


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

CAMPAGNA DI RILEVAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA
CON UTILIZZO DEL LABORATORIO MOBILE NEL COMUNE DI CIRIÈ
RELAZIONE FINALE

Dal 12 ottobre al 7 novembre 2018 e dal 3 luglio al 1 agosto 2019



CODICE DOCUMENTO: F06_2018_00378_015

Redazione	Funzione: Tecnico S.S. Attività di Produzione	Data:	Firma:
	Nome: Dott.ssa Elisa Calderaro	22/06/2020	
Verifica e approvazione	Funzione: Responsabile S.S. Attività di Produzione		
	Nome: Dott. Carlo Bussi		

L'organizzazione della campagna di monitoraggio, l'elaborazione dei dati e la stesura della presente relazione sono state curate dai tecnici del Nucleo Operativo "Monitoraggio della Qualità dell'Aria" del Dipartimento Territoriale Piemonte Nord Ovest di Arpa Piemonte, dott.ssa Annalisa Bruno, dott.ssa Elisa Calderaro, dott.ssa Laura Gerosa, dott.ssa Laura Milizia, sig. Francesco Romeo, ing. Milena Sacco, sig. Roberto Sergi, coordinati dal Dirigente dott. Carlo Bussi.

Si ringrazia il personale del Comune di Ciriè per la collaborazione prestata.

INDICE

Considerazioni generali sul fenomeno inquinamento atmosferico	3
L'aria e i suoi inquinanti.....	3
Il laboratorio mobile	4
Il quadro normativo	4
La campagna di monitoraggio	6
Obiettivi della campagna di monitoraggio.....	6
Elaborazione dei dati meteorologici.....	9
Elaborazione dei dati relativi agli inquinanti atmosferici.....	16
Monossido di carbonio.....	17
Ossidi di azoto	19
Benzene e Toluene.....	25
Particolato sospeso – pm10 e pm2.5.....	30
Ozono.....	40
Conclusioni.....	44
Appendice - specifiche tecniche degli analizzatori	45

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. Queste sostanze inquinanti sono generate principalmente da:

- traffico veicolare;
- attività industriali;
- combustione da impianti termoelettrici;
- combustione da riscaldamento domestico;
- smaltimento rifiuti (inceneritori e discariche).


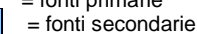
Tali sostanze possono essere distinte in due grandi gruppi:

- inquinanti primari ossia gli inquinanti emessi direttamente da sorgenti specifiche,
- inquinanti secondari 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.

Nella seguente tabella sono indicate le fonti principali e secondarie dei più comuni inquinanti atmosferici.

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

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", elaborata congiuntamente dalla Provincia di Torino, ora Città Metropolitana di Torino e da Arpa Piemonte, e consultabile sui seguenti siti internet:

<http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/territorio/torino/aria/Pubblicazioni>

<http://www.cittametropolitana.torino.it/cms/ambiente/qualita-aria/dati-qualita-aria/relazioni-annuali>

Alle medesime pubblicazioni si rimanda per una descrizione approfondita dei fenomeni meteorologici e del significato delle grandezze misurate.

Nei paragrafi seguenti sono descritti in dettaglio i risultati relativi ai diversi inquinanti oggetto di monitoraggio, in particolare per quanto riguarda il confronto con i limiti previsti dalla legislazione in materia di aria ambiente.

IL LABORATORIO MOBILE

Il controllo dell'inquinamento atmosferico nel territorio della Città Metropolitana di Torino 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 utilizzato sul territorio della Città Metropolitana di Torino è dotato della seguente strumentazione:

- una stazione meteorologica per la misurazione dei parametri: velocità e direzione vento, temperatura, umidità relativa, pressione atmosferica, irraggiamento solare;
- analizzatori per la misura in continuo di inquinanti chimici quali gli ossidi di azoto, il monossido di carbonio, l'ozono, il benzene, il toluene;
- campionatori di particolato atmosferico PM₁₀ e PM_{2.5}, la cui concentrazione è determinata in laboratorio per via gravimetrica.

Per un elenco più dettagliato in merito alla strumentazione si rimanda all'Appendice della presente relazione.

IL QUADRO NORMATIVO

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

La normativa quadro è rappresentata dal D.Lgs. 155/2010 (così come modificato dal D.Lgs 250/2012) che ha abrogato e sostituito le normative precedenti senza peraltro modificare i valori dei limiti di riferimento degli inquinanti normati. Il decreto stabilisce tre diverse tipologie di limiti di legge:

- **valori limite annuale** per la protezione della salute umana e degli ecosistemi, finalizzati alla prevenzione dell'inquinamento su lungo periodo, per gli inquinanti biossido di zolfo (SO₂), ossidi di azoto (NO_x), materiale particolato PM₁₀ e PM_{2.5}, piombo (Pb) e benzene;
- **valori limite giornalieri o orari** volti al contenimento di episodi acuti d'inquinamento per biossido di zolfo (SO₂), ossidi di azoto (NO_x), PM₁₀, e monossido di carbonio (CO);
- **soglie di allarme** per il biossido di zolfo (SO₂), il biossido di azoto (NO₂) e l'ozono (O₃), superate le quali può insorgere rischio per la salute umana; quando si registra il superamento di tali soglie 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.

La normativa per la prevenzione a breve termine prevede soglie di informazione e di allarme che prendono in considerazione valori medi orari o valori medi giornalieri. Invece, per la prevenzione 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 introdotto nuovi indicatori relativi al PM_{2.5} ed in particolare:

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

La 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, definite con il D.M. del 13 marzo 2013.

In Tabella 2, Tabella 3 e Tabella 4 sono indicati i valori di riferimento previsti dalla normativa attualmente vigente per gli inquinanti che vengono monitorati con la stazione mobile di campionamento.

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

Tabella 2 – Valori limite per gli inquinanti atmosferici monitorati con la stazione mobile (D.Lgs. 155/10)

INQUINANTE	LIMITE	PERIODO DI MEDIAZIONE	VALORE DI RIFERIMENTO	SUPERAMENTI CONCESSI
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
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 µg/m ³ (NO ₂)	--
	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)	--
MONOSSIDO DI CARBONIO CO	Valore limite per la protezione della salute umana	media massima giornaliera su 8 ore	10 mg/m ³	---
PARTICOLATO PM10	Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	24 ore	50 µg/m ³	35 volte/anno civile
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 µg/m ³	---
PARTICOLATO PM2.5	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	25 µg/m ³	---
BENZENE	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	5 µg/m ³	---

INQUINANTE	LIMITE	PERIODO DI MEDIAZIONE	VALORE DI RIFERIMENTO	SUPERAMENTI CONCESSI
OZONO O ₃	Soglia di informazione	media oraria	180 µg/m ³	-
	Soglia di allarme	media oraria	240 µg/m ³	-
	Valore obiettivo per la protezione della salute umana	media su 8 ore massima giornaliera	120 µg/m ³ ⁽¹⁾	25 giorni/anno civile come media su 3 anni
	Valore obiettivo per la protezione della vegetazione	AOT40 calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	18.000 µg/m ³ *h come media su 5 anni ⁽²⁾	
	Valore obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione	AOT40 calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	6.000 µg/m ³ *h ⁽²⁾	

⁽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.

LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO

OBIETTIVI DELLA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO

La campagna di monitoraggio, condotta nel Comune di Ciriè da Arpa Piemonte, Dipartimento Territoriale Piemonte Nord Ovest, è stata effettuata in seguito alla richiesta dell'Amministrazione Comunale protocollo n°5615 del 07/02/2017 (prot. Arpa n°10662 del 08/02/2017).

In particolare, tale campagna è stata richiesta allo scopo di acquisire utili ed oggettivi riscontri circa l'attendibilità della modellistica attualmente utilizzata per la stima delle concentrazioni del PM10 presso il comune di Ciriè.

Il sito scelto per il posizionamento della stazione mobile di monitoraggio è stato individuato durante il sopralluogo effettuato in data 8 febbraio 2018 in presenza del Dott. Bergamasco, in qualità di Responsabile del Servizio Ambiente del Comune di Ciriè, ed è stato scelto tenendo in considerazione le esigenze tecniche e di sicurezza legate alla tipologia delle indagini ambientali che dovevano essere effettuate.

La campagna di monitoraggio preliminare, effettuata mediante il campionario di particolato atmosferico PM10 e la prima campagna di monitoraggio con il laboratorio mobile sono state effettuate in via A. Rosmini n°3 presso il parco di Villa Remmert. Su specifica richiesta del Comune, la seconda campagna di monitoraggio è stata effettuata all'esterno del parco di villa Remmert, su Via Alfieri all'altezza del numero civico 1 (Tabella 3).

Tabella 3 – Specifiche delle campagne effettuate presso il comune di Ciriè

MEZZO DI MISURA	PERIODO	INDIRIZZO	Coordinate UTM (S.R. WGS84)	
Campionatore gravimetrico PM10	14 marzo - 28 giugno 2018	Via Rosmini 3 c/o parco Villa Remmert	EST: 7°36' 08.1"	NORD: 45°13' 58.7'
Laboratorio mobile della qualità dell'aria	I CAMPAGNA periodo freddo 12 ottobre – 07 novembre 2018	Via Rosmini 3 c/o parco Villa Remmert	EST: 7°36' 08.1"	NORD: 45°13' 58.7'
	II CAMPAGNA periodo caldo 03 luglio – 01 agosto 2019	Via Alfieri 1	EST: 7°36'10"	NORD: 45°13'58"

Sono state previste due campagne di monitoraggio con il laboratorio mobile della qualità dell'aria in momenti diversi dell'anno, in modo da acquisire le informazioni ambientali in periodi caratterizzati da differenti condizioni meteo-climatiche.

In Figura 1 e in Figura 2 sono riportate le carte geografiche del sito scelto per effettuare il campionamento. **Figura 1 - Ubicazione della stazione mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Ciriè**



Figura 2 - Ubicazione della stazione mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Ciriè nelle due campagne di misura

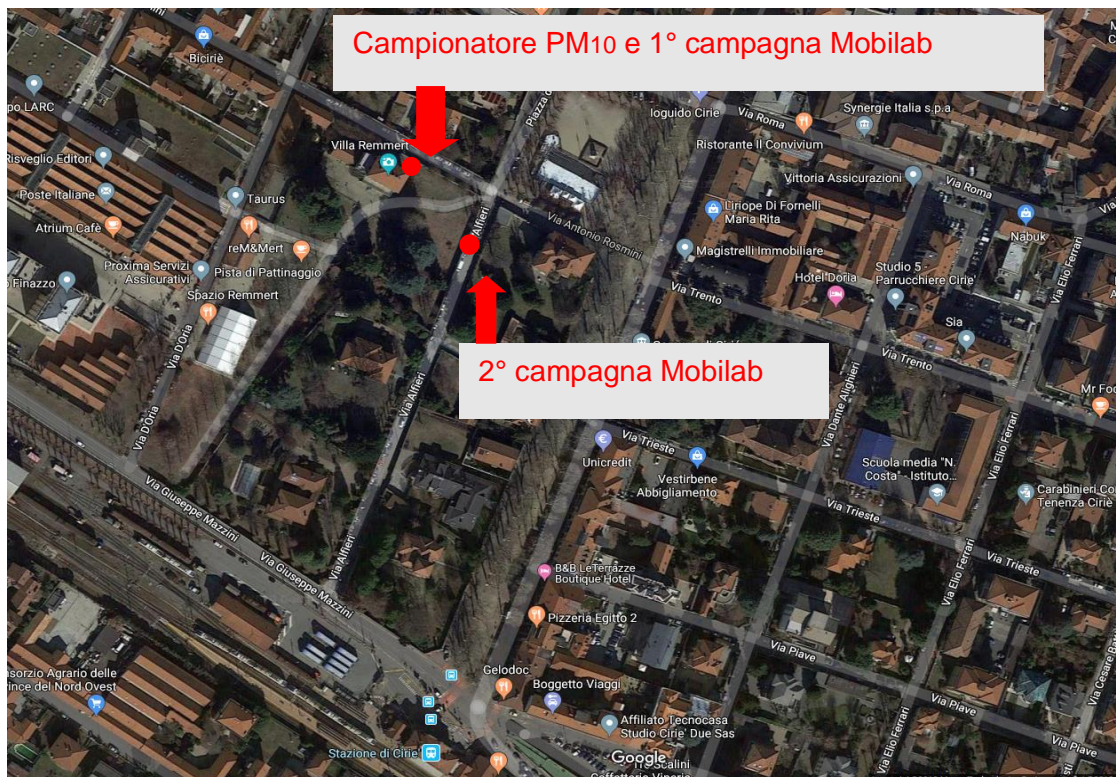


Figura 3: Ubicazione del Laboratorio Mobile nel comune di Ciriè (foto)



Le elaborazioni dei dati rilevati nel corso delle campagne di monitoraggio sono state effettuate considerando esclusivamente i giorni di campionamento completi, pertanto non vi è corrispondenza con le date di posizionamento e spostamento del laboratorio mobile. I dati utili per l'effettuazione delle elaborazioni della prima campagna vanno dal 13 ottobre al 6 novembre 2018, per un totale di 25 giorni, mentre per la seconda campagna di monitoraggio i dati utili vanno dal 4 luglio al 31 luglio 2019, per un totale di 28 giorni.

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.

Infatti, secondo quanto previsto dalla normativa vigente (allegato I del D.Lgs. 155/2010), una trattazione completa dovrebbe prevedere delle 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 di effettuare considerazioni di tipo comparativo.

Di seguito vengono riportati gli indici statistici e le elaborazioni complete degli inquinanti monitorati nel corso delle due campagne di monitoraggio.

Ai fini di una corretta interpretazione dei risultati delle campagne 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 della Città Metropolitana, ma non di quantificare il contributo di una determinata fonte rispetto alle altre sorgenti di inquinanti atmosferici presenti. Infatti, le strumentazioni di misura in aria ambiente come quelle installate sulla stazione mobile rilevano per loro natura la concentrazione complessiva di un determinato inquinante, vale a dire la somma dei contributi delle sorgenti d'inquinanti (traffico veicolare, impianti di riscaldamento civile, impianti industriali ecc.).

ELABORAZIONE DEI DATI METEOROLOGICI

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

I parametri meteorologici indagati sono elencati nella Tabella 4, unitamente alle rispettive abbreviazioni ed unità di misura:

Tabella 4: Parametri meteo misurati con il laboratorio mobile

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

Gli indici statistici dei parametri meteo rilevati durante le due campagne di misura sono riassunti nella seguente Tabella 5.

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

PARAMETRI METEO	RADIAZIONE SOLARE G.		TEMPERATURA		UMIDITÀ RELATIVA		PRESSIONE ATMOSFERICA		VELOCITÀ VENTO		PIOGGIA	
	U.M.	W/m ²	°C		%		hPa		m/s		mm	
	Aut.	Est.	Aut.	Est.	Aut.	Est.	Aut.	Est.	Aut.	Est.	Aut.	Est.
Minima media giornaliera	8.3	44.3	8.4	16.4	54.5	45.6	952	960.3	0.24	0.36	0	0
Massima media giornaliera	111.9	285.3	17.1	29	98.9	84.4	983.2	981.2	1.61	0.84	3.1	2.2
Media delle medie giornaliere	58.2	230.6	13.8	24.9	81.1	59.4	975.1	972.5	0.62	0.58	0.4	0.1
Giorni validi	25	26	25	26	24	26	25	26	19	26	25	26
Percentuale giorni validi	100%	93%	100%	93%	96%	93%	100%	93%	76%	93%	100%	93%
Media dei valori orari	58.2	233.5	13.8	25	81.1	59.2	975.1	972.6	0.59	0.58	0.4	0.1
Massima media oraria	652	959	25.8	34.1	99	97	985	983	3.2	2	12.4	13.2
Ore valide	600	639	600	639	576	639	600	639	485	619	600	640
Percentuale ore valide	100%	95%	100%	95%	96%	95%	100%	95%	81%	92%	100%	95%

Figura 4: Andamento della radiazione solare a Ciriè durante le due campagne di misura

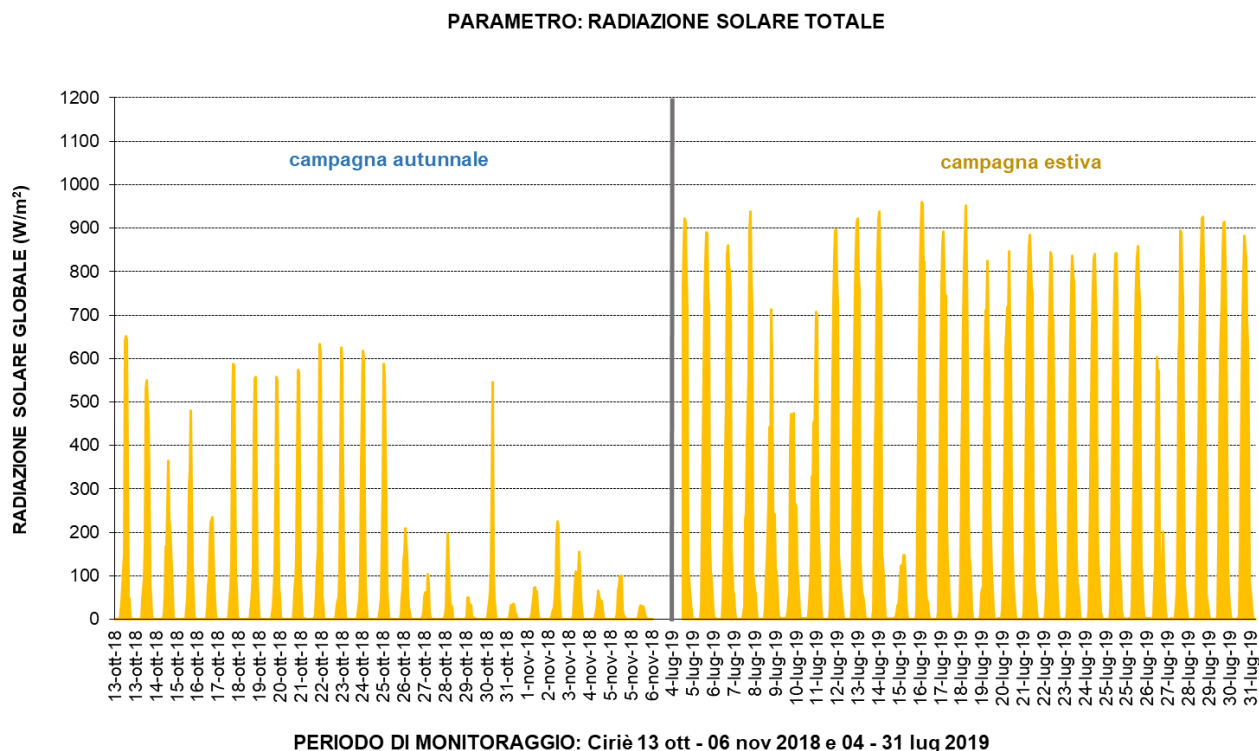


Figura 5: Andamento di temperatura a Ciriè durante le due campagne di misura

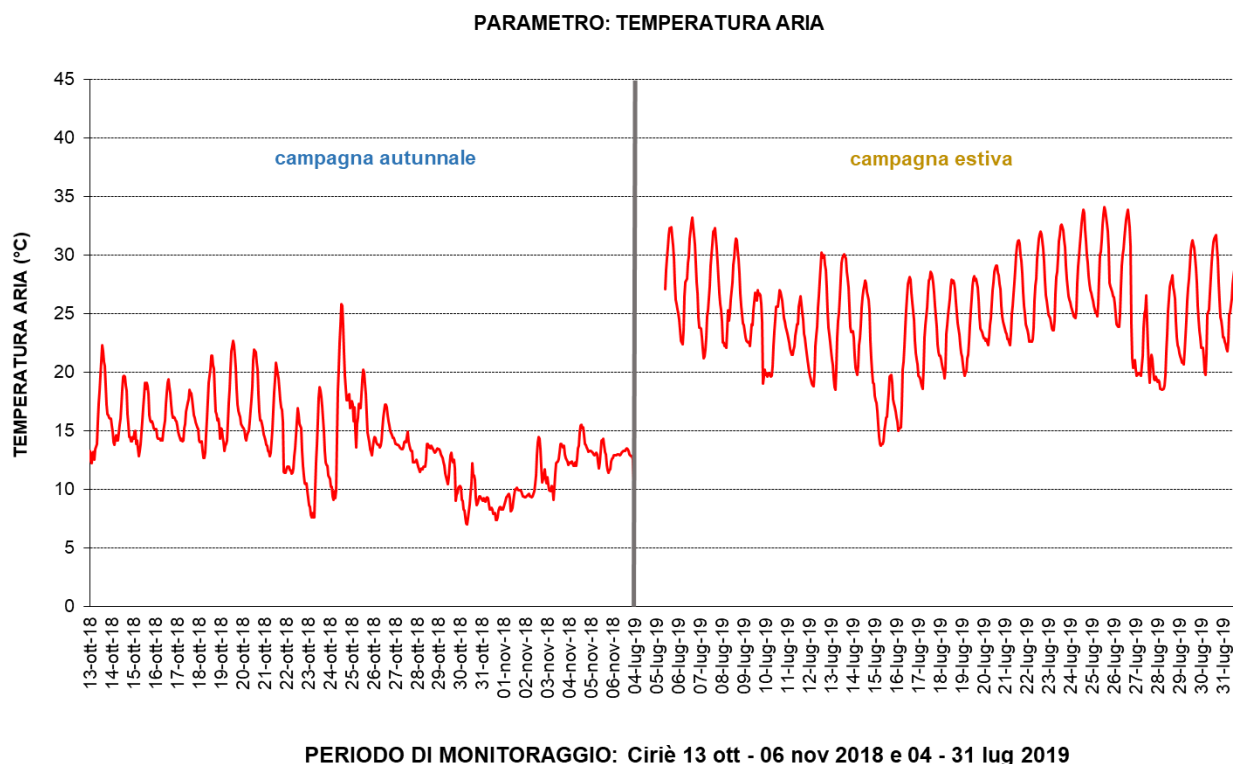


Figura 6: Andamento della umidità relativa a Ciriè durante le due campagne di misura

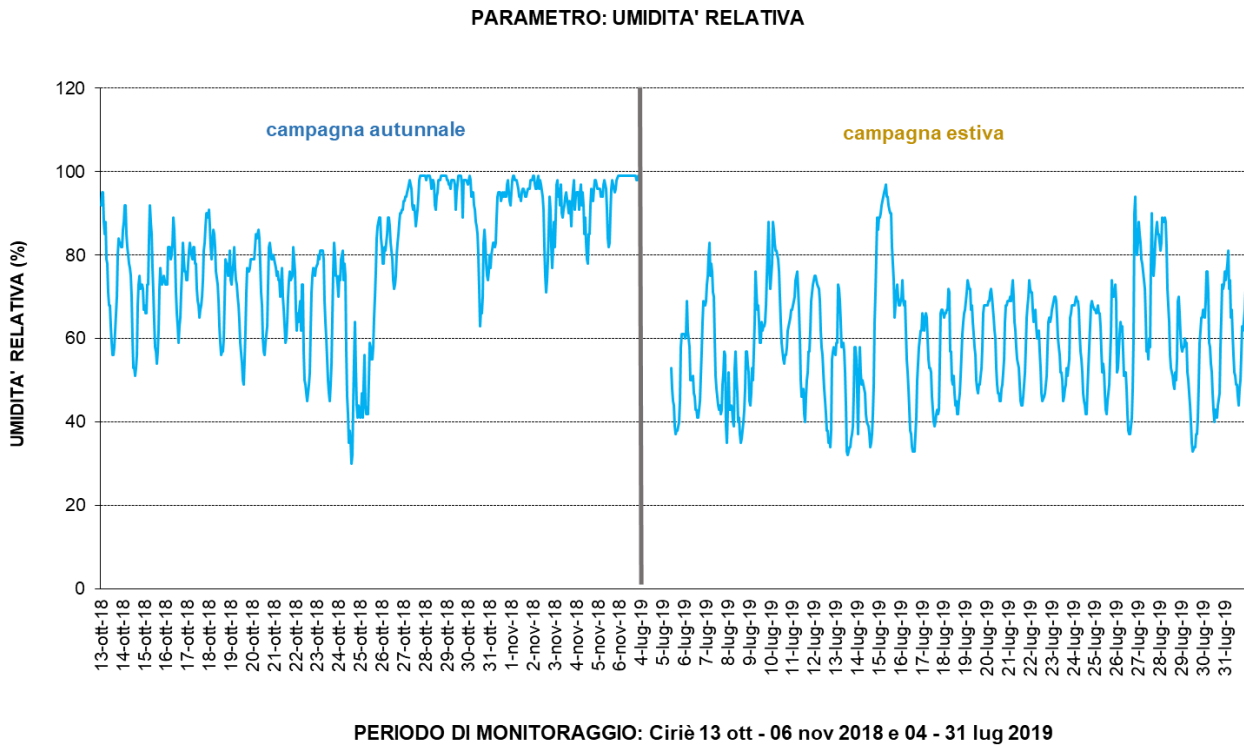


Figura 7: Andamento della pressione atmosferica a Ciriè durante le due campagne

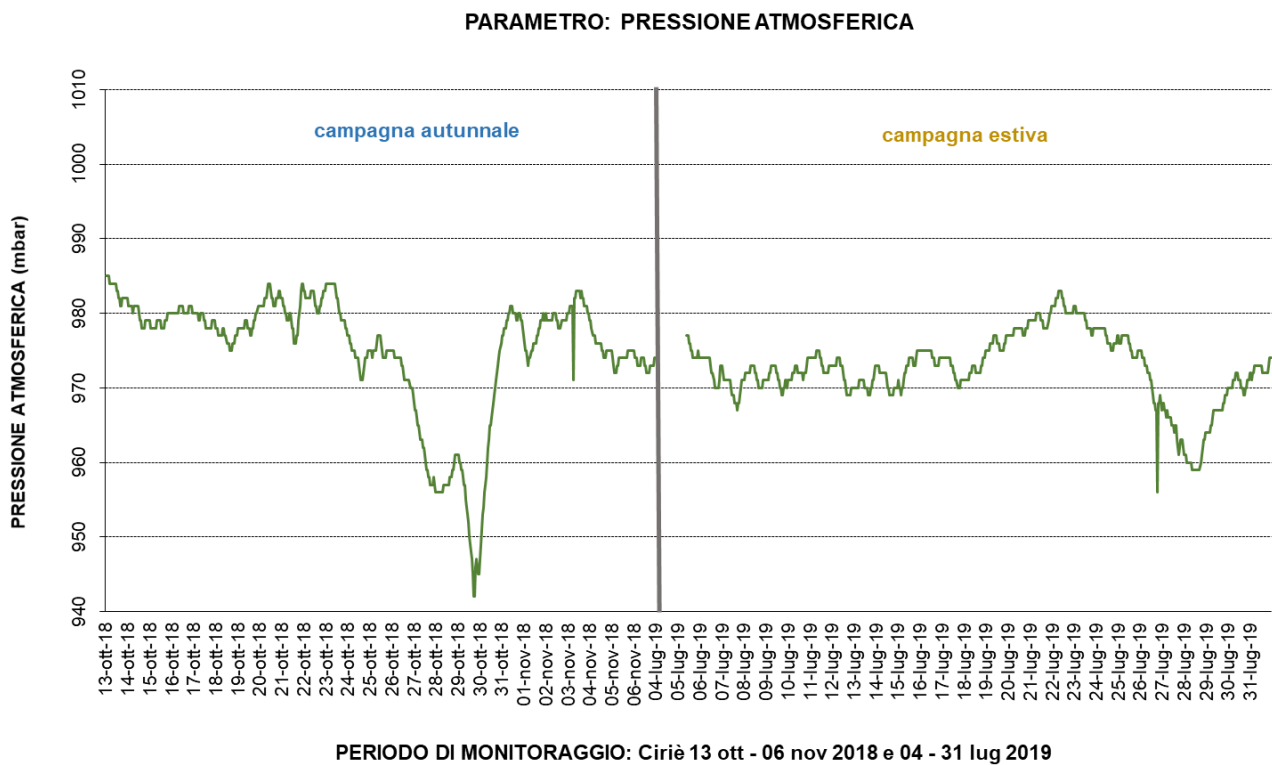


Figura 8: Andamento della velocità del vento a Ciriè durante le due campagne di misura

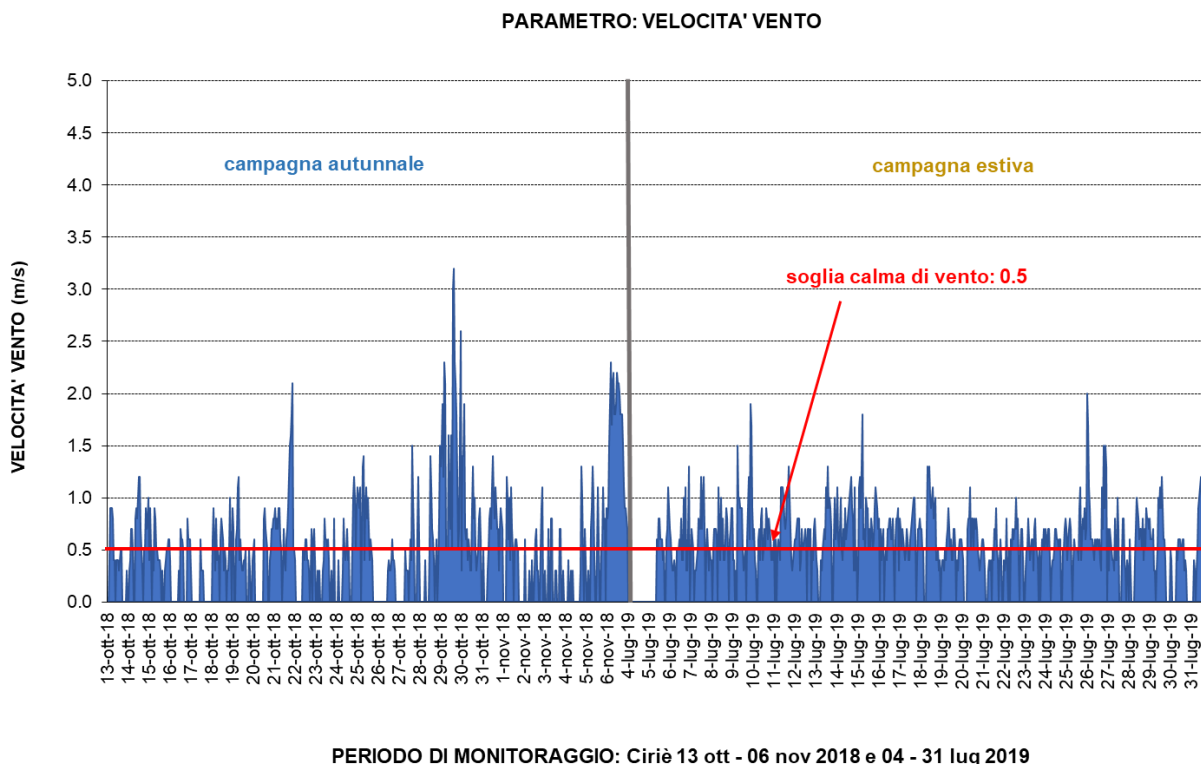
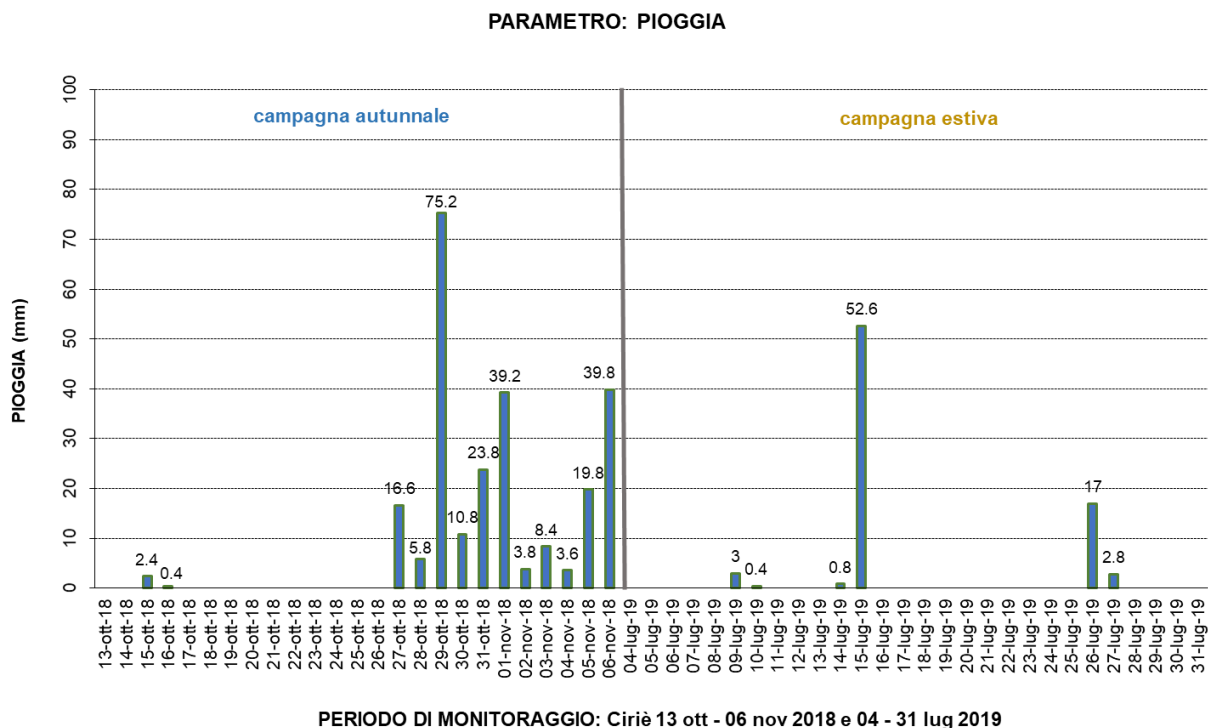


Figura 9: Dati relativi alla pioggia a Ciriè nel corso delle due campagne di monitoraggio



A livello regionale, la stagione autunnale 2018 è stata la settimana più piovosa degli ultimi 61 anni, con circa 478 mm medi di precipitazione caduta ed un surplus pluviometrico attorno ai 167 mm (pari al 54%) rispetto alla climatologia del periodo 1971-2000. Il contributo determinante all'anomalia pluviometrica positiva è stato dato dall'evento pluviometrico dei giorni 27 ottobre-7 novembre 2018. In tale occasione le piogge sono state intense e persistenti su tutto il Piemonte.

Questa situazione depressionaria ha interessato anche il territorio del comune di Ciriè nel corso della seconda metà della campagna autunnale. Le intense precipitazioni hanno portato i valori di umidità relativa prossimi al 100% (Figura 6).

Nel corso della giornata del 29 ottobre è stato misurato, con 75,2 mm di pioggia caduta al suolo (Figura 9), il maggior quantitativo di precipitazioni rilevato durante le 2 campagne di monitoraggio. Sempre in quella data è stato osservato il minimo valore di pressione atmosferica (Figura 7), pari a 952 hPa e si sono registrati i valori massimi medi orari di velocità del vento, con 3.2 m/s (Figura 8). Queste condizioni hanno determinato per il giorno successivo, il 30 ottobre, un abbassamento delle temperature che hanno raggiunto il valore minimo di 7° C (Figura 5). Invece, la temperatura massima è stata raggiunta il giorno 24 ottobre, con 25.8°C, a causa di un episodio di foehn che si è manifestato nel corso della giornata.

Durante la campagna estiva è stata registrata una temperatura media di 24.9 °C, mentre i valori minimi e massimi hanno oscillato tra 16.4 °C (15 luglio) e 29 °C (25 luglio). A livello regionale l'estate 2019 ha avuto un'anomalia termica positiva di circa 2.1 °C rispetto alla media del periodo 1971-2000 ed è risultata la 4° stagione estiva più calda nella distribuzione degli ultimi 62 anni, con luglio come mese più caldo. Tuttavia, il giorno 15 luglio sono stati misurati su tutto il Piemonte i valori di temperatura media più bassi del periodo a causa di un nucleo di bassa pressione che ha portato precipitazioni mediamente moderate con picchi locali di forte intensità (Figura 9).

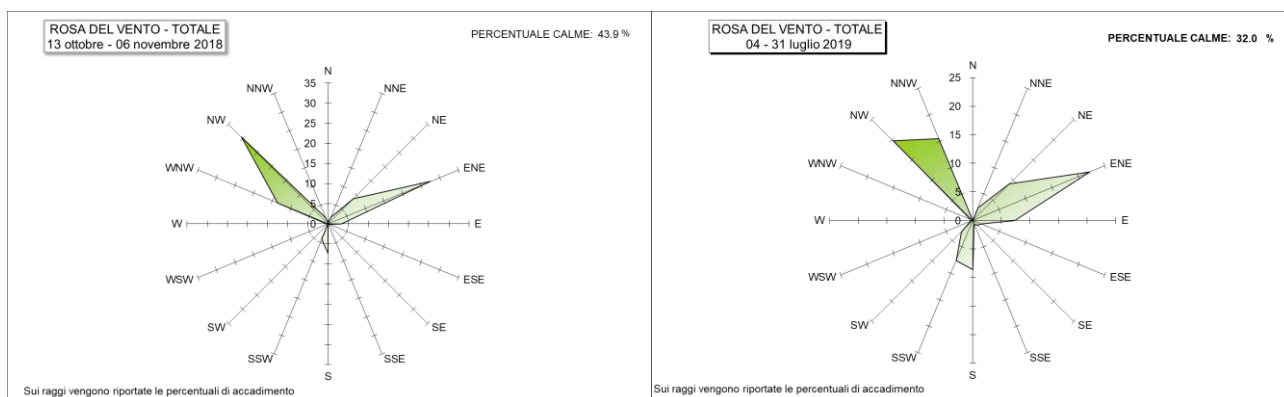
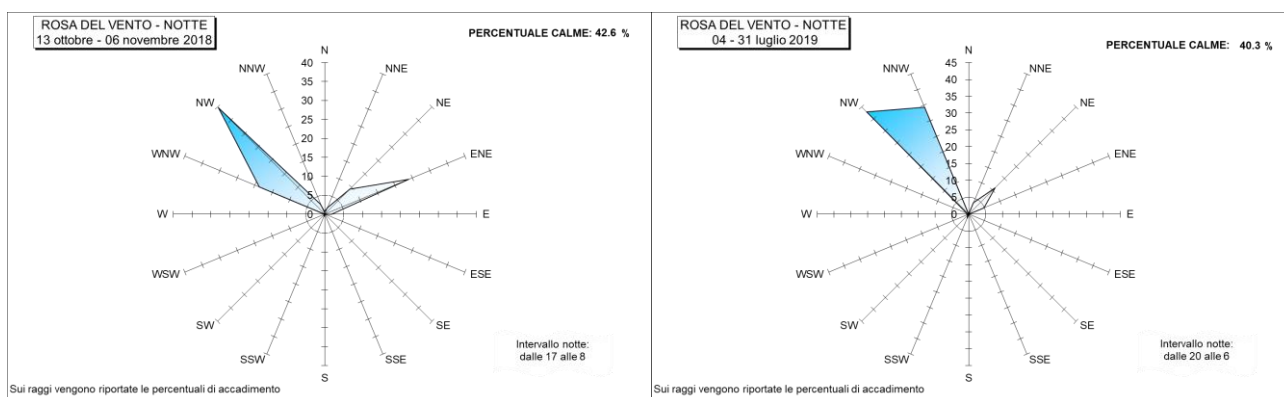
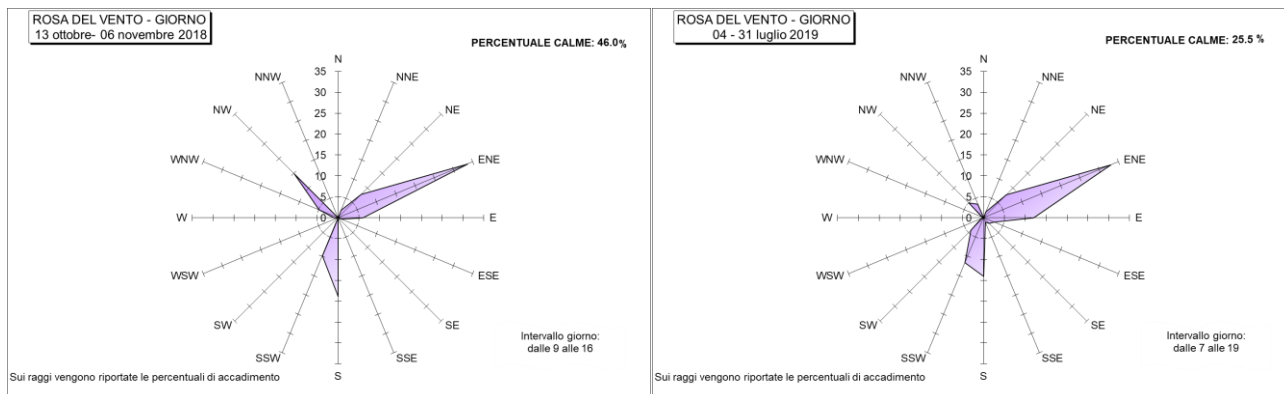
Anche nelle giornate del 26 e del 27 luglio il Piemonte è stato interessato da una circolazione depressionaria che ha determinato un calo dei valori termici e barici causando fenomeni temporaleschi di forte intensità.

Questi fenomeni depressionari risultano molto evidenti nei vari grafici relativi ai dati meteorologici raccolti nel corso della campagna di misure effettuata a Ciriè. Infatti, in corrispondenza dei giorni 15, 26 e 27 luglio, si vede l'innalzamento dei valori di umidità relativa (Figura 6), una diminuzione dei valori di pressione atmosferica (Figura 7) e di temperatura (Figura 5), nonché dei picchi nell'istogramma delle precipitazioni (Figura 9).

In Figura 10 sono stati rappresentati i movimenti delle masse d'aria registrate nel territorio oggetto di monitoraggio con l'anemometro posizionato sul tetto del mezzo mobile. La direzione prevalente del vento nelle ore diurne è stata quella Est- Nord- Est per entrambe le campagne. Invece, la direzione predominante del vento nelle ore notturne è da Nord-Ovest, variando leggermente nelle due stagioni: maggiore prevalenza da ovest in autunno mentre maggiore prevalenza da nord in estate.

In generale durante le media due campagne di misura si è avuto un buon rimescolamento delle masse d'aria, con una velocità oraria del vento di 0.62 m/s nella campagna autunnale e 0.58 m/s in quella estiva.

Figura 10: Rose dei venti durante le due campagne di misura a Ciriè



ELABORAZIONE DEI DATI RELATIVI AGLI INQUINANTI ATMOSFERICI

Nelle pagine seguenti sono state riportate le elaborazioni statistiche dei dati relativi all'inquinamento dell'aria registrati dagli analizzatori nel periodo di campionamento.

In Tabella 6 si sono elencati gli inquinanti analizzati, le loro le formule chimiche, utilizzate come abbreviazioni e l'unità di misura con cui vengono espresse le concentrazioni.

Tabella 6: Parametri chimici misurati con il laboratorio mobile

Benzene	C ₆ H ₆	µg/m ³
Biossido di azoto	NO ₂	µg/m ³
Monossido di azoto	NO	µg/m ³
Monossido di carbonio	CO	mg/m ³
Ozono	O ₃	µg/m ³
Particolato sospeso PM10	PM10	µg/m ³
Particolato sospeso PM2.5	PM2.5	µg/m ³
Toluene	C ₆ H ₅ CH ₃	µg/m ³

Si fa presente che copia di tutti i dati acquisiti è conservata su supporto informatico presso il Dipartimento 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/ariaday/ariaweb-new/>.

I dati sono a disposizione per elaborazioni successive e/o per eventuali richieste di trasmissione da parte degli Enti interessati. La relazione è inoltre disponibile sul sito:

<http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/territorio/torino/aria/relazioni-mezzo-mobile/elenco-relazioni-qualita-aria>

Per ogni inquinante è stata effettuata un'elaborazione grafica che permette di visualizzare l'andamento registrato durante il periodo di monitoraggio, utilizzando un diagramma concentrazione-tempo. 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 stato calcolato il giorno medio ricavando la media aritmetica dei valori medi orari registrati nel periodo in esame per ognuna delle 24 ore che costituiscono la giornata. Ad esempio, il valore dell'ora 2:00 è calcolato mediando i valori di concentrazione rilevati alle ore 2:00 di ciascun giorno di monitoraggio della campagna.

Nei grafici 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 verificano un incremento delle concentrazioni dei vari inquinanti, ma anche fornire informazioni sulla persistenza degli stessi durante la giornata.

Monossido di Carbonio

Il monossido di carbonio è un gas inodore ed incolore che viene generato durante la combustione di materiali organici in carenza di ossigeno. Dal momento che è l'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera, l'unità di misura con la quale si esprime la concentrazione è il milligrammo al metro cubo (mg/m^3), a differenza delle concentrazioni degli altri inquinanti che vengono generalmente espresse in microgrammi al metro cubo. La principale sorgente di CO è costituita dal traffico veicolare, 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 e nei casi di 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.

In seguito all'introduzione delle marmitte catalitiche e all'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 di Ciriè

Monossido di carbonio - CO (mg/m^3)	Autunno 2018	Estate 2019
Minima media giornaliera	0.2	0.3
Massima media giornaliera	0.3	0.5
Media delle medie giornaliere	0.3	0.4
Giorni validi	24	26
Percentuale giorni validi	96%	93%
Media dei valori orari	0.3	0.4
Massima media oraria	0.7	0.6
Ore valide	588	635
Percentuale ore valide	98%	94%
Minimo medie 8 ore	0.1	0.3
Media delle medie 8 ore	0.3	0.4
Massimo medie 8 ore	0.5	0.5
Percentuale medie 8 ore valide	98%	93%
<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 sito oggetto del monitoraggio 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 su 8 ore,

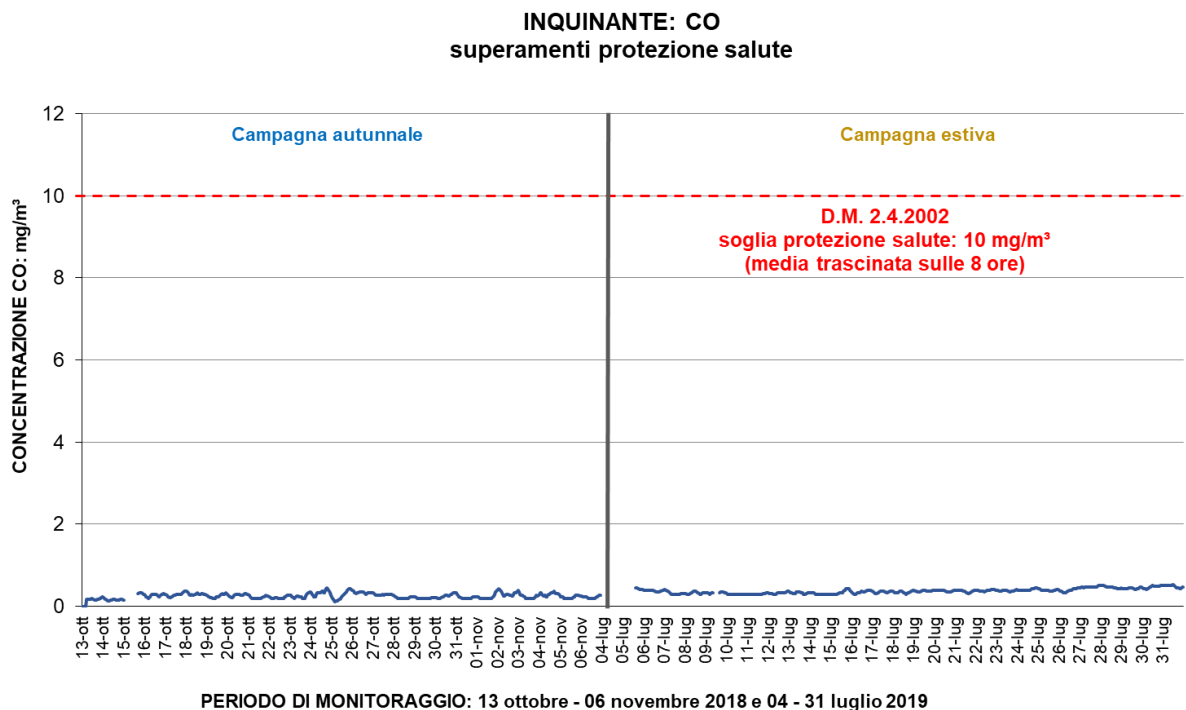
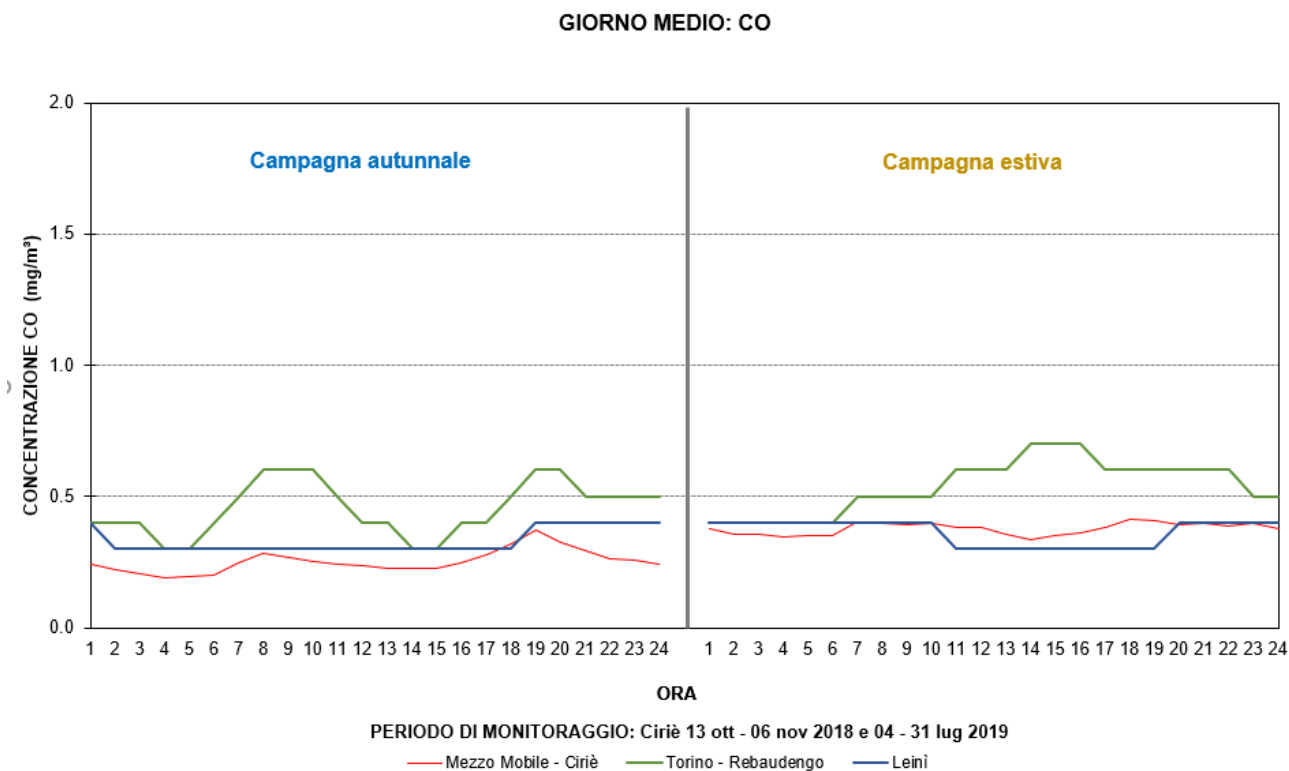


Figura 12: CO andamento giorno medio nel corso delle campagne di monitoraggio di Ciriè e confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio



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, né dei limiti di concentrazione nell'aria per la protezione della salute umana, 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.

Durante il periodo di monitoraggio i livelli di NO registrano un valore massimo orario pari a 96 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nel periodo autunnale e 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ durante la campagna estiva (Tabella 8). Come si evidenzia nei grafici, per il monossido di azoto le concentrazioni sono più critiche in autunno rispetto all'estate.

Confrontando i dati con quelli osservati presso le altre stazioni della rete fissa di monitoraggio della qualità dell'aria (Figura 13) si può notare come l'andamento sia molto simile a quanto si registra, soprattutto nei valori medi, presso la stazione di fondo suburbano di Borgaro e la stazione di fondo urbano Torino - Rubino.

È interessante notare come nel periodo autunnale il profilo giornaliero evidenzia due picchi, uno al mattino e uno in serata (Figura 14). Ciò rispecchia il ciclo giornaliero delle attività umane ed in particolare del traffico veicolare, di cui gli NO_x rappresentano un buon tracciante. In estate, invece, il profilo medio giornaliero presenta solo il picco mattutino in quanto, in presenza di forte radiazione solare, il monossido di azoto viene convertito in biossido di azoto.

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

Monossido di azoto NO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Autunno 2018	Estate 2019
Minima media giornaliera	2	5
Massima media giornaliera	19	10
Media delle medie giornaliere	5	7
Giorni validi	25	26
Percentuale giorni validi	100%	93%
Media dei valori orari	5	7
Massima media oraria	96	26
Ore valide	598	635
Percentuale ore valide	100%	94%

Figura 13: NO - andamento della concentrazione oraria nel corso delle campagne di monitoraggio di Ciriè e confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio

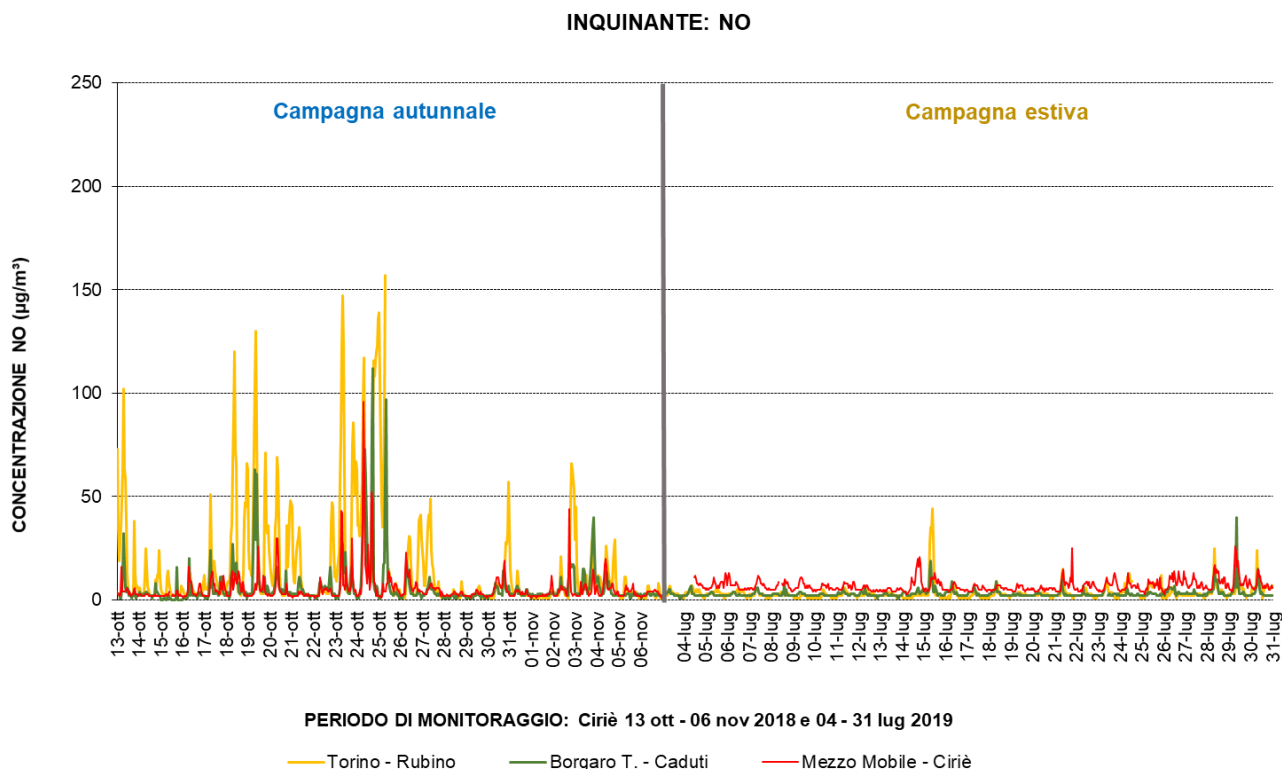
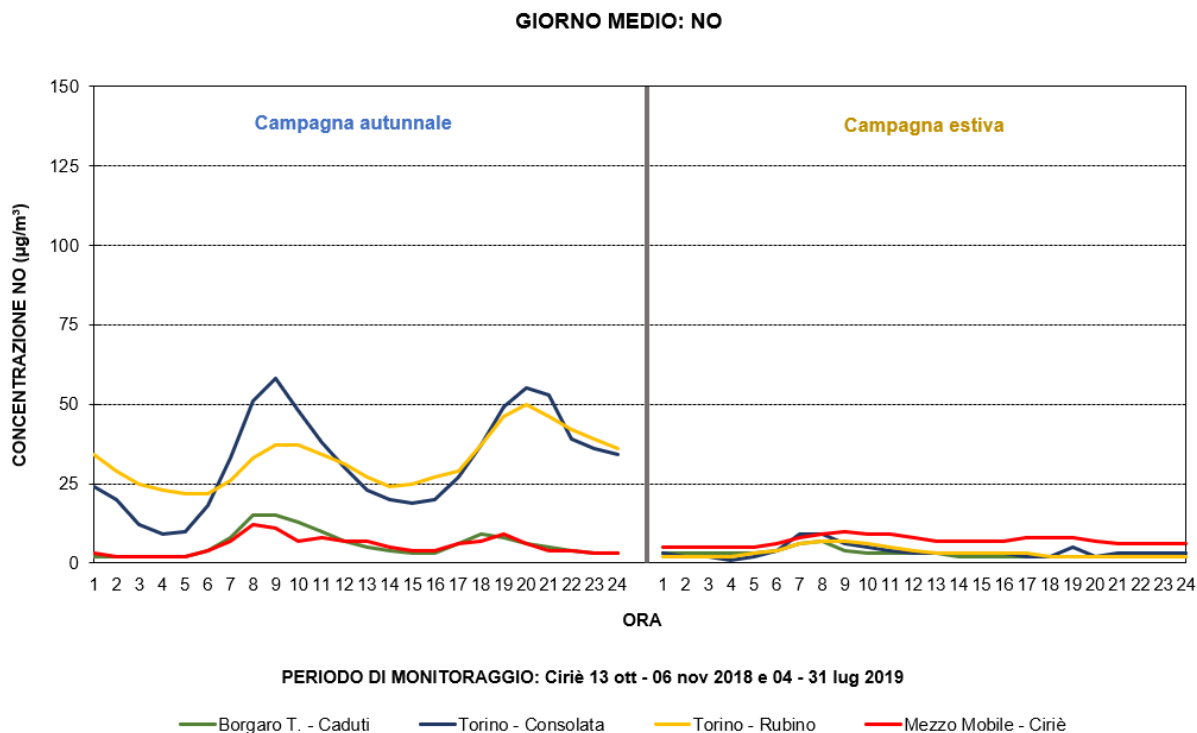


Figura 14: NO - andamento giorno medio nel corso delle campagne di monitoraggio di Ciriè e confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio



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 indicate complessivamente con il termine di “smog fotochimico”.

La formazione di NO₂ è piuttosto complessa in quanto si tratta di un inquinante di origine mista, in quanto viene originato sia direttamente dai fenomeni di combustione e indirettamente sia da un complesso di reazioni fotochimiche che determinano l'ossidazione in atmosfera del monossido di azoto

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

Biossido di azoto	Autunno 2018	Estate 2019
Minima media giornaliera	11	25
Massima media giornaliera	37	43
Media delle medie giornaliere	21	32
Giorni validi	25	26
Percentuale giorni validi	100%	93%
Media dei valori orari	21	33
Massima media oraria	80	65
Ore valide	598	635
Percentuale ore valide	100%	94%
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

L'andamento medio giornaliero dell'NO₂ nel periodo autunnale è molto simile a quello delle stazioni di fondo suburbano come Leinì e Borgaro, mentre nel periodo estivo è più simile all'andamento della stazione di traffico urbano di Torino Consolata (Figura 16).

I valori medi registrati durante la campagna estiva sono più alti di quelli del monitoraggio autunnale, anche se non sono mai stati superati i limiti orari per la protezione della salute (Tabella 9).

Figura 15: NO₂ - andamento della concentrazione oraria nel corso delle campagne di monitoraggio di Ciriè e confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio

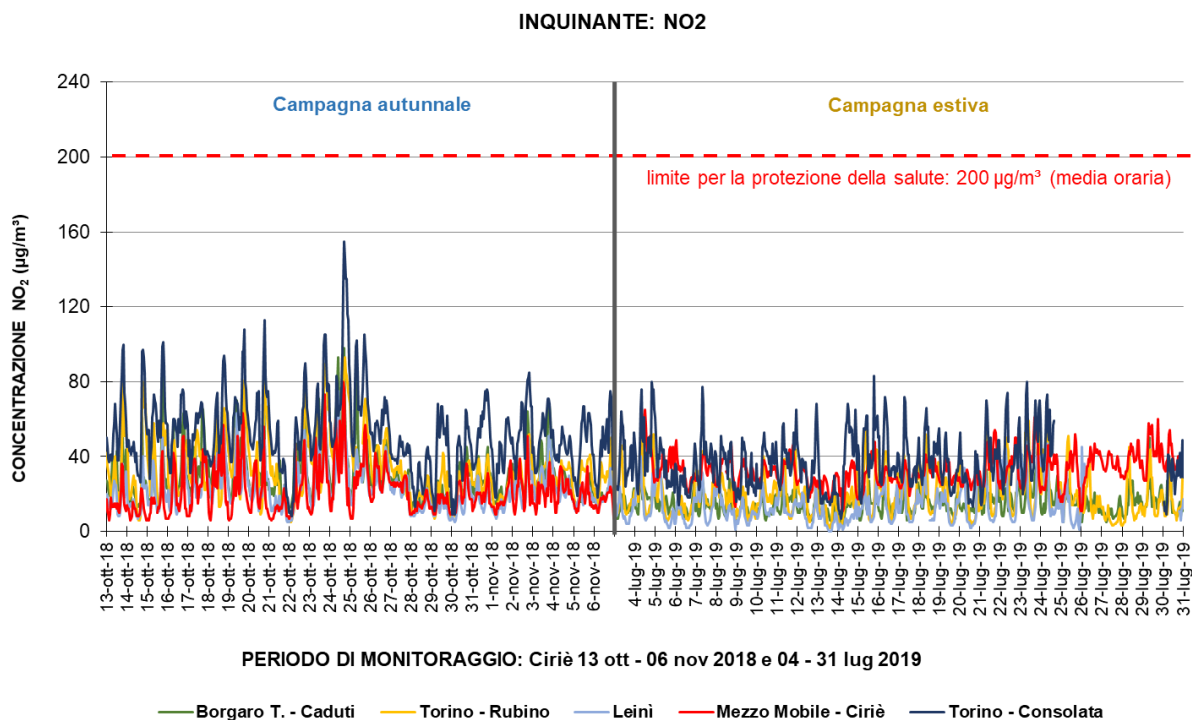
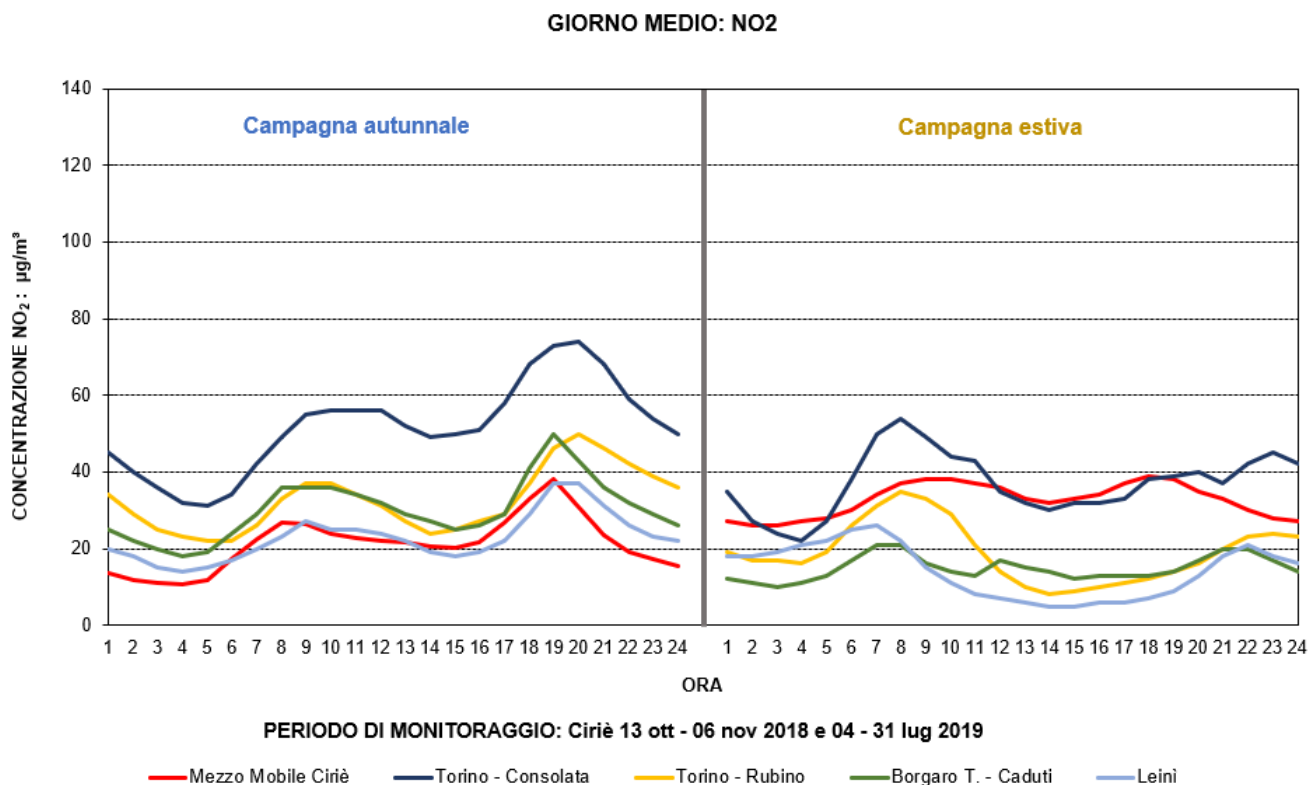


Figura 16: NO₂ - andamento giorno medio nel corso delle campagne di monitoraggio di Ciriè e confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio



Il D.Lgs 155/2010 prevede per il biossido di azoto anche un valore limite annuale per la protezione della salute umana di 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Visto che la durata della campagna non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo, non è possibile un confronto diretto con le misure effettuate. Tramite l'applicazione di una metodologia empirica si può tuttavia arrivare a stimare un valore di media annuale anche per le campagne di monitoraggio di durata inferiore a quanto richiesto dalla norma.

Sono state quindi prese in considerazione tutte le stazioni della Rete Regionale di Qualità dell'Aria (RRQA) situate nel territorio della Città Metropolitana di Torino (CMT) e sono stati calcolati i relativi indici statistici come mostrati in

Tabella 10. Per tutte le stazioni della rete fissa sono state calcolate le medie di concentrazione nei giorni delle due campagne di misura, sia singolarmente sia mediando i due periodi di monitoraggio, e per ogni stazione della rete è stato preso in considerazione il dato medio di concentrazione di biossido di azoto nell'ultimo biennio 2018 – 2019, dal momento che le due campagne di monitoraggio sono state svolte in due anni differenti.

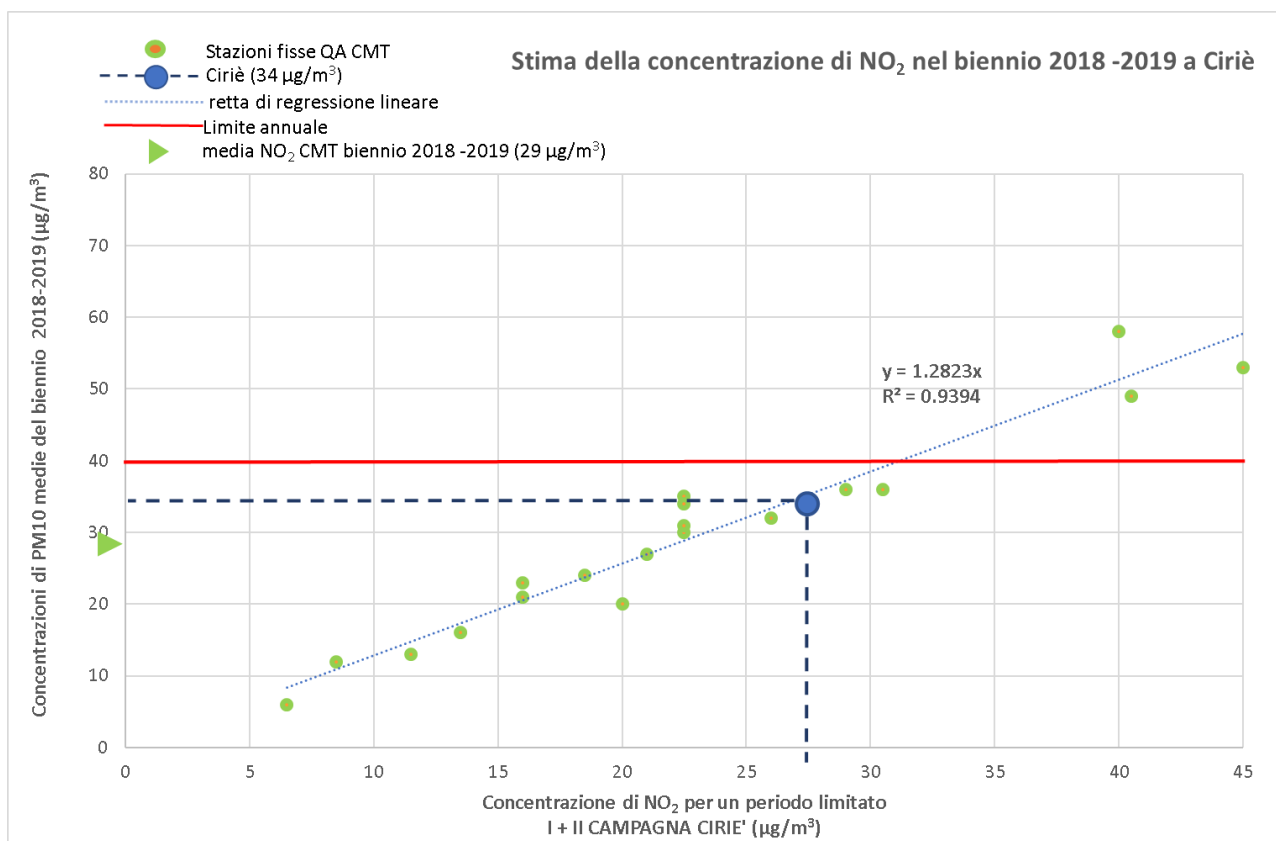
Tabella 10: NO₂ - confronto medie del periodo di monitoraggio con medie del biennio 2018-2019 delle stazioni della Città Metropolitana di Torino

Stazioni di misura	Media NO ₂ PRIMA campagna 13 ott – 06 nov 2018 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Media NO ₂ SECONDA campagna 04 lug – 31 lug 2019 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Media NO ₂ due campagne	Media NO ₂ Anni 2018 - 2019
Baldissero	15	8	12	13
Beinasco TRM	25	20	23	34
Borgaro	30	15	23	30
Carmagnola	39	22	31	36
Ceresole Reale	7	6	7	6
Chieri	21	11	16	21
Ciriè - Mobilab	21	32	27	34
Collegno	56	25	41	49
Druento	8	9	9	12
Ivrea	22	10	16	23
Leinì	23	14	19	24
Orbassano	30	15	23	31
Oulx	19	21	20	20
Settimo	32	13	23	35
Susa	16	11	14	16
Vinovo	27	15	21	27
Media CMT senza TO	25	14	20	25
Torino - Consolata	53	37	45	53
Torino - Lingotto	41	17	29	36
Torino - Rebaudengo	53	26	40	58
Torino - Rubino	33	19	26	32
Media CMT	29	17	23	29

Per stimare la concentrazione media annuale di NO₂ del sito in esame, sono stati correlati i valori delle concentrazioni medie di NO₂ misurate in tutte le stazioni fisse durante i periodi in cui sono state svolte le due campagne di monitoraggio con le medie annuali misurate nelle stesse stazioni nel biennio 2018-2019 ed è stata ricavata la retta di correlazione di Figura 17.

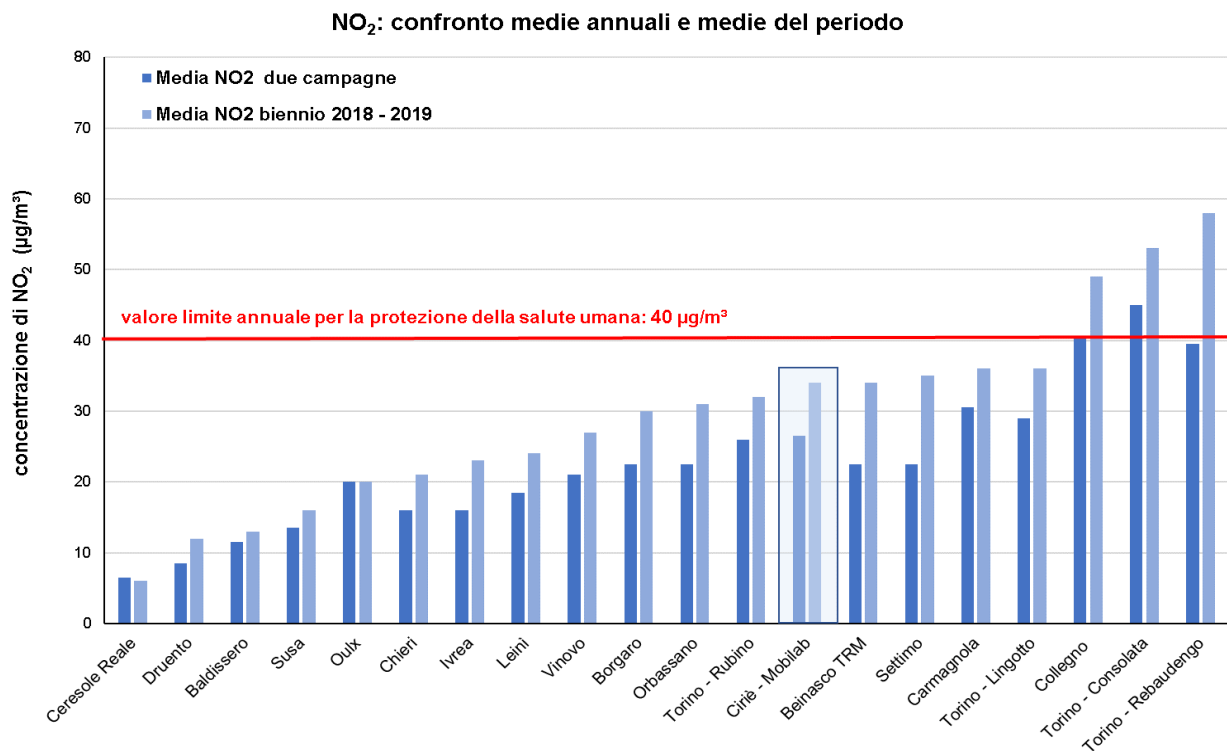
Con questo metodo è stato così possibile prevedere una concentrazione media annuale per il sito di Ciriè, riferita all'ultimo biennio, pari a 34 µg/m³. Tale valore risulta essere inferiore al limite normativo annuo di 40 µg/m³, ma leggermente superiore al valore medio delle stazioni della Città Metropolitana di Torino.

Figura 17: NO₂ - stime della concentrazione annuale di NO₂ a Ciriè rispetto alla media registrata nel biennio 2018 – 2019



In Figura 18 vengono rappresentate le medie del biennio 2018 - 2019 e le medie calcolate per ciascuna stazione fissa della rete di monitoraggio della Qualità dell'Aria della provincia di Torino nel periodo in cui sono state condotte le campagne di misura. Come evidenziato dall'istogramma, il valore di concentrazione media stimato nel biennio 2018-2019 per il sito di Ciriè si colloca tra i valori misurati presso le stazioni di fondo urbane e suburbane dell'area metropolitana.

Figura 18: NO₂ - confronto medie biennio e medie dei periodi in cui sono state svolte le campagne di monitoraggio delle stazioni della provincia di Torino; la media annuale per il sito di Ciriè è stata stimata



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 dall'Unione Europea attribuiscono a questa categoria di veicoli più del 70% del totale delle emissioni di benzene, infatti questo composto aromatico viene aggiunto per le sue proprietà antidetonanti alle benzine e per questo suo impiego, il benzene rappresenta un inquinante da traffico. Per contenere le concentrazioni di questo inquinante, la normativa italiana in vigore ha fissato, a partire dal 1 luglio 1998, il tenore massimo di benzene nelle benzine all'1%.

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 µg/m³ di benzene per l'intera vita, quattro persone ogni milione sono sottoposte al rischio di contrarre la leucemia.

La normativa vigente (D. Lgs. 155/2010) prevede per il benzene un limite annuale pari 5 µg/m³.

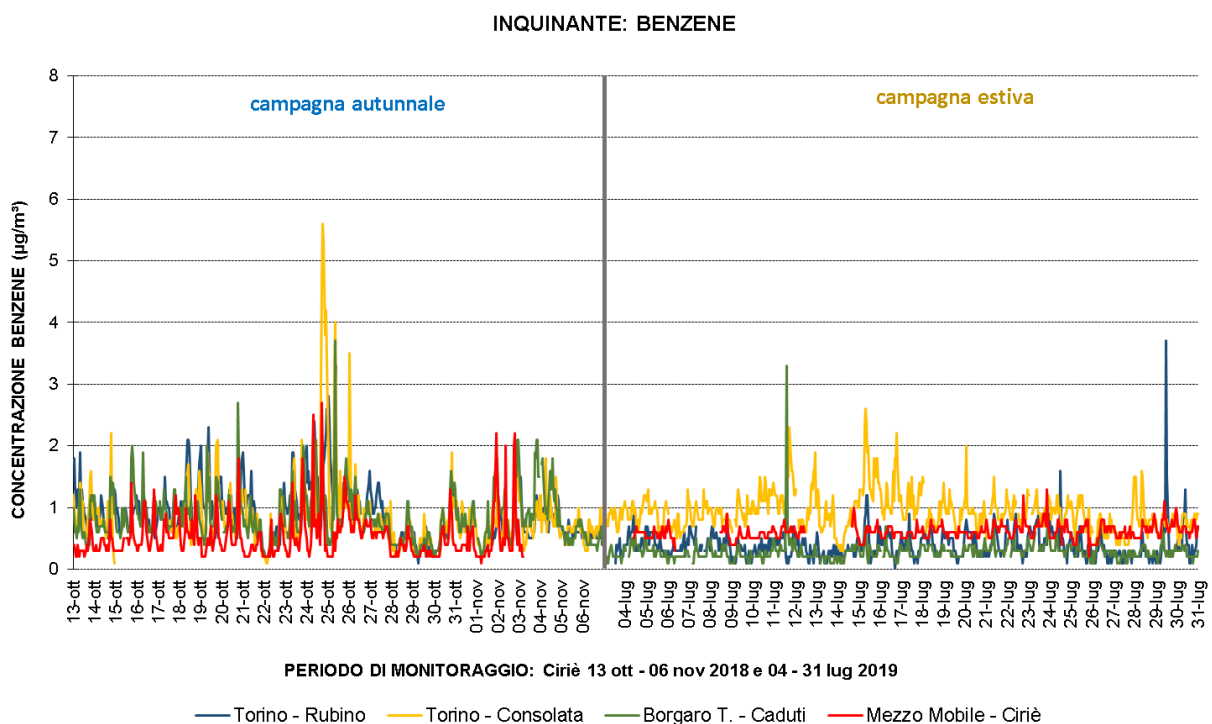
In entrambe le campagne di monitoraggio si sono verificati problemi strumentali che hanno determinato una percentuale di giorni validi inferiore al 90%. Durante la campagna autunnale è stato registrato un valore medio di concentrazione di benzene di 0.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre nel corso della campagna estiva il valore medio è stato leggermente superiore e pari a 0.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tabella 11).

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

Benzene	Autunno 2018	Estate 2019
Minima media giornaliera	0.2	0.5
Massima media giornaliera	0.9	0.7
Media delle medie giornaliere	0.5	0.6
Giorni validi	21	20
Percentuale giorni validi	84%	71%
Media dei valori orari	0.5	0.6
Massima media oraria	2.7	1.3
Ore valide	508	535
Percentuale ore valide	85%	80%

In Figura 19 è stato rappresentato l'andamento orario del benzene registrato a Ciriè nel corso delle due campagne nonché presso altre stazioni della RRQA della provincia utilizzate come confronto. Nel grafico sono ben evidenti i picchi registrati nelle giornate del 24 e 25 ottobre presso tutte le stazioni utilizzate per il confronto.

Figura 19: Benzene - confronto andamento della concentrazione oraria con i dati di altre stazioni di monitoraggio



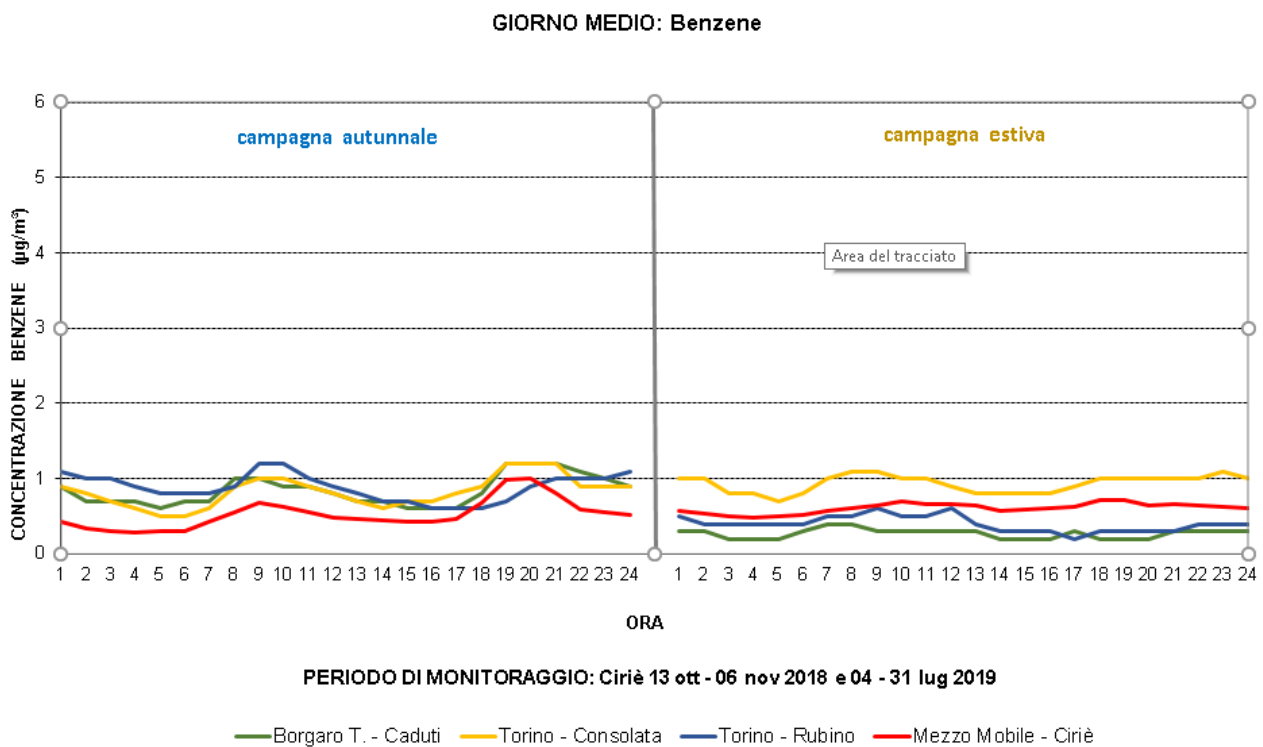
Il valore massimo di concentrazione media oraria è stato misurato a Ciriè proprio nel corso della campagna autunnale, il 24 ottobre, ed è stato pari a $2,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Come per gli altri inquinanti visti finora, anche per il benzene il periodo critico coincide con il periodo autunnale e invernale, soprattutto in concomitanza di condizioni di stabilità atmosferica.

Nel periodo autunnale le concentrazioni registrate a Ciriè sono risultate inferiori rispetto alle altre stazioni di confronto, mentre nel periodo estivo i valori si collocano tra quelli misurati presso la stazione urbana di fondo di Torino Rubino e quelli della stazione urbana di traffico di Torino Consolata.

Le stesse constatazioni possono essere effettuate osservando il grafico di Figura 20 in cui è stato rappresentato l'andamento medio giornaliero del benzene nel corso delle due campagne di monitoraggio, ponendolo a confronto con quello delle stesse stazioni del grafico precedente.

Il fatto che le stazioni che presentano dati di concentrazione confrontabili con quelli di Ciriè siano differenti nelle 2 campagne di monitoraggio può essere ricondotto, alla diversa localizzazione della stazione mobile. Infatti, il sito utilizzato per la campagna estiva lungo il muro di cinta di villa Remmert, ha risentito maggiormente delle emissioni dei veicoli che transitano per via Alfieri e che sostano all'incrocio regolato con segnale semaforico.

Figura 20: Benzene - andamento giorno medio - confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio



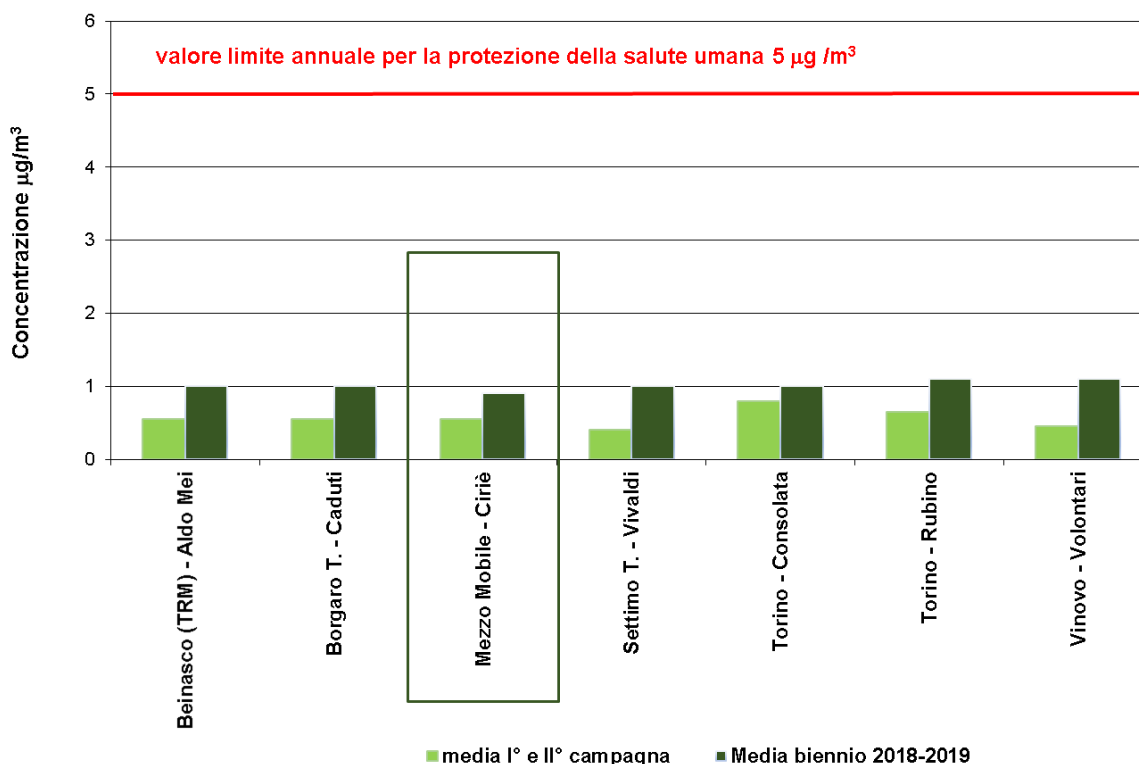
La normativa vigente (D.Lgs. 155/2010) prevede per il benzene un valore limite annuale di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ma poiché la durata della campagna non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo, non è possibile un confronto diretto con le misure effettuate.

Si può però stimare il valore di media annuale ricavandolo dal rapporto fra la media delle medie giornaliere dei due periodi di monitoraggio, pari a $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, e un fattore calcolato come descritto nella nota ¹. Applicando tale procedimento la media annuale stimata è pari a $0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valore

Si sono calcolate le medie delle concentrazioni del benzene per i due periodi della campagna (autunnale ed estiva), di tutte le stazioni della Città Metropolitana di Torino CMT in cui viene monitorato tale parametro; dal

inferiore al limite normativo e inferiore al valore medio misurato presso le altre stazioni della rete provinciale utilizzate come confronto (Figura 21).

Figura 21: Confronto medie di benzene a Ciriè durante le due campagne di monitoraggio e medie nel biennio 2018-2019 di alcune centraline della rete di monitoraggio provinciale



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 riscontrata nel corso delle campagne di monitoraggio è risultata essere di 4.3 µg/m³ in autunno e 2.8 µg/m³ in estate, mentre la massima concentrazione media oraria è di 16 µg/m³ ed è stata misurata il giorno 2 novembre 2018 (Tabella 12). Come si nota, si tratta di valori ben al di sotto del valore guida consigliato dall'OMS.

rapporto con la media dell'ultimo biennio si è calcolato il fattore che, moltiplicato per il valore medio delle due campagne di Ciriè, permette di ricavare la stima della media annuale rispetto al biennio 2018-2019:

$$Mc = (mc / mp) \times Mp$$

dove

Mc : media stimata, rispetto all'ultimo biennio, benzene Ciriè

mc : media periodo campagne benzene Ciriè

mp : media periodo campagne benzene CMT

Mp : media biennio 2018-19 benzene CMT

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

Toluene	Autunno 2018	Estate 2019
Minima media giornaliera	0.9	1.2
Massima media giornaliera	4.3	2.8
Media delle medie giornaliere	1.9	1.9
Giorni validi	21	20
Percentuale giorni validi	84%	71%
Media dei valori orari	1.9	1.9
Massima media oraria	16	8
Ore valide	508	535
Percentuale ore valide	85%	80%

In Figura 22 è riportato il profilo orario del toluene misurato presso il sito di misura durante le campagne di misura a confronto con quanto registrato presso alcune stazioni della RRQA della provincia. Per entrambi i periodi di campionamento il toluene presenta valori di concentrazione inferiori a quelli rilevati presso le altre centraline scelte per il confronto. Le stesse osservazioni possono essere fatte in merito all'andamento del giorno medio del toluene (Figura 23).

Figura 22: Toluene - confronto andamento della concentrazione oraria con i dati di altre stazioni di monitoraggio

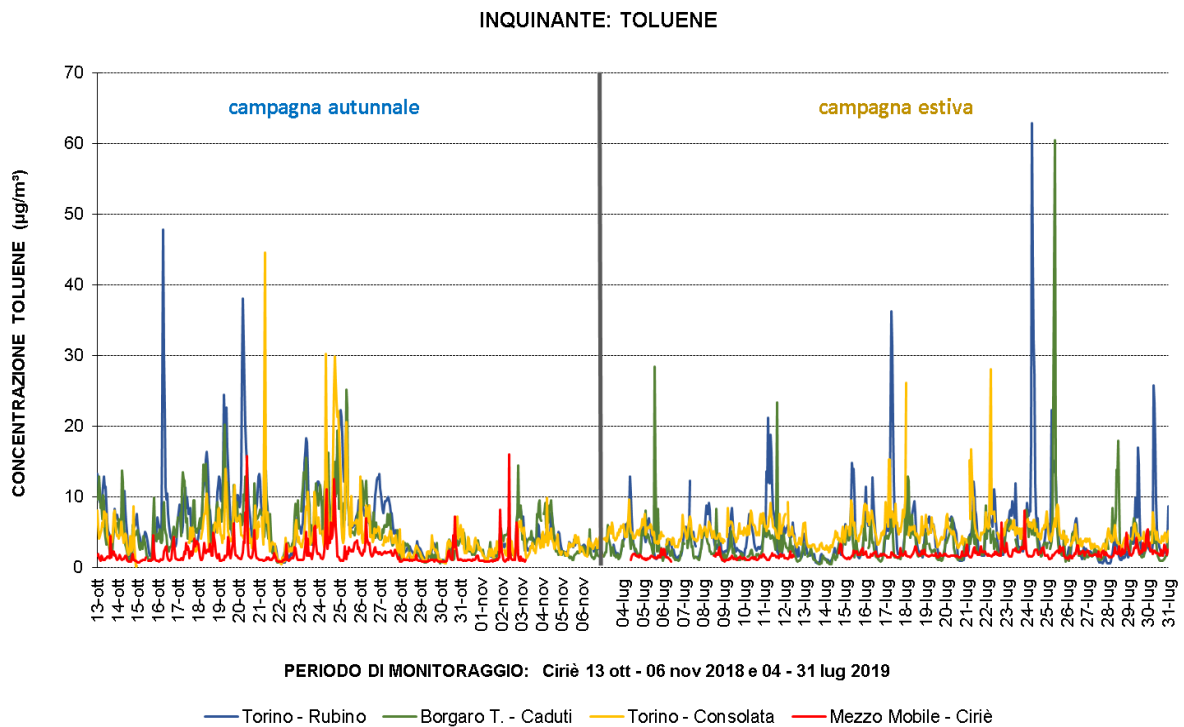
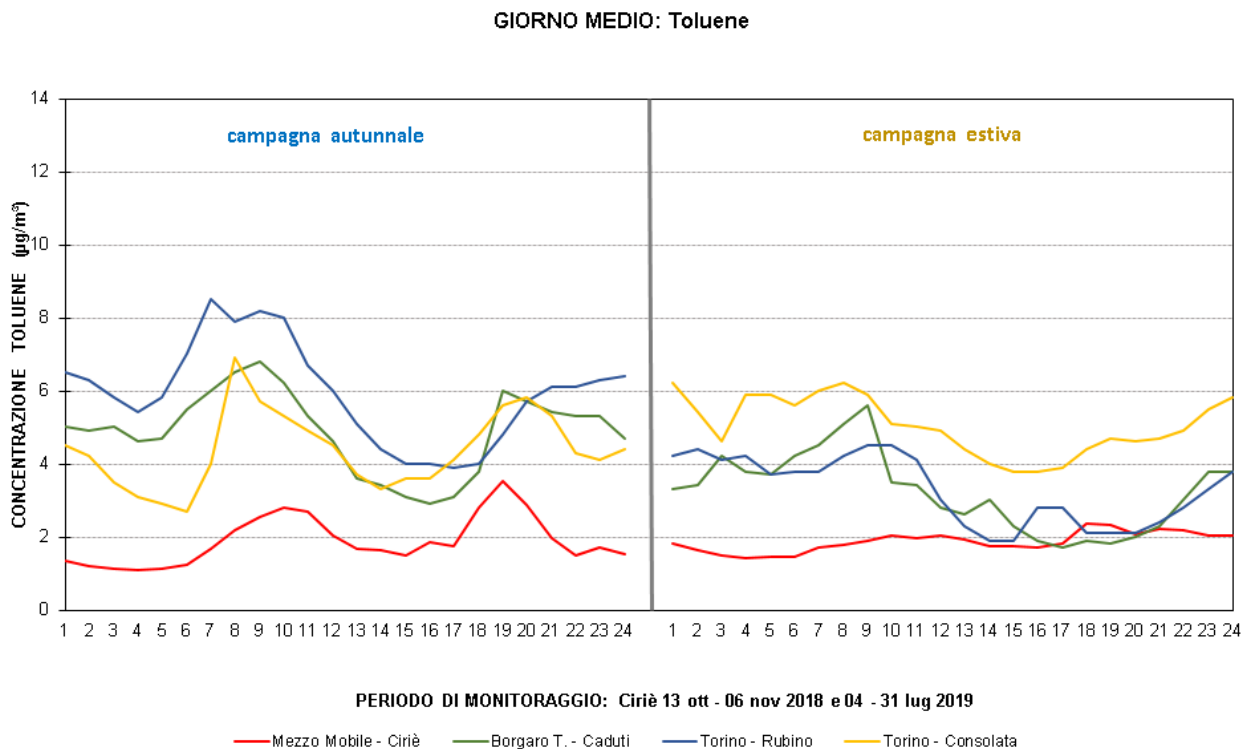


Figura 23: Toluene - andamento giorno medio - confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio



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, con il D.Lgs 155/2010 ha previsto per il particolato PM10, cioè la frazione con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm, un valore limite giornaliero di 50 µg/m³ da non superare più di 35 volte per anno civile. Inoltre, è previsto anche un valore limite medio annuo di 40 µg/m³ (Allegato XI D.Lgs 155/2010).

Invece, per il PM2.5, la frazione del particolato con diametro aerodinamico inferiore ai 2.5 µm, la normativa prevede un valore limite annuo pari a 25 µg/m³.

Particolato PM10

Nella prima campagna di monitoraggio autunnale la media dei valori di concentrazione di particolato PM10 è stata pari a 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tabella 15), con un valore massimo giornaliero di 68 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e un unico superamento del valore giornaliero dei 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ su 26 giorni di monitoraggio.

Durante la campagna estiva il valore massimo registrato è stato di 38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ con una media del periodo di 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e nessun superamento del livello giornaliero di protezione della salute.

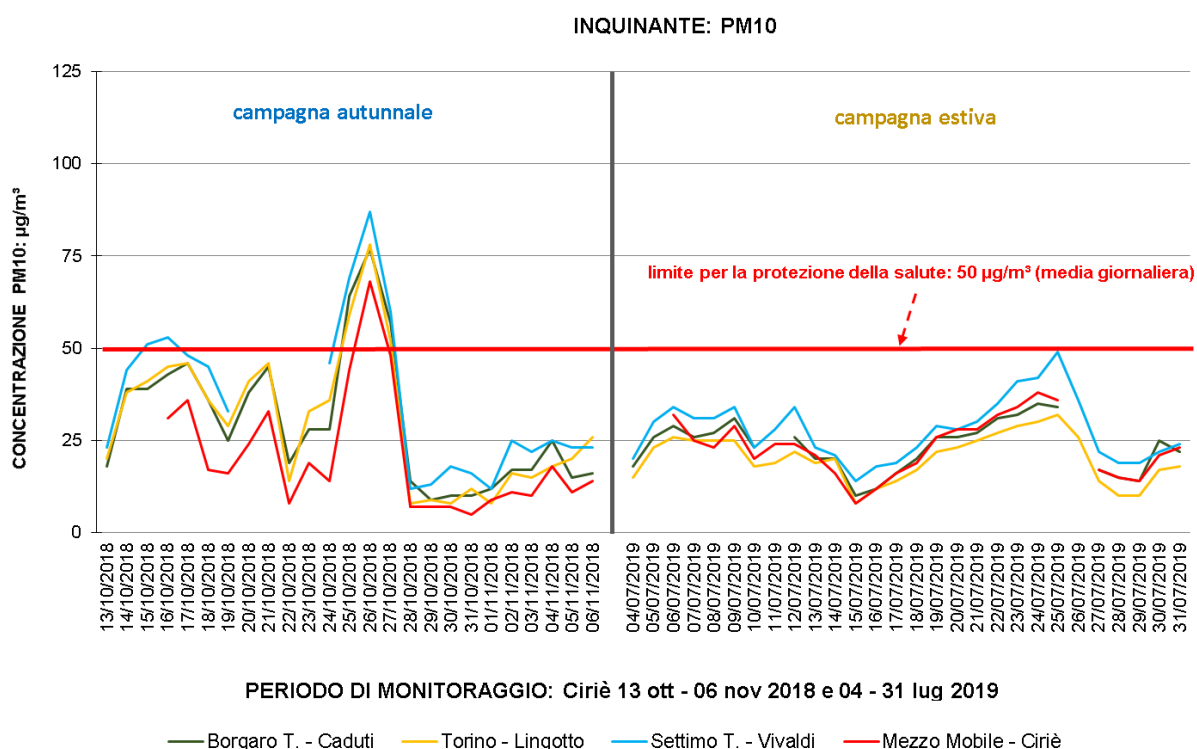
In entrambe le campagne la percentuale di dati validi è appena inferiore al 90% a causa di problemi tecnici riscontrati sul campionario nonché ad interruzioni nell'erogazione della corrente elettrica.

Tabella 13: Dati relativi al particolato sospeso PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

PM10	Autunno 2018	Estate 2019
Minima media giornaliera	5	8
Massima media giornaliera	68	38
Media delle medie giornaliere	21	23
Giorni validi	22	25
Percentuale giorni validi	88%	89%
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)</u>	1	0

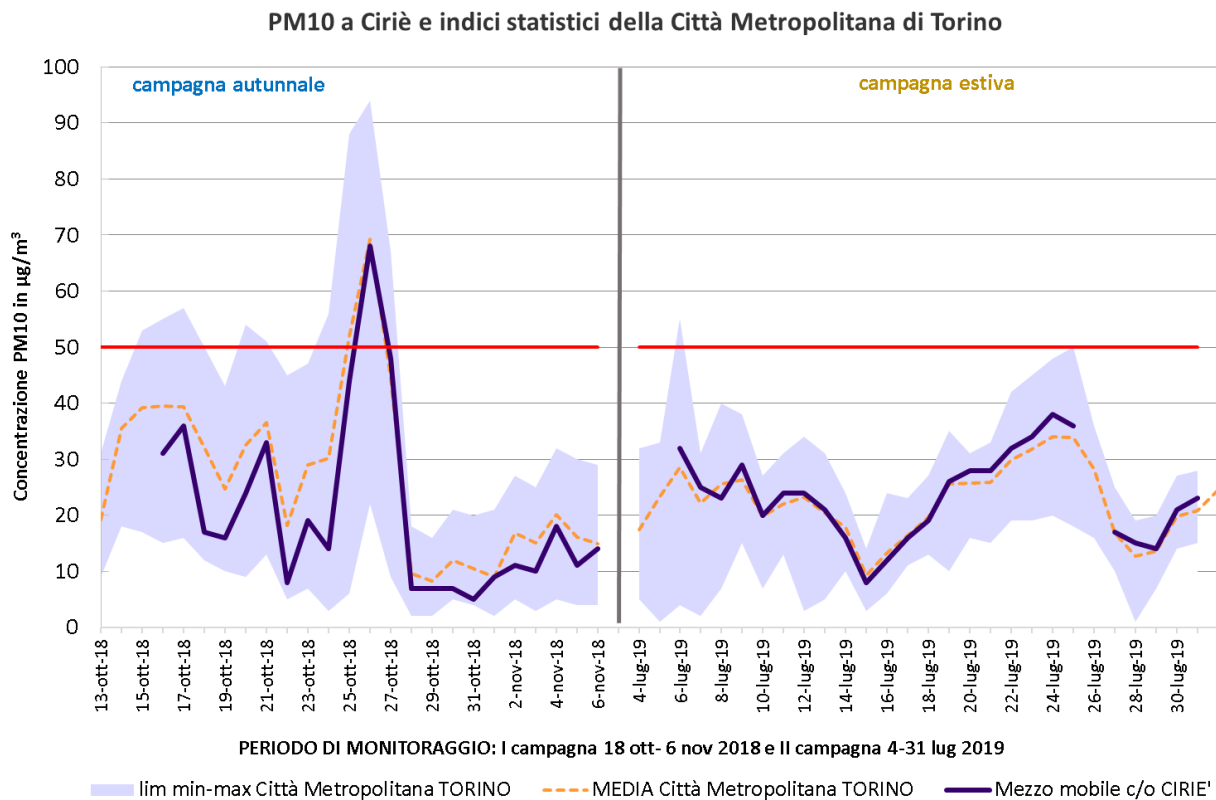
Come già osservato per altri inquinanti, anche per il PM10 si osserva un andamento leggermente differente tra le due campagne di monitoraggio; nel periodo autunnale i valori sono stati inferiori rispetto alle concentrazioni misurate presso stazioni della rete fissa utilizzate per il confronto. Invece nel periodo estivo l'andamento è molto simile a quello registrato presso la stazione suburbana di fondo di Borgaro.

Figura 24: Particolato sospeso PM10 - confronto concentrazioni medie giornaliere con alcune delle altre stazioni della rete di monitoraggio fissa



Il grafico di Figura 25 mette in evidenza i valori massimi, minimi e medi della Città Metropolitana di Torino nei due periodi di misura indagati: l'andamento di Ciriè è compreso tra i valori medi provinciali per entrambe le campagne di monitoraggio.

Figura 25: Particolato sospeso PM₁₀ - confronto con la rete delle stazioni fisse della CMT



Il D.Lgs 155/2010 prevede per le polveri PM₁₀ un valore limite annuale per la protezione della salute umana di 40 µg/m³. Anche in questo caso, come per gli altri inquinanti già analizzati, la durata della campagna non è paragonabile all'arco temporale di riferimento stabilito dal limite normativo e non è possibile quindi un confronto diretto con le misure effettuate.

Tuttavia, così come è stato fatto per l'NO₂, per arrivare a stimare un dato di concentrazione annuale di PM₁₀ per il sito di Ciriè si può fare riferimento ai dati della Rete Regionale di Qualità dell'Aria della Città Metropolitana di Torino. Pertanto, i dati di queste stazioni sono stati rapportati ai valori di concentrazione del PM₁₀, come media del biennio 2018-2019, e alla concentrazione media di PM₁₀ calcolata nei giorni delle due campagne di misura svolte, e con questi dati è stata costruita la retta di regressione di Figura 26.

Il coefficiente di determinazione R² trovato evidenzia che la correlazione tra i dati utilizzati per stimare il valore di PM₁₀ a Ciriè è molto significativa. La concentrazione media annuale per Ciriè, riferita al biennio 2018-2019, è pari a 24 µg/m³: valore inferiore alla media CMT (27 µg/m³) e al limite normativo (40 µg/m³).

Figura 26: stime della concentrazione annuale di PM₁₀ a Ciriè nel biennio 2018-2019

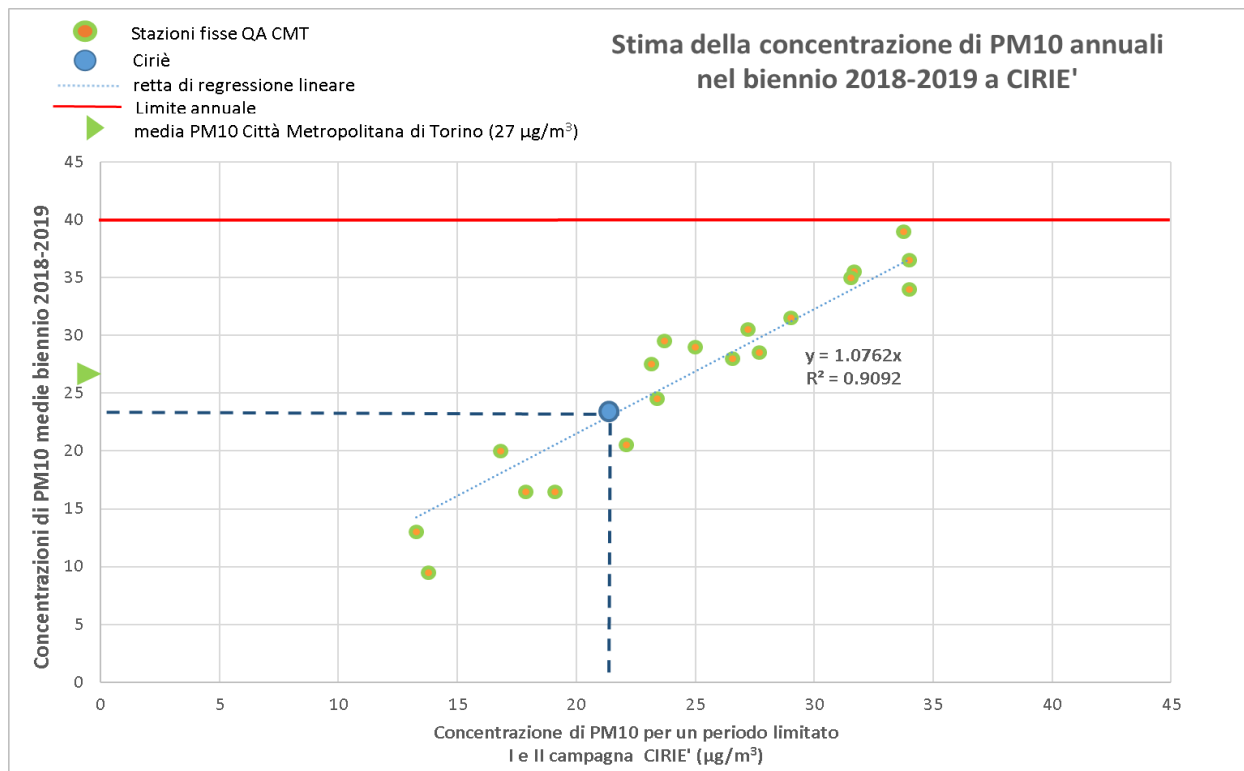
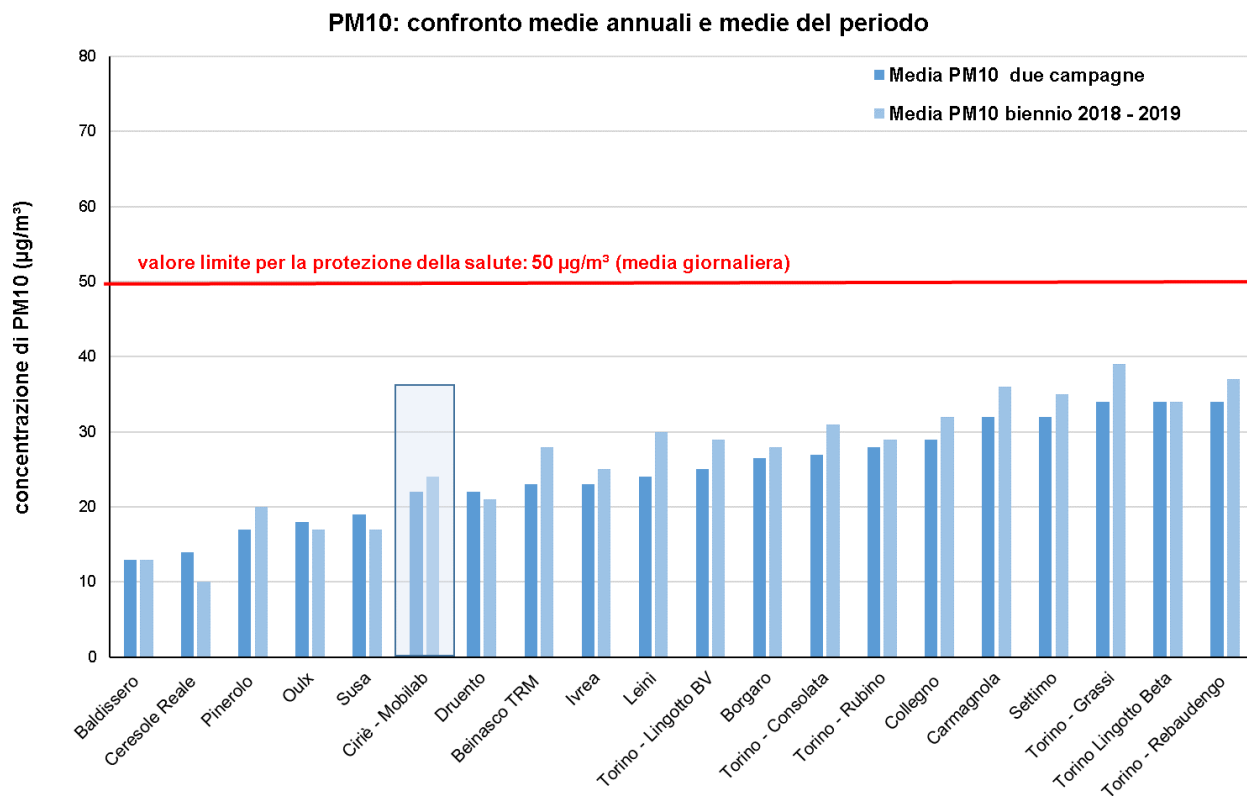


Tabella 14: PM₁₀ (µg/m³) confronto concentrazioni medie del periodo e biennio 2018-2019

Stazioni di misura	Media PM ₁₀ PRIMA campagna 13 ott – 06 nov 2018 [µg/m ³]	Media PM ₁₀ SECONDA campagna 04 lug – 31 lug 2019 [µg/m ³]	Media PM ₁₀ due campagne	Media PM ₁₀ Anni 2018 - 2019
Baldissero	9	17	13	13
Beinasco TRM	28	19	23	28
Borgaro	30	23	27	28
Carmagnola	35	29	32	36
Ceresole Reale	14	14	14	10
Ciriè - Mobilab	21	23	22	24
Collegno	33	25	29	32
Druento	21	23	22	21
Ivrea	22	25	23	25
Leini	22	25	24	30
Oulx	15	20	18	17
Pinerolo	13	21	17	20
Settimo	28	36	32	35
Susa	21	17	19	17
Media CMT senza TO	22	23	23	24
Torino - Consolata	34	22	27	31
Torino - Grassi	28	40	34	39
Torino - Lingotto BV	20	30	25	29
Torino - Lingotto Beta	24	34	34	34
Torino - Rebaudengo	30	39	34	37
Torino - Rubino	25	30	28	29
Media CMT	24	26	25	27

In Figura 27 si riporta il confronto della media del biennio 2018-2019 registrata presso le stazioni di monitoraggio della rete provinciale e quella stimata presso il sito del laboratorio mobile, da cui si evince che in generale la situazione a Ciriè è molto simile alla stazione rurale di fondo di Druento.

Figura 27: Particolato sospeso PM₁₀ confronto medie anni 2018-2019 e medie del periodo nella provincia di Torino



Particolato PM_{2.5}

Il parametro PM_{2.5} segue lo stesso andamento temporale dei valori medi di concentrazione giornaliera del PM₁₀, come ben evidenziato nel grafico di Figura 28 in cui è stato riportato il profilo giornaliero del PM₁₀ e del PM_{2.5} rilevato presso il sito di Ciriè nel corso delle campagne di misura.

I valori medi di concentrazione misurati nelle due campagne di monitoraggio sono quasi uguali: 14 µg/m³ per la campagna del periodo autunnale e 15 µg/m³ per il periodo estivo (Tabella 15); in entrambi i casi il PM_{2.5} corrisponde a circa il 65% del valore del PM₁₀.

Figura 28: Particolato sospeso PM₁₀ e PM_{2.5} a Ciriè durante le due campagne di misura

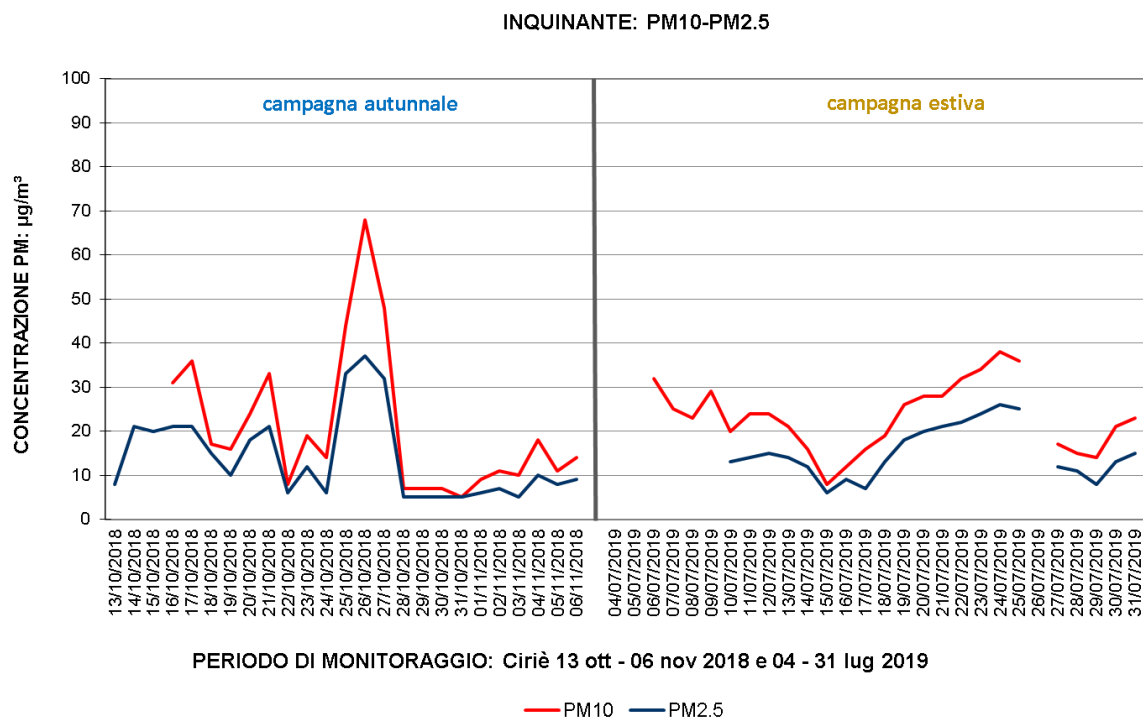


Tabella 15: Dati relativi al particolato sospeso PM_{2.5} (µg/m³)

PM _{2.5}	Autunno 2018	Estate 2019
Minima media giornaliera	5	6
Massima media giornaliera	37	26
Media delle medie giornaliere	14	15
Giorni validi	25	21
Percentuale giorni validi	93%	75%

Dal grafico di Figura 29 notiamo che, in termini relativi, i valori di PM_{2.5} nel sito di Ciriè nella campagna autunnale sono inferiori a quelli misurati presso le altre stazioni utilizzate come confronto. Anche il grafico di Figura 30 evidenzia che i dati di concentrazione di PM_{2.5} risultano inferiori al valore medio delle stazioni della rete della Città Metropolitana di Torino.

Nel corso della campagna estiva le concentrazioni di PM_{2.5} invece sono risultate in linea con i valori medi registrati presso le stazioni della rete della Città Metropolitana di Torino (Figura 30)

Figura 29 - Particolato sospeso PM2.5: confronto con i dati di alcune stazioni della rete

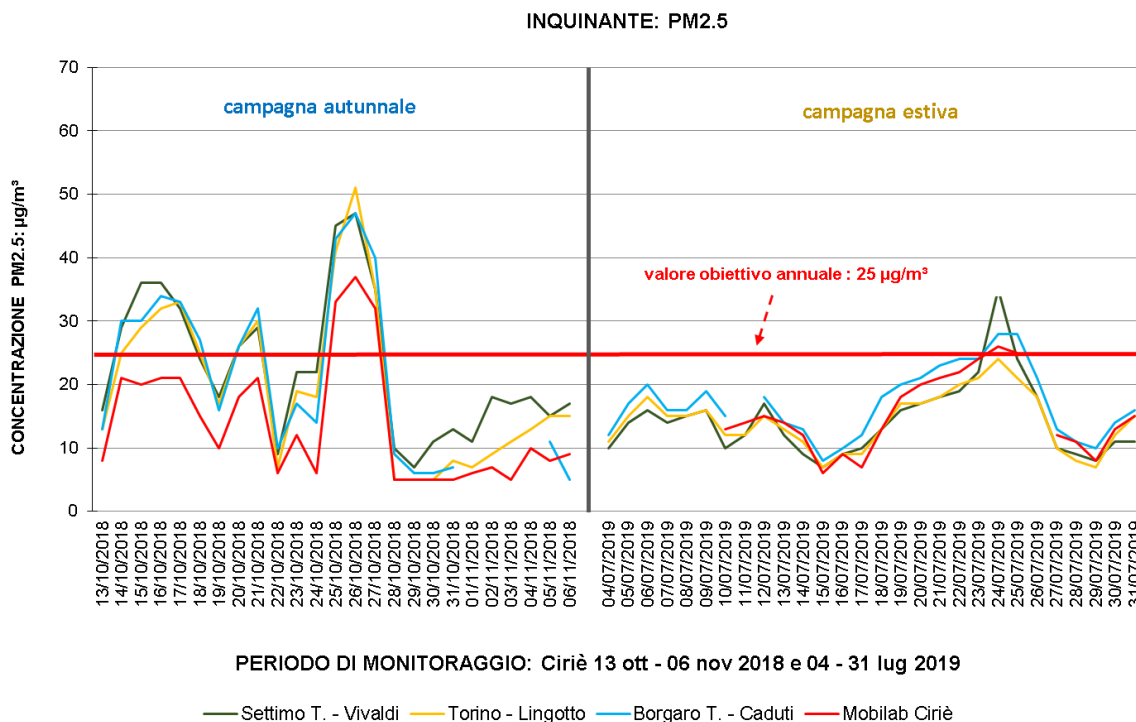
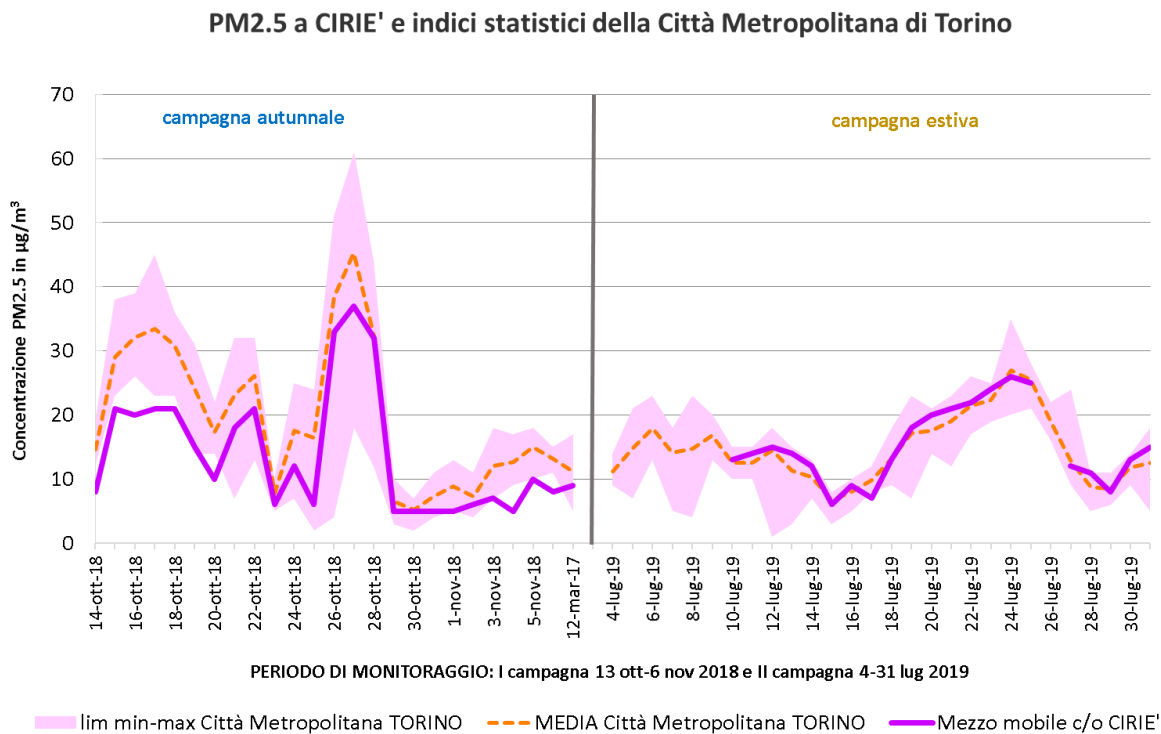


Figura 30 - Particolato sospeso PM2.5: confronto con la rete delle stazioni fisse della CMT

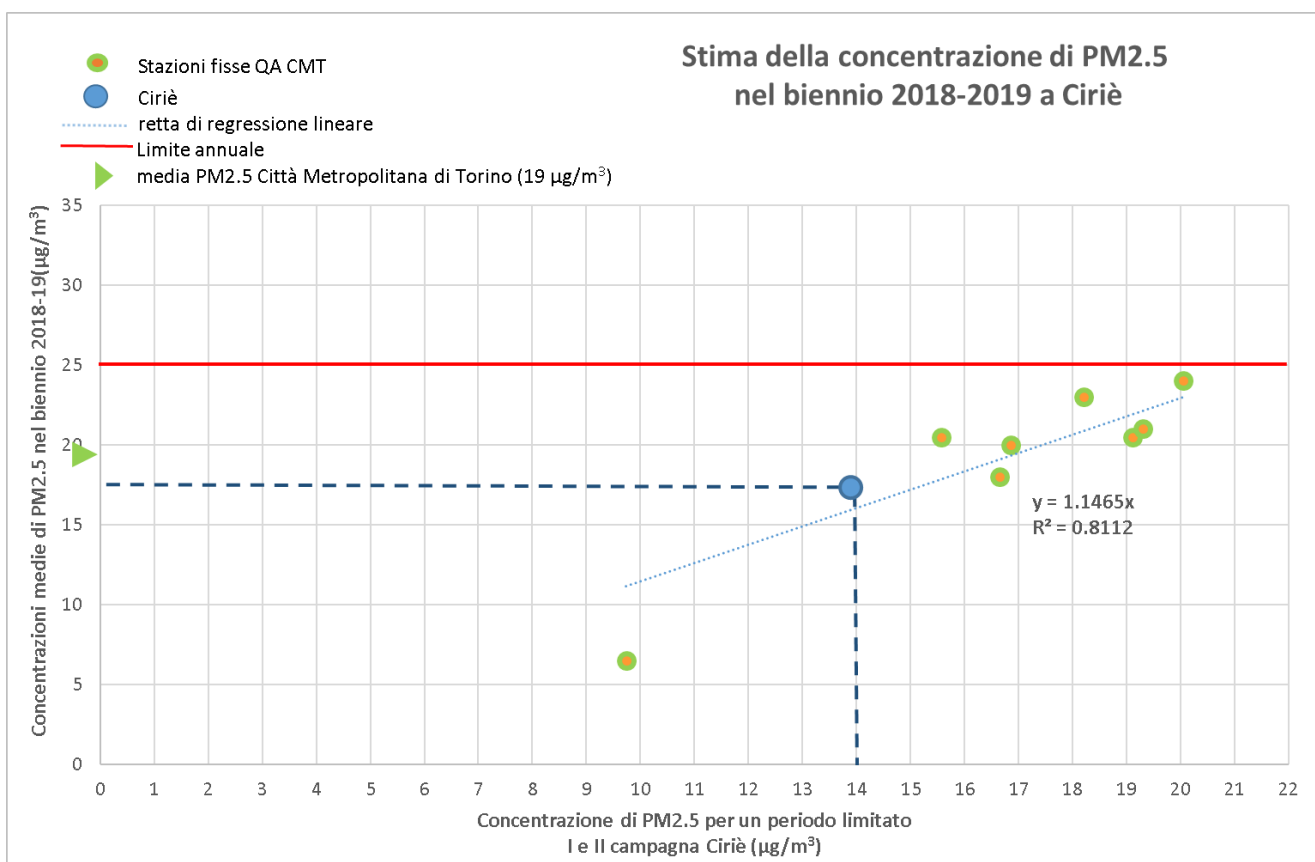


Come già anticipato, la normativa italiana prevede per il PM_{2.5} solamente il rispetto di un limite annuale, pari a 25 µg/m³. Anche in questo caso per stimare un dato di concentrazione annuale di PM_{2.5} per il sito di Ciriè si può fare riferimento ai dati delle stazioni della Rete Regionale di Qualità dell'Aria situate sul territorio della Città Metropolitana di Torino.

Per le 9 stazioni provinciali della Rete Regionale sono stati rapportati i valori di concentrazione del PM_{2.5} come media del biennio 2018 - 2019 alla concentrazione media calcolata nei giorni delle due campagne svolte, ed è stata costruita la retta di interpolazione (Figura 31), il cui coefficiente di determinazione R² evidenzia una buona correlazione tra i dati.

In base all'equazione della retta per il biennio 2018 - 2019 a Ciriè è stata stimata una concentrazione media annua di PM_{2.5} di 17 µg/m³, valore inferiore sia alla media della Città Metropolitana (19 µg/m³) sia al limite normativo (25 µg/m³).

Figura 31: stima della concentrazione annuale di PM_{2.5} a Ciriè nel biennio 2018-2019

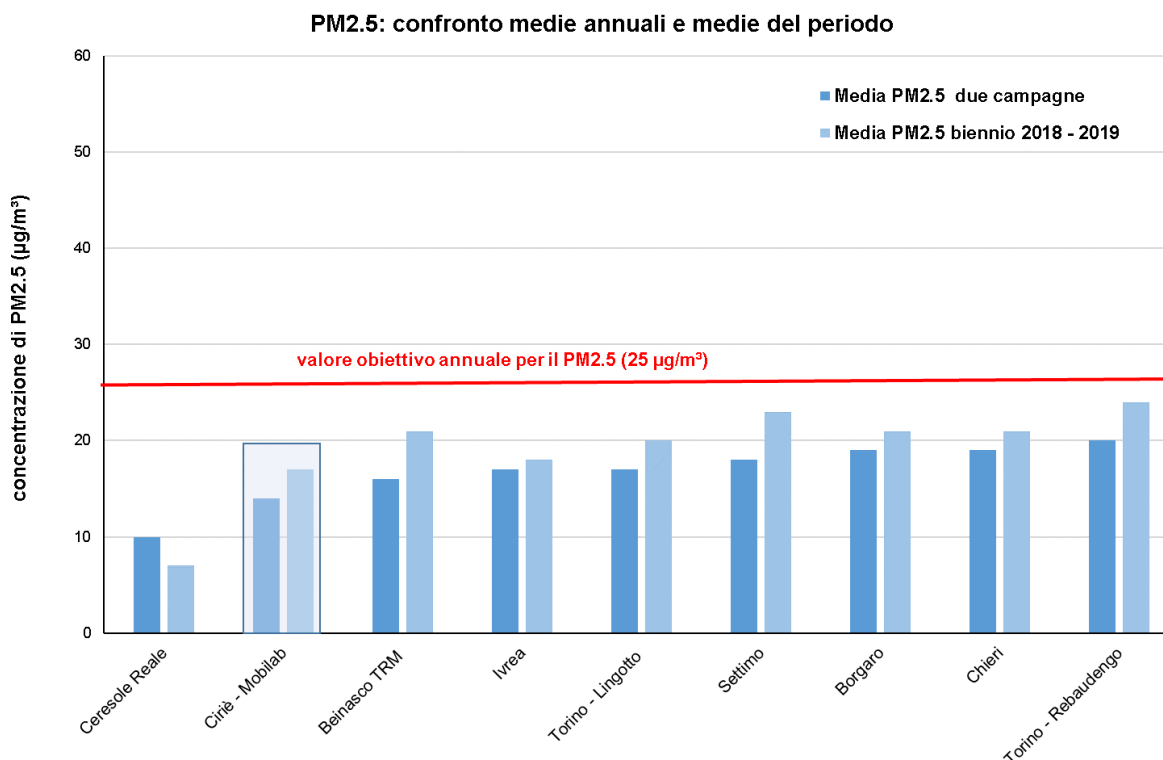


La stima annuale ottenuta, pari a 17 µg/m³, è riportata in Tabella 16 e in Figura 32; il confronto di tale dato con i valori delle altre stazioni della rete di monitoraggio fissa evidenzia che i valori di concentrazione misurati a Ciriè sono leggermente inferiori ai valori medi della Città Metropolitana di Torino, sia come media dei periodi in cui sono state svolte le campagne di monitoraggio sia come media annuale.

Tabella 16: PM_{2.5} (µg/m³), confronto concentrazioni medie del periodo di misura e del biennio 2018-19

Stazioni di misura	Media PM2.5 PRIMA campagna 13 ott – 06 nov 2018 [µg/m ³]	Media PM2.5 SECONDA campagna 04 lug – 31 lug 2019 [µg/m ³]	Media PM2.5 due campagne	Media PM2.5 Anni 2018 - 2019
Beinasco TRM	19	12	16	21
Borgaro	22	17	19	21
Ceresole Reale	11	9	10	7
Chieri	25	16	19	21
Ciriè - Mobilab	14	15	14	17
Ivrea	18	16	17	18
Settimo	23	14	18	23
Media CMT senza TO	20	14	17	19
Torino - Lingotto	20	14	17	20
Torino - Rebaudengo	23	17	20	24
Media CMT	20	14	17	19

Figura 32: Particolato sospeso PM_{2.5} confronto medie del biennio 2018-19 e medie del periodo nella CMT

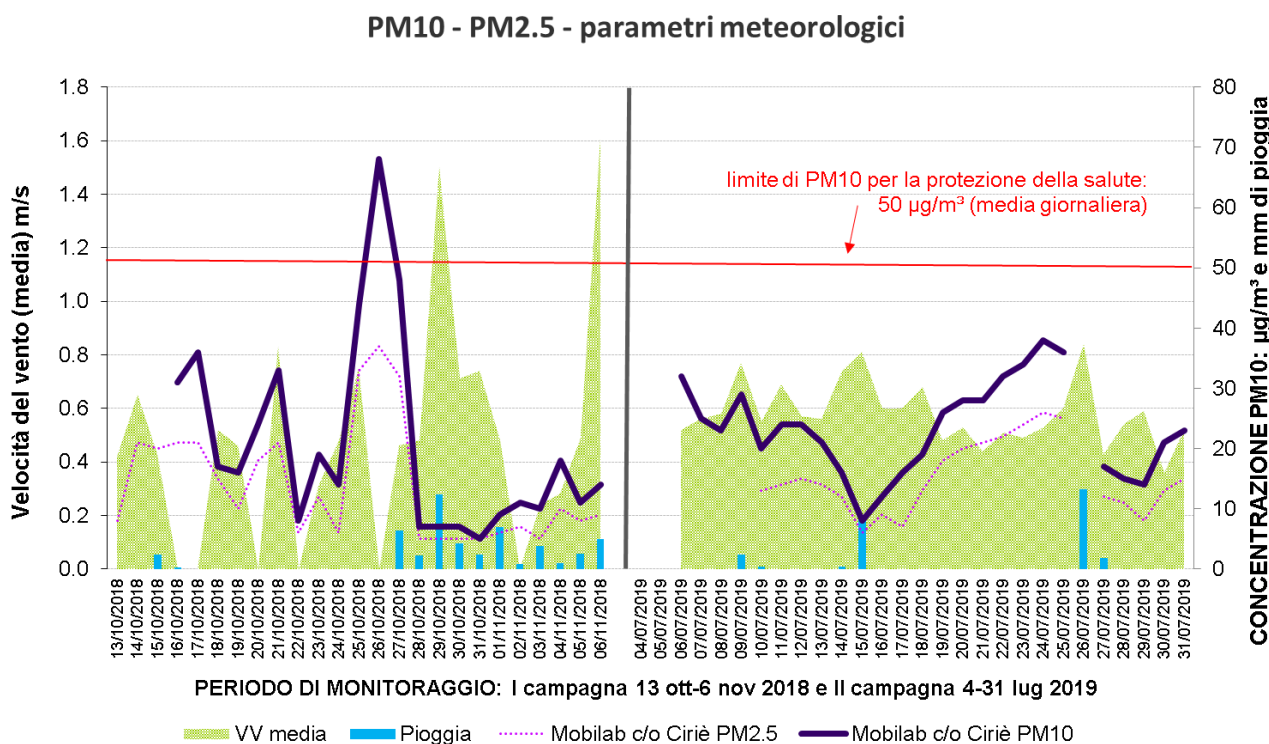


In Figura 33 è stato confrontato l'andamento del PM10 e del PM2.5 con i dati relativi alle precipitazioni atmosferiche e alla velocità del vento. È piuttosto evidente come alcuni eventi meteorologici influenzino la concentrazione delle polveri aerodisperse. La pioggia inibisce il fenomeno della risospensione di polveri dal suolo e determina, insieme al vento, un rimescolamento degli strati più bassi dell'atmosfera.

Come già evidenziato nel paragrafo relativo ai dati meteorologici le due campagne di monitoraggio di Ciriè sono state svolte in periodi piuttosto perturbati durante i quali non si sono verificati fenomeni di accumulo delle polveri.

I maggiori valori di concentrazione misurati per il PM10 e per il PM2.5 sono stati misurati il giorno 26 ottobre, durante il quale non c'era vento e non ha piovuto. I dati di concentrazione di entrambi i parametri sono diminuiti in modo molto evidente nel periodo compreso tra il 28 ottobre e il 1 novembre per il transito di una intensa perturbazione sul territorio piemontese. Analoga constatazione può essere fatta per la campagna estiva nelle giornate del 15, 26 e 27 luglio.

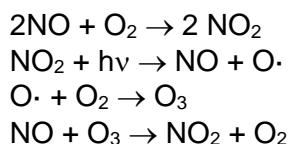
Figura 33: Particolato sospeso PM10 e PM2,5 e parametri meteorologici (precipitazioni e vento)



Ozono

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

Le reazioni coinvolte nella formazione di questo inquinante si possono riassumere nel modo seguente:



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.

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 a cui si è esposti, della durata dell'esposizione e della ventilazione polmonare, in particolar modo nei soggetti sensibili (asmatici, bambini, anziani, soggetti aventi patologie respiratorie).

Tabella 17: Dati relativi all'ozono (O₃) (µg/m³)

Ozono	Autunno 2018	Estate 2019
Minima media giornaliera	17	40
Massima media giornaliera	62	81
Media delle medie giornaliere	37	64
Giorni validi	25	24
Percentuale giorni validi	100%	86%
Media dei valori orari	37	66
Massima media oraria	108	136
Ore valide	598	597
Percentuale ore valide	100%	89%
Minimo medie 8 ore	9	28
Media delle medie 8 ore	37	66
Massimo medie 8 ore	93	117
Percentuale medie 8 ore valide	100%	88%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (120)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 120)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti livello informazione (180)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello informazione (180)</u>	0	0
<u>Numero di valori orari superiori al livello allarme (240)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (240 per almeno 3 ore consecutive)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un valore superiore al livello allarme (240)</u>	0	0

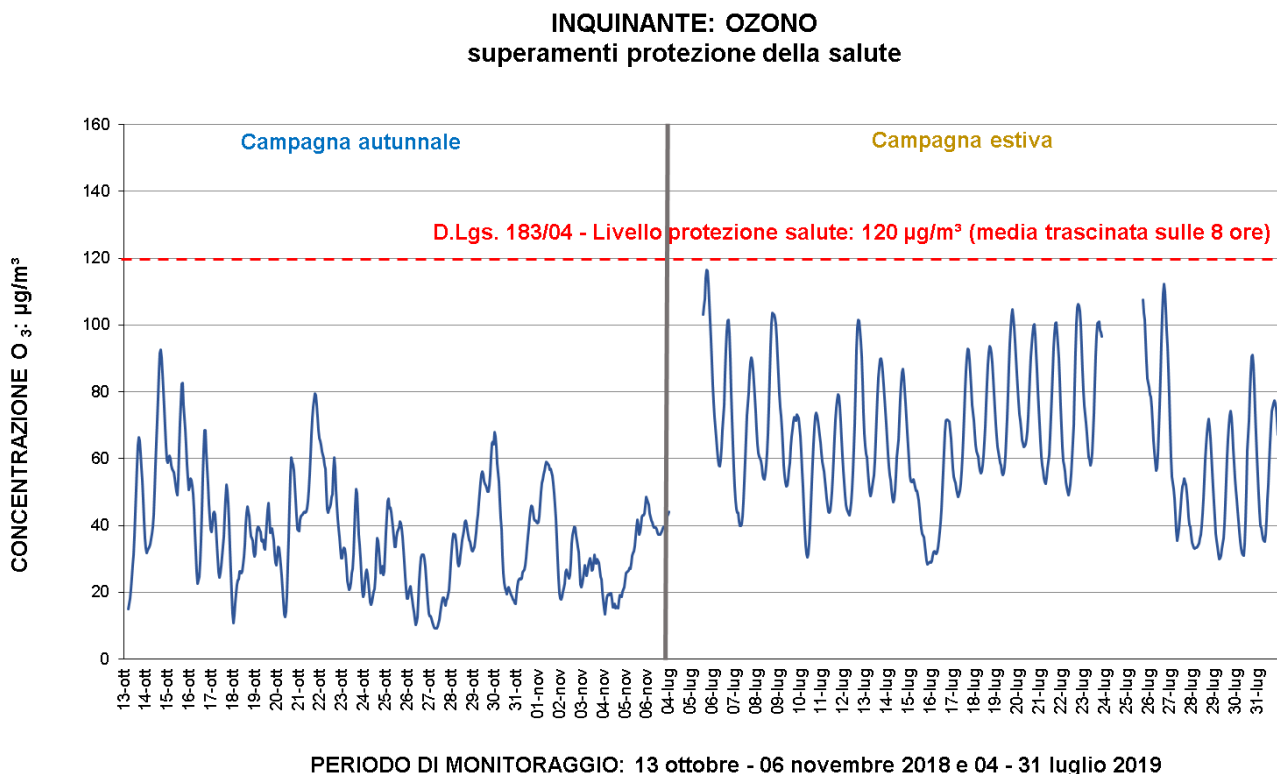
Al fine di proteggere la salute umana, la normativa prevede per l'ozono un valore obiettivo di 120 µg/m³ per la concentrazione media di 8 ore, da non superare per più di 25 giorni all'anno (come

media su tre anni). Durante le campagne di monitoraggio di Ciriè non sono stati registrati superamenti dei valori obiettivo e nessun superamento del livello informazione ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$) né tantomeno superamenti del livello di allarme ($240 \mu\text{g}/\text{m}^3$), come si evince da Figura 34.

Il valore medio del periodo estivo è pari a $64 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e il valore massimo medio orario registrato è di $136 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tabella 17).

Nei mesi freddi i valori sono più contenuti rispetto a quelli che si misurano durante l'estate; durante la campagna autunnale di Ciriè sono stati misurate concentrazioni medie orarie di ozono di $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e una concentrazione massima media oraria di $108 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in data 14 ottobre, giornata durante la quale si sono create situazioni particolarmente favorevoli alla formazione di ozono.

Figura 34: O₃ - confronto con i limiti di legge (media trascinata sulle 8 ore)



Dal grafico di Figura 35 in cui si riporta il profilo orario registrato a Ciriè e quello relativo ad alcune stazioni di fondo della rete di monitoraggio provinciale, si evince che le concentrazioni misurate a Ciriè sono risultate per il periodo autunnale complessivamente in linea, sia negli andamenti sia nelle quantità assolute, con quelle registrate nelle altre stazioni della RRQA considerate per il confronto. Per il periodo estivo, invece, le concentrazioni sono risultate in linea con gli andamenti delle altre stazioni, ma inferiori in termini di valori misurati.

Queste osservazioni sono valide anche per il grafico di Figura 36 che rappresenta l'andamento del giorno medio delle concentrazioni di Ozono durante il periodo delle due campagne di monitoraggio.

Figura 35: O₃ - andamento della concentrazione oraria e confronto con i limiti di legge nel periodo

INQUINANTE: O₃

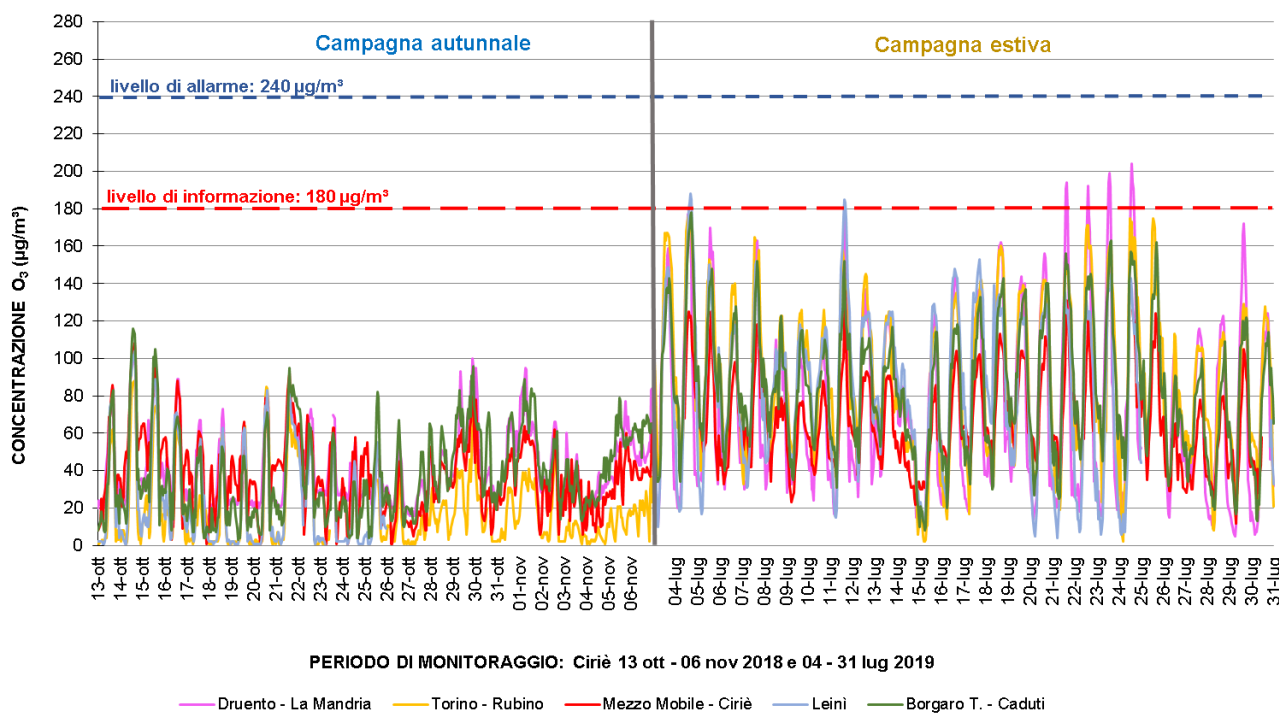
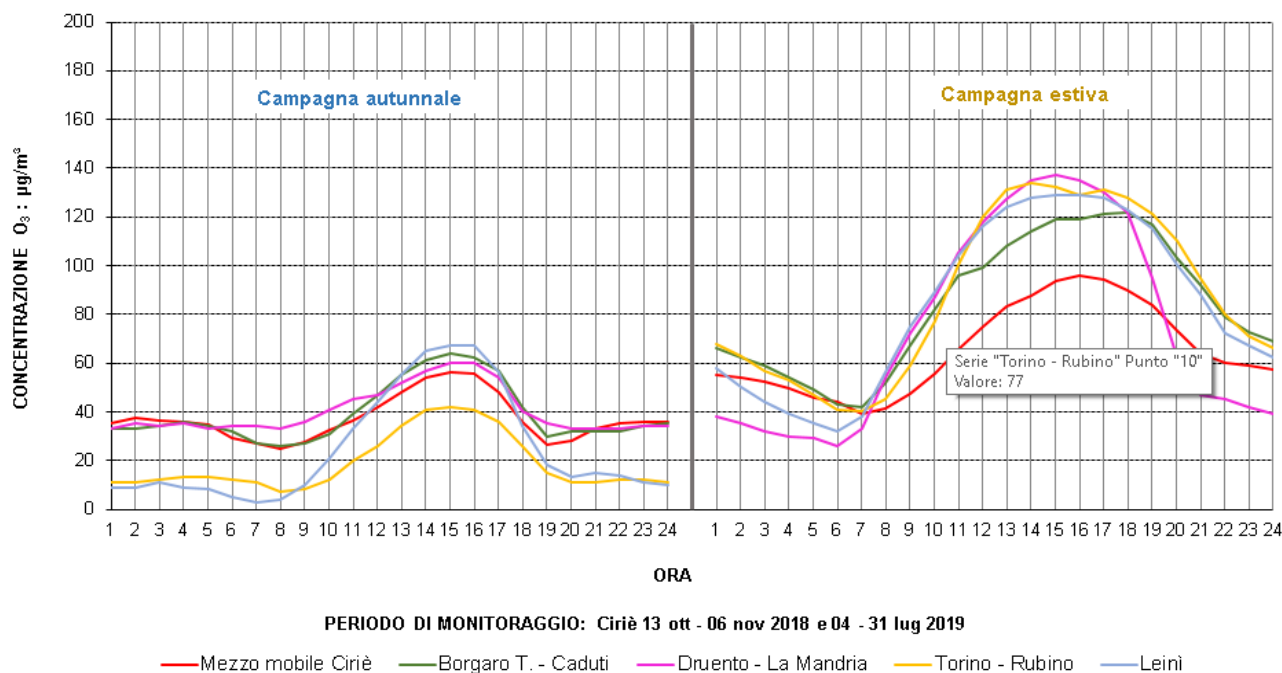


Figura 36: O₃ - confronto del profilo del giorno medio registrato durante le due campagne di misura

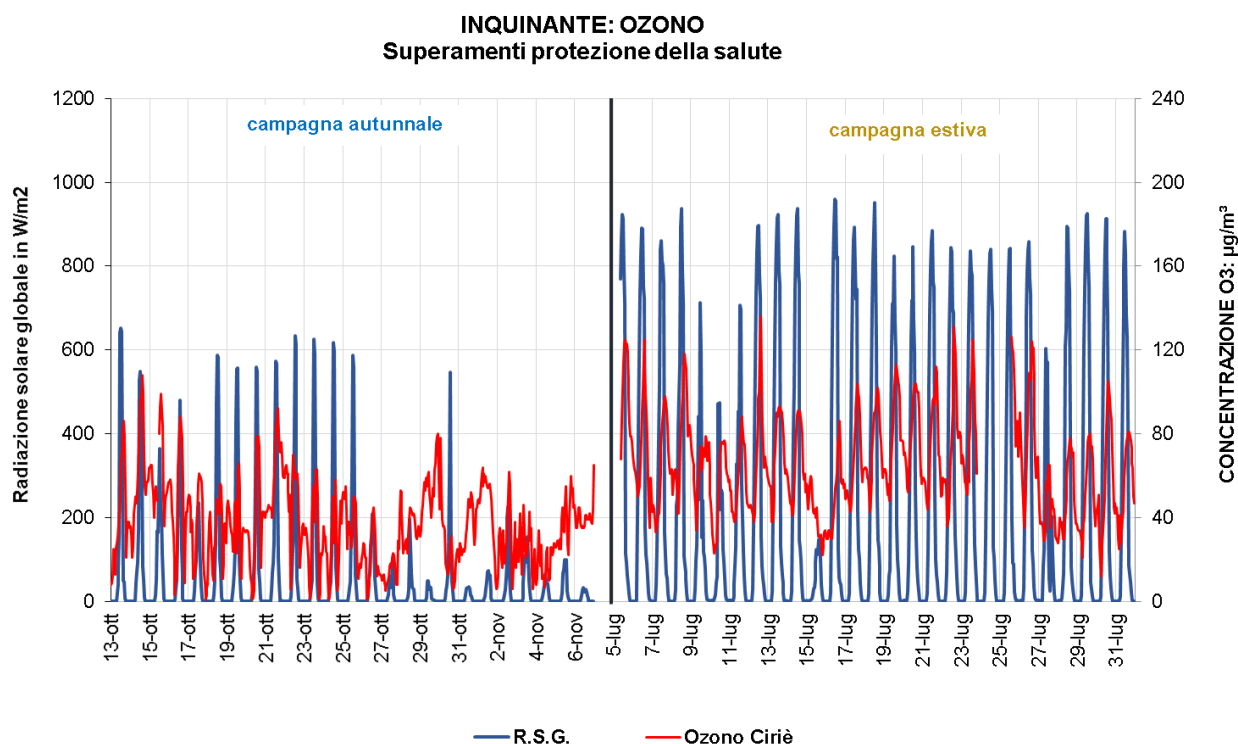
GIORNO MEDIO: Ozono



In Figura 37 viene mostrata la correlazione dei dati di ozono con i valori di radiazione solare durante le due campagne di monitoraggio.

I valori più alti di ozono sono tipici dei periodi caldi dell'anno, 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 37: O₃ - andamento della concentrazione oraria e confronto con radiazione solare globale



CONCLUSIONI

I valori di concentrazione degli inquinanti misurati nel corso delle campagne di monitoraggio svolte presso il comune di Ciriè sono in generale comparabili a quelli misurati nelle stazioni della Città Metropolitana di Torino ubicate in zone residenziali suburbane e urbane.

Nel corso di entrambe le campagne, le soglie di allarme non sono mai state superate per gli inquinanti per i quali la normativa prevede tale tipo di limite (ozono e biossido di azoto) ed è stato rispettato il valore limite per la protezione della salute umana su base oraria del monossido di carbonio.

Per gli inquinanti per i quali sono previsti dalla normativa specifici valori di riferimento sul breve periodo, solo per il PM₁₀ è stato registrato un unico superamento del valore medio giornaliero di 50 µg/m³, durante il periodo autunnale.

Per il PM₁₀, è stata calcolata una stima della media annuale sulla base dei valori registrati dalle stazioni della Rete Regionale di Qualità dell'Aria situate sul territorio della Città Metropolitana di Torino nel biennio precedente, ottenendo un valore di concentrazione stimato pari a 24 µg/m³, valore inferiore sia al limite annuale di 40 µg/m³ sia al valore medio di 27 µg/m³ delle altre stazioni della rete.

Anche per il PM_{2.5} la stima del valore medio annuale, pari a 17 µg/m³, indica un valore di concentrazione inferiore al valore limite di 25 µg/m³ previsto dalla normativa vigente, nonché leggermente inferiore alla media delle centraline della Città Metropolitana di Torino.

Valori inferiori ai limiti di legge sono stati stimati anche per le concentrazioni medie annuali del biossido di azoto con 34 µg/m³, rispetto al limite normativo di 40 µg/m³ e per il benzene, per il quale è stata stimata una concentrazione media annua di 0.9 µg/m³, valore di molto inferiore al limite di 5 µg/m³.

Molto probabilmente i valori di concentrazione rilevati per i vari inquinanti sono piuttosto contenuti a causa delle condizioni meteorologiche che hanno caratterizzato i periodi in cui sono state svolte le campagne di monitoraggio nel sito in esame. Infatti, le perturbazioni atmosferiche potrebbero avere in qualche modo influenzato la concentrazione degli inquinanti favorendone la dispersione negli strati più alti dell'atmosfera.

Si evidenzia come la collocazione dei differenti siti di campionamento utilizzati per effettuare le due campagne di monitoraggio, seppur molto vicini, abbia influito sui valori di concentrazione degli inquinanti prodotti principalmente dal traffico veicolare quali ossidi di azoto, monossido di carbonio, benzene, PM₁₀ e PM_{2.5}.

La campagna autunnale è stata svolta all'interno del parco di Villa Remmert sul lato di via Rosmini in prossimità di specie arboree ad alto fusto, mentre per la campagna di monitoraggio estiva la stazione mobile di campionamento è stata posizionata in Via Alfieri lungo il muro di cinta esterno del parco di Villa Remmert. Tale sito ha risentito maggiormente delle emissioni dei veicoli che transitano per la via e che sostano all'incrocio regolato da semaforo. Infatti, le concentrazioni degli inquinanti rilevate nel corso della campagna autunnale sono paragonabili alle concentrazioni misurate presso le stazioni della rete fissa della Città Metropolitana di Torino di fondo suburbano, mentre nella campagna estiva i valori degli inquinanti da traffico sono più simili ai valori rilevati presso le stazioni di fondo urbano.

In conclusione, la valutazione congiunta di tutti gli inquinanti analizzati presso l'area oggetto di monitoraggio, ha evidenziato che il comune di Ciriè ricade in un contesto interessato da fonti emissive derivanti da attività antropiche, quali traffico veicolare e riscaldamento domestico e presenta un quadro comparabile alle stazioni della Rete fissa di Rilevamento della Qualità dell'aria ubicate nei comuni limitrofi alla città di Torino.

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