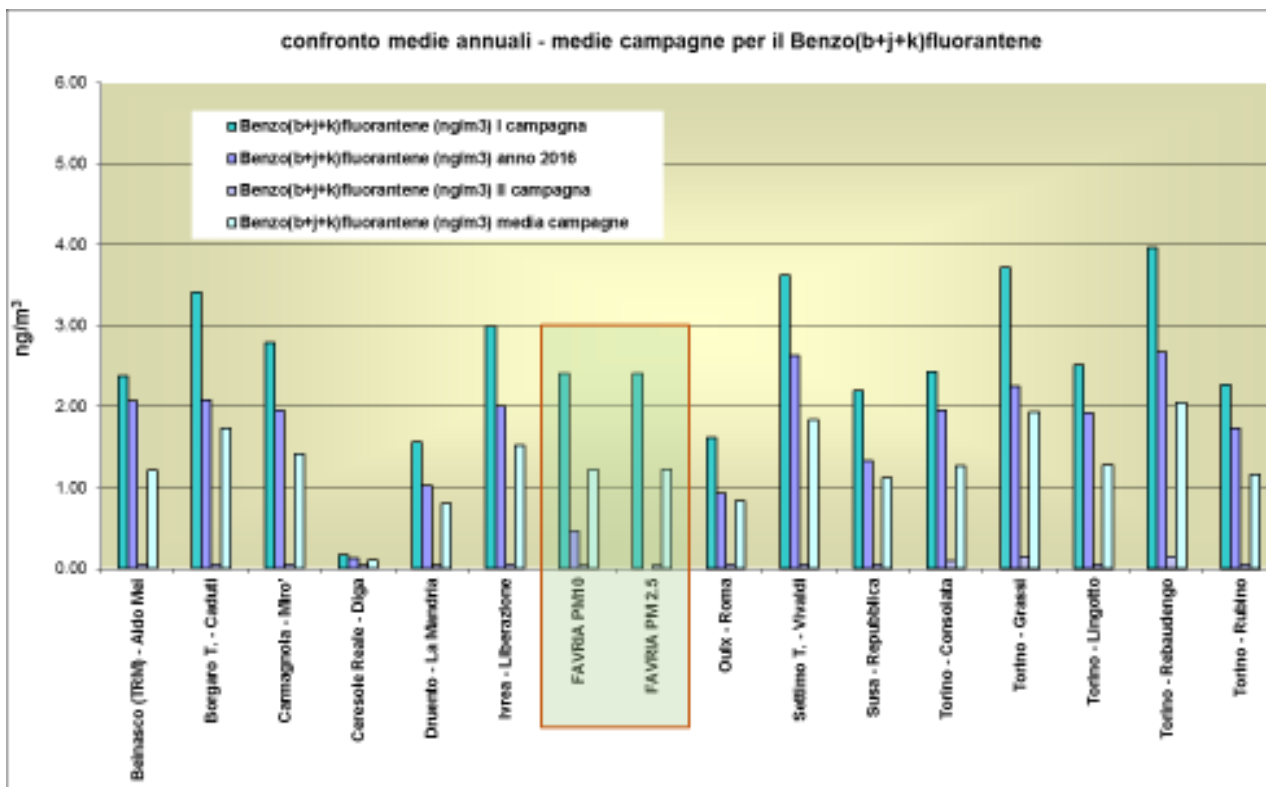


Figura 35 - Benzo(a)pirene confronto della media campagna invernale e primaverile con media anno 2016 nella provincia di Torino

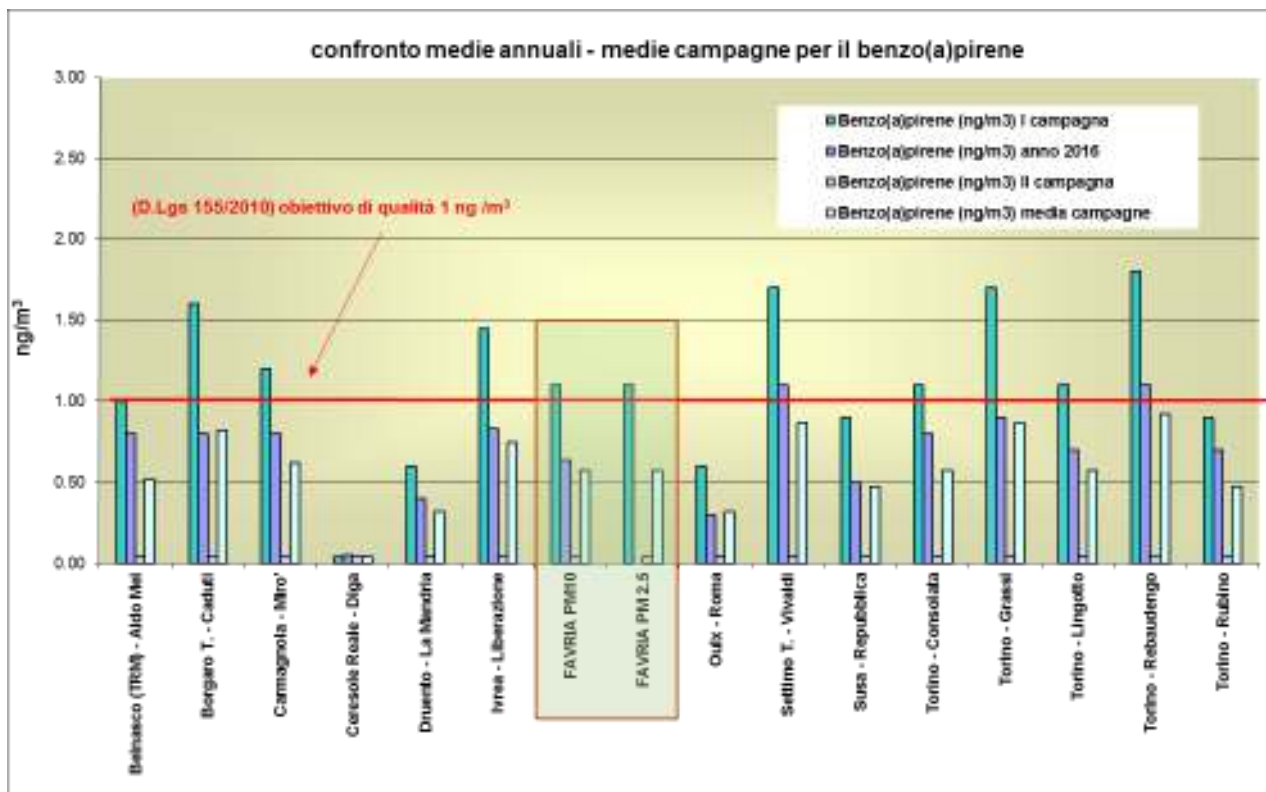
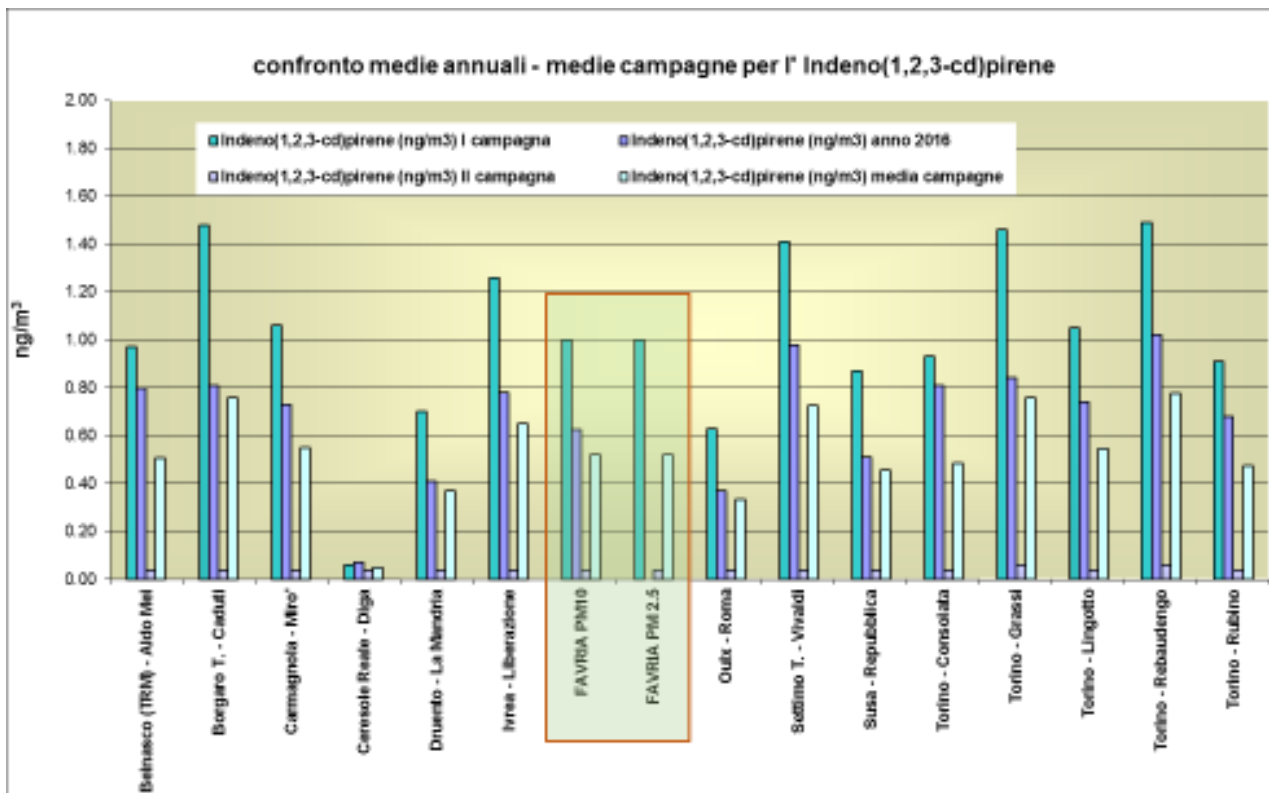


Figura 36 - Indeno(1, 2, 3-cd)pirene confronto della media campagna invernale e primaverile con media anno 2016 nella provincia di Torino



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 (nicel) e Pb (piombo), che sono veicolati dal particolato atmosferico.

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

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

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

Tabella 19 - valori obiettivo per As, Cd e Ni e il valore limite per la protezione della salute umana per il Pb previsti dal D.Lgs. 13/8/2010 n. 155

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

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 µg/m³ per l'intera vita, quattro persone su diecimila siano a rischio di contrarre il cancro.

Nella Tabella 19 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.

Anche per i quattro metalli monitorati nell'indagine, visto che la durata del monitoraggio di Favria oggetto della relazione è pari a circa 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, della stazione di riferimento di Ivrea - Liberazione; per le concentrazioni nel PM_{2.5} il confronto non è stato eseguito poiché le concentrazioni dei metalli nel PM_{2.5} sono state analizzate, nell'unico punto di misura della Provincia (Torino- Lingotto), fino al 2015.

Dal rapporto con la media dell'anno 2016 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne a Favria permette di ricavare la stima annuale nel PM10:

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

dove

m_c : media periodo campagne per ogni metallo Favria

M_c : media stimata anno 2015 per ogni metallo Favria

m_p : media periodo campagne per ogni metallo Ivrea - Liberazione

M_p : media anno 2015 per ogni metallo Ivrea - Liberazione

Il valore stimato di media annuale per tutti i metalli considerati è abbondantemente inferiore al valore obiettivo in vigore. Le concentrazioni di piombo, arsenico, nichel e cadmio sono omogenee in tutto il territorio provinciale, nelle stazioni analoghe al sito di monitoraggio ed inferiori alle stazioni site nella Città di Torino.

Le concentrazioni dei metalli determinati su PM_{2.5} seguono lo stesso andamento di quelli analizzati su PM₁₀.

Tabella 20 - Laboratorio mobile ARPA presso Favria - concentrazione dei quattro metalli rilevati nel monitoraggio

Laboratorio mobile ARPA presso Favria: concentrazione dei quattro metalli rilevati nel monitoraggio						
	Inverno		Estate		Media campagna	
	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5
Arsenico (ng/m ³)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Cadmio (ng/m ³)	0.1	0.1	0.02	0.02	0.06	0.06
Nichel (ng/m ³)	2.8	0.6	1.6	1.6	2.20	1.15
Piombo (µg/m ³)	0.006	0.005	0.004	0.004	0.005	0.005

Figura 37 - Arsenico confronto della media campagna invernale e primaverile con media anno 2016 nella provincia di Torino

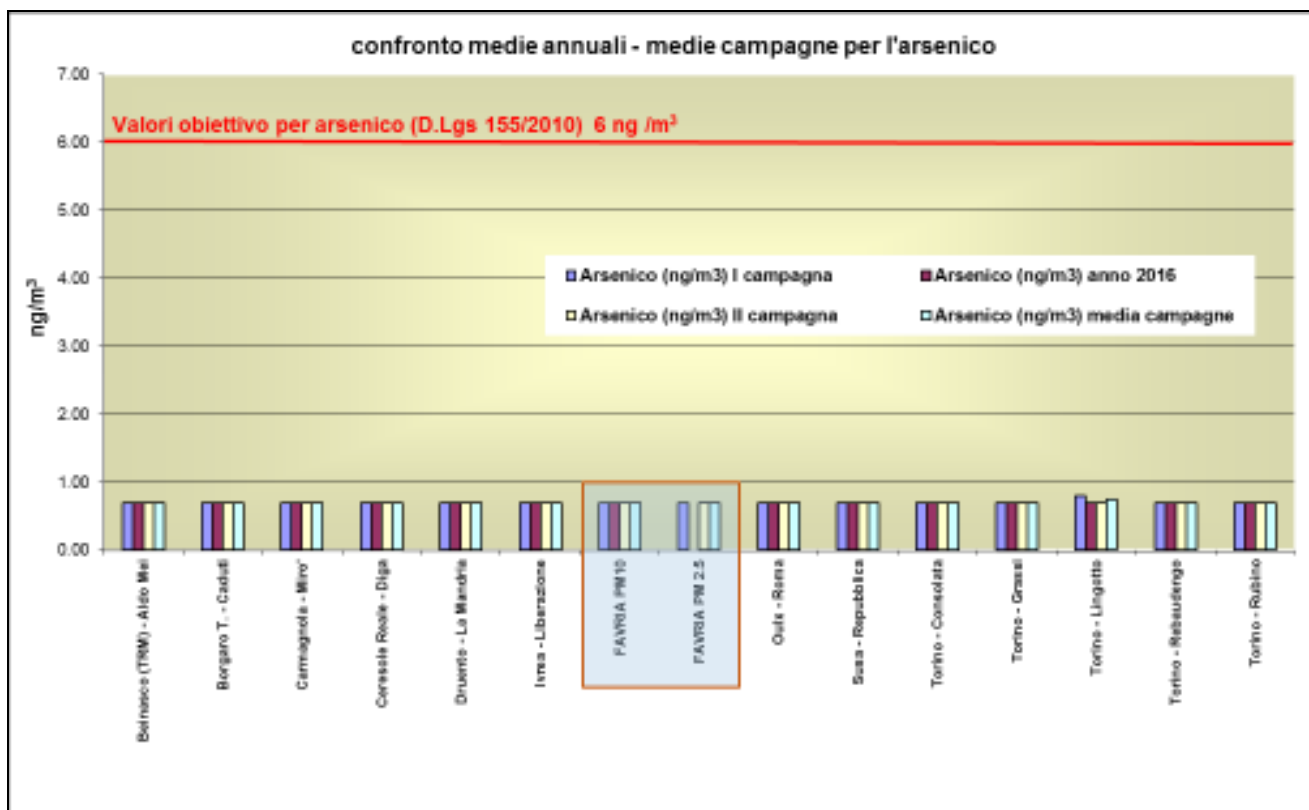


Figura 38 - Cadmio confronto della media campagna invernale e primaverile con media anno 2016 nella provincia di Torino

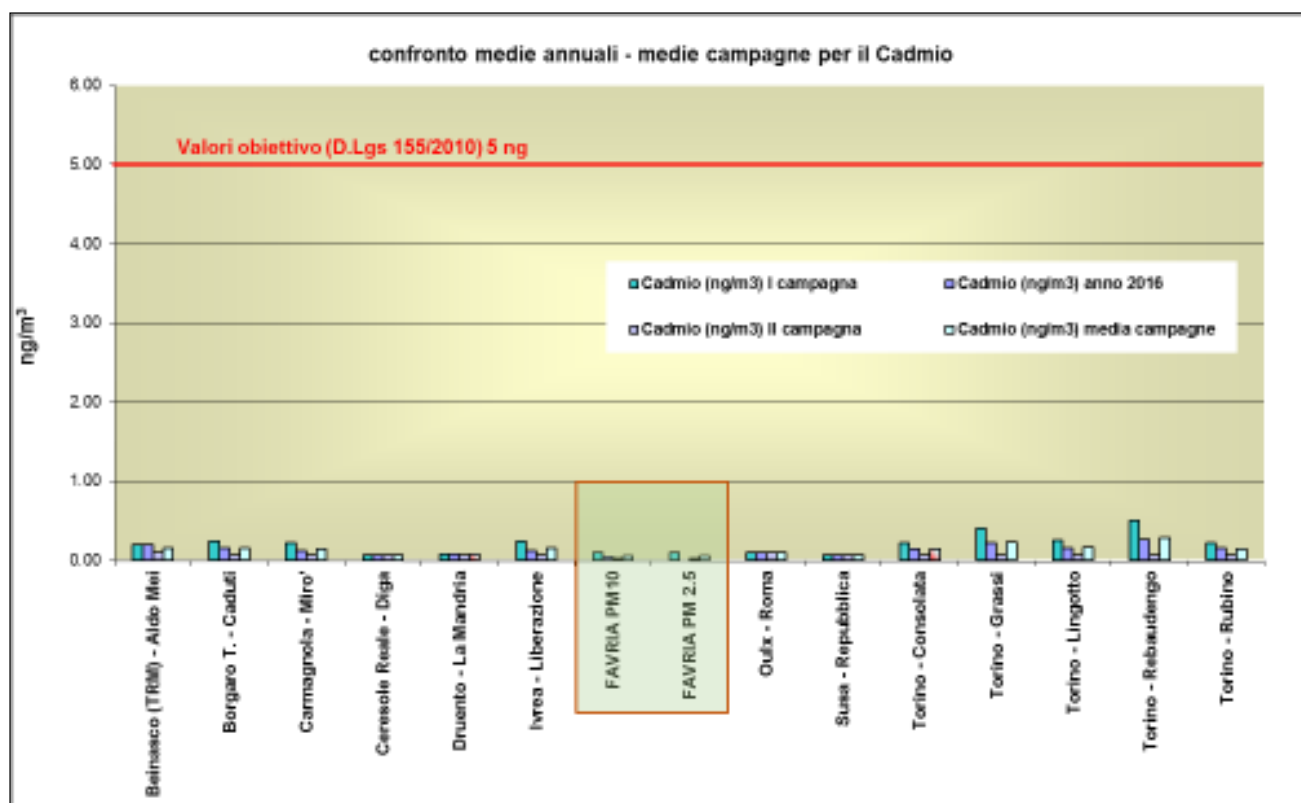


Figura 39 - Nichel confronto della media campagna invernale e primaverile con media anno 2016 nella provincia di Torino

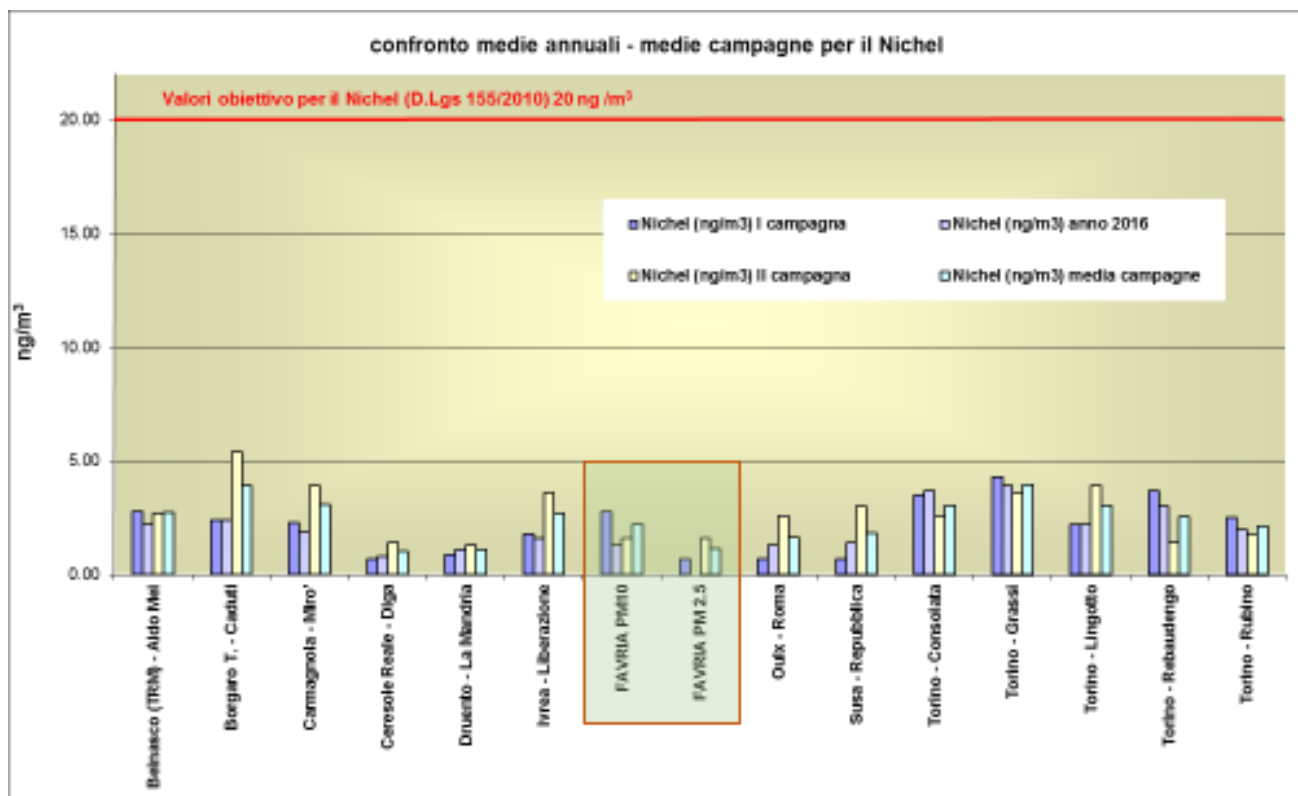
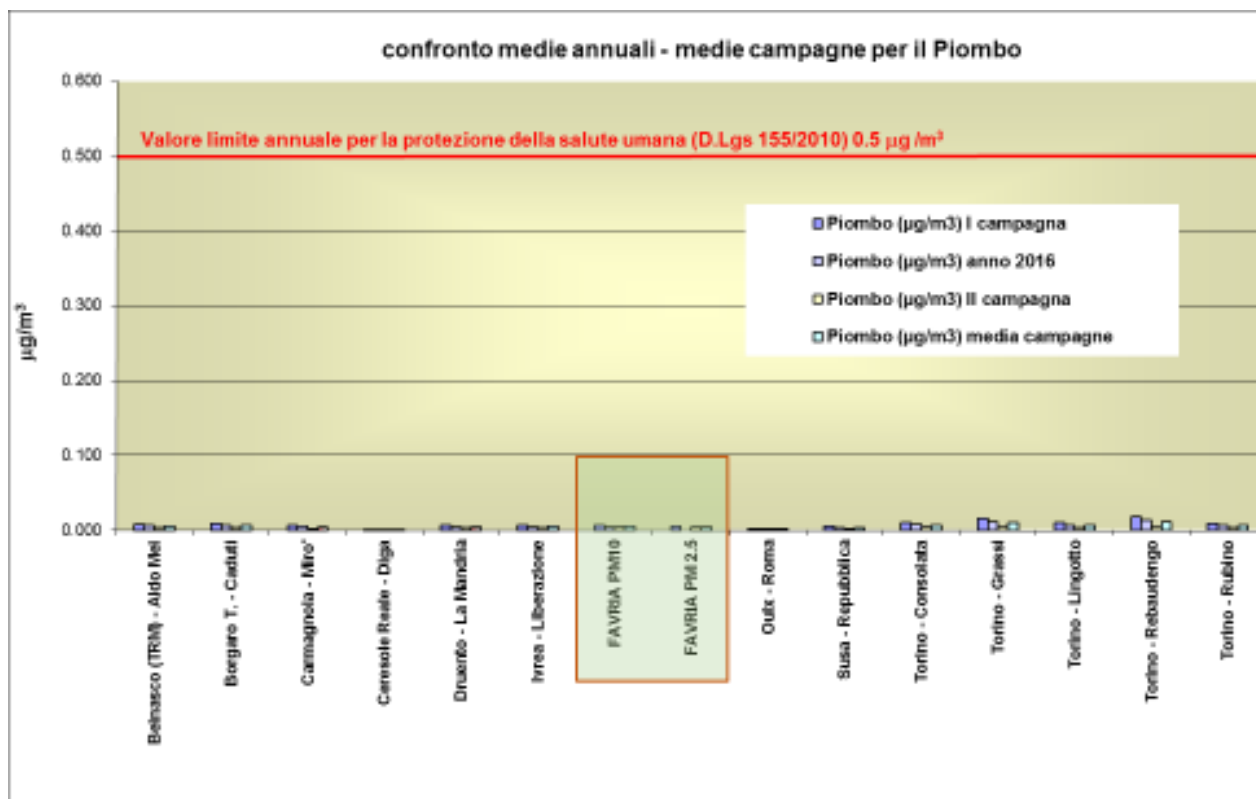


Figura 40 - Piombo confronto della media campagna invernale e primaverile con media anno 2016 nella provincia di Torino

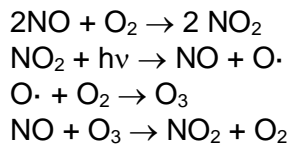


Ozono

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 (NOx) e i composti organici volatili (VOC).

I valori più alti di tale inquinante si raggiungono nella stagione calda quando la radiazione solare e la temperatura media dell'aria raggiungono i valori più alti dell'anno.

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



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

Al fine di proteggere la salute umana, la normativa prevede per l'ozono un valore obiettivo di 120 µg/m³ per la concentrazione media di 8 ore, da non superare per più di 25 giorni all'anno (come media su tre anni), durante la campagna estiva si sono registrati 20 superamenti di tale livello normativo e 1 superamento del livello informazione; il valore medio del periodo è pari a 88 µg/m³ con un valore massimo di 187 µg/m³, vedi [Tabella 21](#).

In inverno i valori sono molto più bassi dei periodi più caldi, la media dei valori orari è stata di 21 µg/m³, con una massima media oraria di 77 µg/m³; non si sono registrati superamenti.

Nella [Figura 41](#) si riporta il profilo della media mobile sulle 8 ore da cui si evincono i superamenti registrati nel periodo estivo.

Dal grafico in [Figura 42](#), in cui si riporta il profilo orario registrato a Favria e quello relativo ad alcune stazioni di fondo della rete di monitoraggio provinciale. Le concentrazioni misurate a Favria sono risultate complessivamente in linea, sia negli andamenti sia nelle quantità assolute, con quelle registrate nelle altre centraline della rete in particolare quelle della stazione di Druento, quest'ultima presenta in alcune giornate valori di picco più elevati.

Tabella 21 – Dati relativi all'ozono (O₃) (µg/m³)

	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	3	60
Massima media giornaliera	59	117
Media delle medie giornaliere (b):	21	88
Giorni validi	21	27
Percentuale giorni validi	100%	100%
Media dei valori orari	21	88
Massima media oraria	77	187
Ore valide	504	645
Percentuale ore valide	100%	100%
Minimo medie 8 ore	2	17
Media delle medie 8 ore	21	88
Massimo medie 8 ore	75	177
Percentuale medie 8 ore valide	100%	100%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (120)</u>	0	127
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 120)</u>	0	20
<u>Numero di superamenti livello informazione (180)</u>	0	1
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello informazione (180)</u>	0	1
<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 41 - O₃: confronto con i limiti di legge (media trascinata sulle 8 ore)

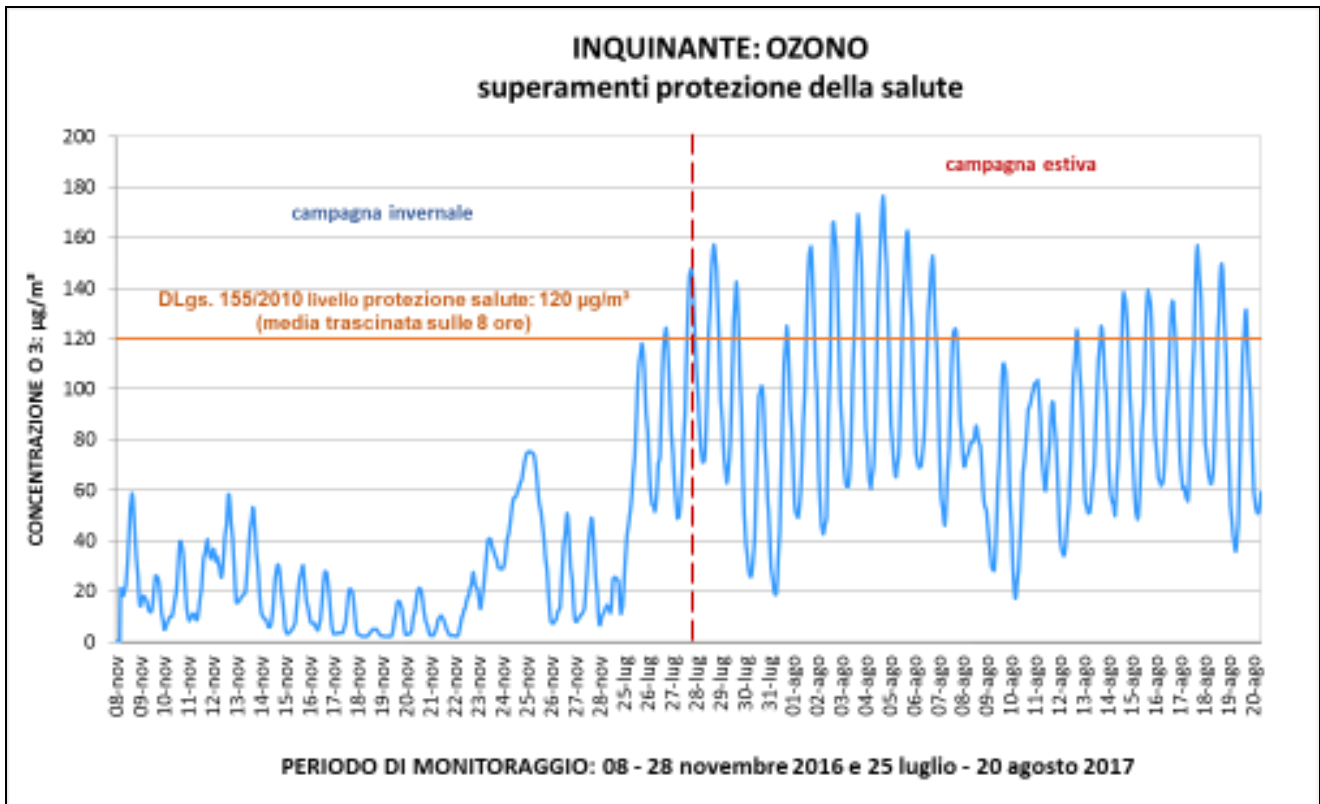
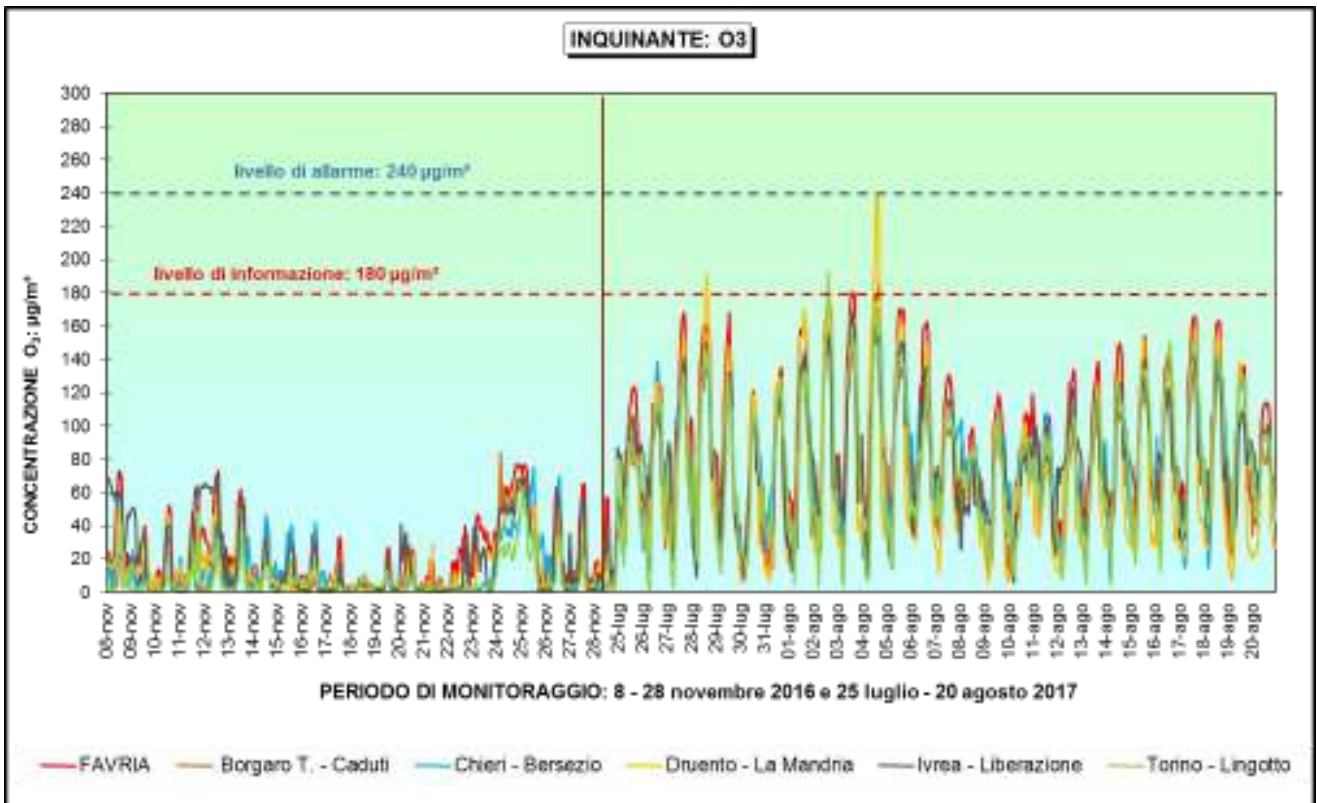


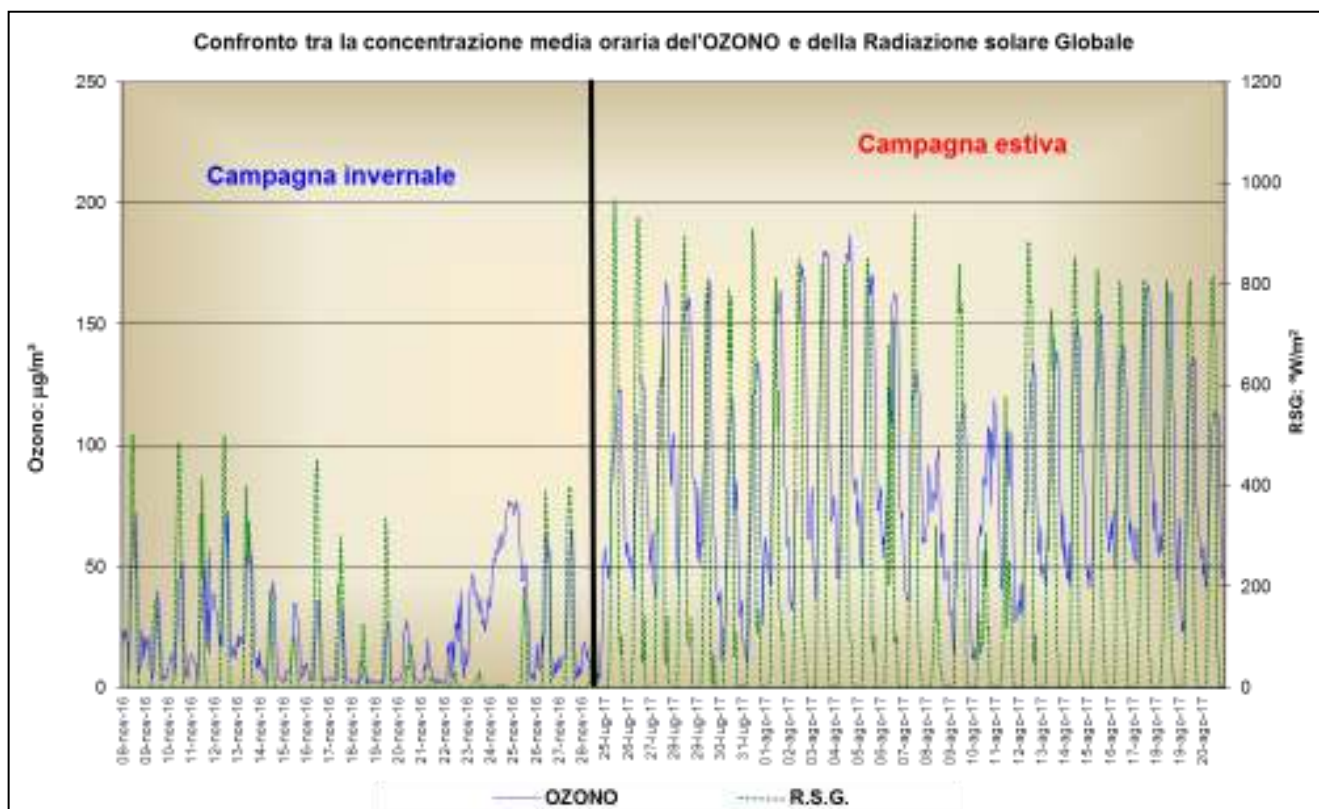
Figura 42 – O₃: andamento della concentrazione oraria e confronto con i limiti di legge nel periodo primaverile



Nella [Figura 43](#) e [Figura 44](#) si riporta la correlazione dei dati di ozono con i valori di radiazione solare e di temperatura durante le due campagne di monitoraggio. Come si può notare come le più elevate temperature e il maggiore irraggiamento solare hanno favorito una maggiore formazione di ozono nella campagna estiva rispetto a quella invernale.

I valori più alti di ozono sono tipici del periodo estivo, l'ozono è infatti un inquinante secondario che viene prodotto in atmosfera a partire da altri inquinanti (principalmente NOx e composti organici volatili VOC) a seguito di reazioni di tipo fotochimico, per questo motivo i valori più elevati delle concentrazioni medie orarie si hanno nei giorni con intensa insolazione e in assenza di coperture nuvolose.

Figura 43 - O₃ - andamento della concentrazione oraria e confronto con radiazione solare globale



Nella [Figura 45](#) si riporta il confronto tra le medie del periodo di misura (campagna estiva e campagna invernale) registrate a Favria con il laboratorio mobile e gli analoghi valori misurati nelle altre stazioni della rete fissa nello stesso periodo; vengono confrontate altresì le medie annuali del 2016 con quella stimata per il sito di Favria. Analogamente in [Figura 46](#) si riportano i superamenti. Il sito di Favria si colloca tra con i livelli più elevati, fanno eccezione solo le due stazioni di quota Ceresole e Baldissero.

Figura 44 – O₃ andamento della concentrazione oraria e confronto con radiazione solare

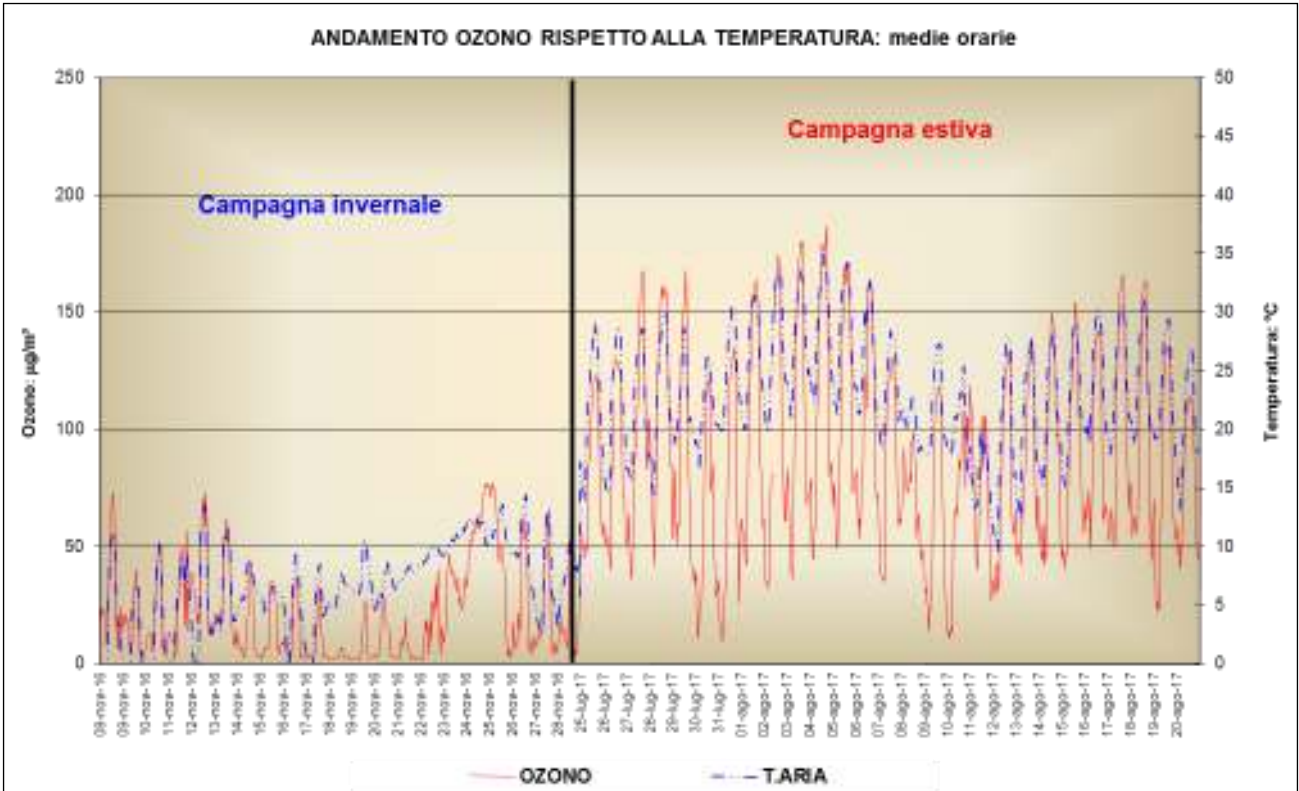


Figura 45 - O₃ confronto delle medie del periodo e medie anno 2016

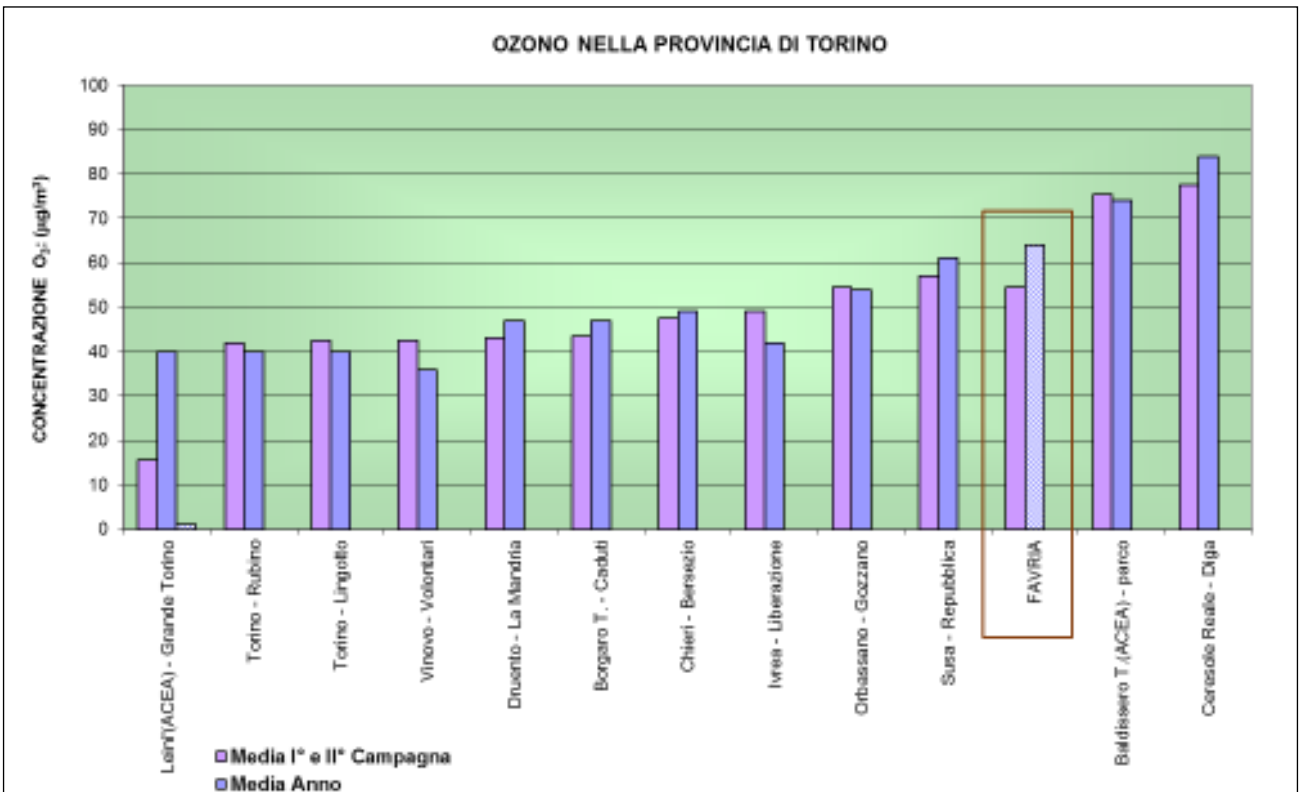
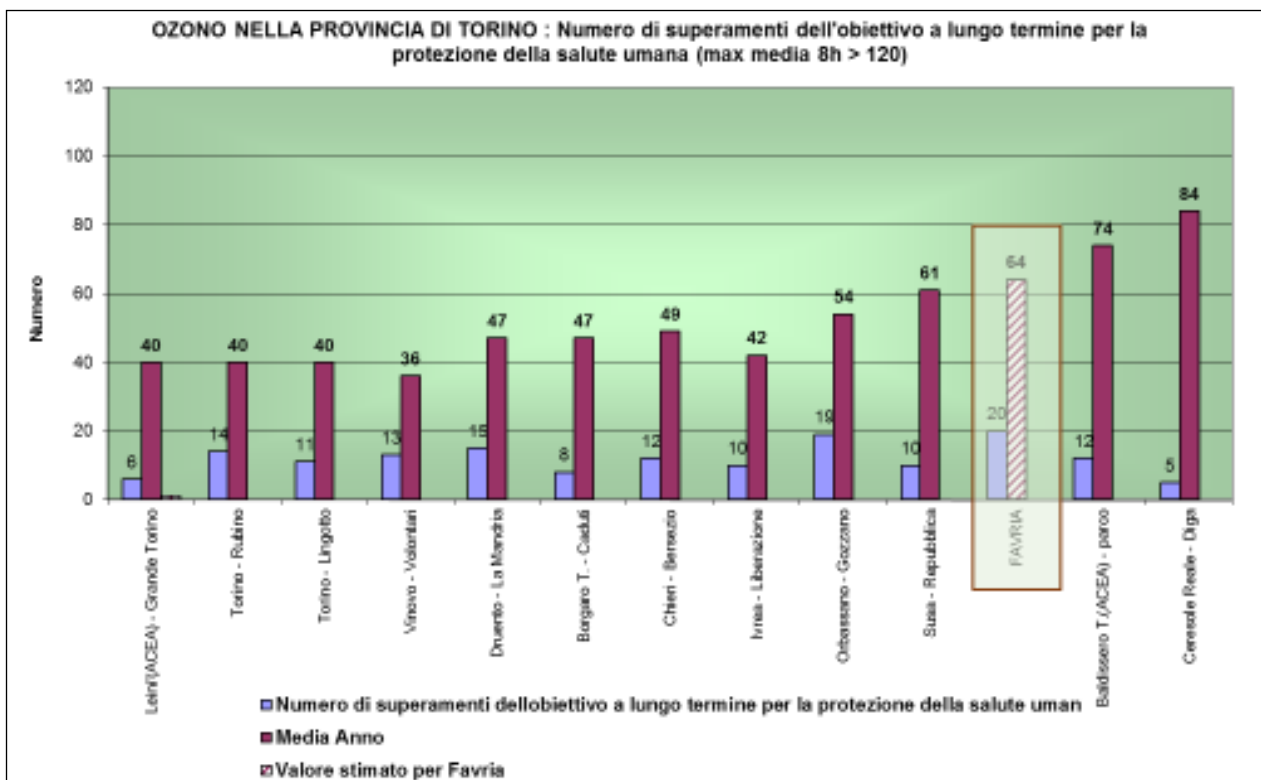


Figura 46 - O₃ confronto dei superamenti registrati nel periodo e *nell'anno 2016*



CONCLUSIONI

Lo stato della qualità dell'aria che emerge dalle campagne di monitoraggio del comune di Favria risulta simile a quello misurato in siti di fondo urbano/suburbano.

Le soglie di allarme non sono mai state superate per gli inquinanti (ozono, biossido di zolfo e biossido di azoto), per i quali la normativa prevede tale tipo di limite; sono inoltre stati rispettati i valori limite per la protezione della salute umana su base oraria e giornaliera per biossido di zolfo, monossido di carbonio e biossido di azoto ovvero tutti gli inquinanti per i quali sono previsti dalla normativa specifici valori di riferimento sul breve periodo, ad eccezione del particolato atmosferico PM10. Infatti, per quest'ultimo sono stati registrati 3 superamenti del valore limite giornaliero per la protezione della salute ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) nel periodo invernale; il numero massimo di giorni di superamento consentito dalla normativa è di 35 in un anno civile.

Per quanto riguarda il rispetto di tale valore limite, il confronto con i valori rilevati dalle altre stazioni provinciali nello stesso periodo mostra come i valori siano tipici di quella di una stazione di fondo urbano. Poiché le stazioni fisse che hanno mostrato nel periodo di monitoraggio un numero di giorni di superamento molto simile al sito in esame non presentano tutte su base annuale il superamento del numero massimo di giorni consentiti, è del tutto presumibile che il valore limite sia rispettato anche nel sito oggetto del monitoraggio.

Per quanto riguarda il valore limite su base annuale del PM10, è stata calcolata una stima della media annuale sulla base dei valori registrati a Pinerolo, ottenendo una media di $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$, inferiore quindi al valore limite annuale per il PM10.

Per quanto riguarda il PM2.5 la stima del valore medio annuale, pari a $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$, inferiore al valore limite di $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ previsto dal D.Lgs 155/2010

I dati di PM2.5 acquisiti mostrano come la frazione che compone il PM10 sia costituita per una percentuale significativa da particolato secondario, come è peraltro caratteristico dell'area urbana torinese.

Le stime dei valori annuali di benzene non hanno evidenziato superamenti come per il benzo(a)pirene la cui media annuale stimata risulta pari a $0,6 \text{ ng}/\text{m}^3$.

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.

Durante le campagne di misura sono stati registrati superamenti dei limiti normativi per quanto riguarda l'ozono (periodo estivo), in maniera analoga a quanto avvenuto in altre stazioni della rete fissa, in particolare di fondo. L'ozono ha registrato valori complessivamente in linea, sia negli andamenti che nelle quantità assolute, con quelle registrate nelle altre centraline della rete. Non è stata in ogni caso evidenziata nessuna criticità prettamente locale legata a tale inquinante che è di fatto ubiquitario.

In conclusione, la valutazione congiunta di tutti gli inquinanti monitorati non ha evidenziato criticità per l'area rappresentata dal sito di monitoraggio scelto differenti rispetto a quelle già evidenziate per stazioni fisse di tipo urbano/suburbano interessate da fonti emissive dovute ad attività antropiche, quali traffico veicolare e riscaldamento domestico, presenti nella RRQA, ma piuttosto una situazione dipendente dalle emissioni diffuse su tutta l'area circostante e modulate dalle condizioni meteorologiche e, in particolare per gli inquinanti di natura prevalentemente secondaria, dalla fotochimica dell'atmosfera.

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 – PM2.5; campionamento delle particelle sospese con diametro aerodinamico inferiore a 10 e 2.5 µm in aria ambiente, con testa di prelievo EPA.
Analisi gravimetrica su filtri in fibra di quarzo MILLIPORE di diametro 47 mm.

- **Stazione meteorologica** **LSI LASTEM**

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

- **Benzene, Toluene, Xileni** **SINTECH SPECTRAS CG 855 serie 600**

Gasromatografo con doppia colonna, rivelatore PID (fotoionizzazione)

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