

**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 MONTANARO
 RELAZIONE FINALE COMPLESSIVA I E II CAMPAGNA**



CODICE DOCUMENTO: F06_2017_00431_008

Redazione	Funzione: Collaboratore Tecnico Professionale	Data: 28/02/2019	Firma: 
	Nome: Dott.ssa Laura Milizia		
Verifica e approvazione	Funzione: Responsabile SS 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 qualità dell'aria" del Dipartimento territoriale del 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. Vitale Sciortino, sig. Roberto Sergi, coordinati dal Dirigente dott. Carlo Bussi

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

Sommario

CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO	3
<i>L'aria e i suoi inquinanti</i>	3
IL LABORATORIO MOBILE	4
IL QUADRO NORMATIVO	4
LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO	7
<i>Obiettivi della campagna di monitoraggio</i>	7
ELABORAZIONE DEI DATI METEOROLOGICI	9
ELABORAZIONE DEI DATI RELATIVI AGLI INQUINANTI ATMOSFERICI	16
Biossido di zolfo	17
Monossido di Carbonio	18
Ossidi di Azoto	19
Benzene e Toluene	26
Particolato Sospeso (PM10 e PM2.5)	29
Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)	40
Metalli	44
Ozono	48
CONCLUSIONI	52
APPENDICE - SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI	53

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 alle pubblicazioni "Uno sguardo all'aria - Relazione annuale", elaborate congiuntamente dalla Provincia, ora Città Metropolitana di Torino e da Arpa Piemonte, e disponibile presso i 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.

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 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 della Città Metropolitana di Torino viene realizzato attraverso le stazioni della rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria gestita da Arpa Piemonte.

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 dai Dipartimenti territoriali di Arpa Piemonte.

Il laboratorio mobile della Città Metropolitana di Torino è dotato di una stazione meteorologica e di analizzatori per la misura in continuo di inquinanti chimici quali: ossidi di azoto, monossido di carbonio, ozono, benzene, toluene e di campionatori di particolato atmosferico PM10 e PM2.5, la cui concentrazione è determinata in laboratorio per via gravimetrica.

IL QUADRO NORMATIVO

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

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

- **valore limite annuale** per gli inquinanti ossidi di azoto (NO_x), materiale particolato PM10 e PM2.5, 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 ossidi di azoto, PM10, e monossido di carbonio (CO), volti al contenimento di episodi acuti d'inquinamento;
- **soglie di allarme** per 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.

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 inoltre inserito nuovi indicatori relativi al PM2.5 e in particolare:

- un **valore limite, espresso come media annuale**, pari $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da raggiungere entro il 1 gennaio 2015;
- un **valore obiettivo, espresso come media annuale**, pari $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da raggiungere entro il 1 gennaio 2020.

La normativa prevede inoltre per il PM2.5 un obiettivo nazionale di riduzione e un obbligo di concentrazione dell'esposizione il cui rispetto è calcolato sulla base di misurazioni effettuate da stazioni di fondo in siti fissi di campionamento urbani, che verranno definite con Decreto del Ministero dell'Ambiente (art. 12 D. Lgs. 155/2010). Questi due ultimi indicatori esulano quindi dall'ambito della presente relazione.

Nelle tabelle 2, 3 e 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 2017".

Tabella 2: Valori limite per alcuni inquinanti atmosferici.

INQUINANTE	LIMITE	PERIODO DI MEDIAZIONE	VALORE DI RIFERIMENTO	SUPERAMENTI CONCESSI	DATA PER IL RISPETTO DEL LIMITE
BIOSSIDO DI AZOTO (NO ₂) e OSSIDI DI AZOTO (NO _x)	Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	$200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (NO ₂)	18 volte/anno civile	1-gen-2010
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	$40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (NO ₂)	--	1-gen-2010
	Soglia di allarme	3 ore consecutive	$400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (NO ₂)	--	--
	Valore limite annuale per la protezione della vegetazione	anno civile	$30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (NO _x)	--	19-lug-2001
MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)	Valore limite per la protezione della salute umana	media massima giornaliera su 8 ore	$10 \text{mg}/\text{m}^3$	---	1-gen-2005
PIOMBO (Pb)	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	$0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	---	1-gen-2005
PARTICELLE (PM10)	Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	24 ore	$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	35 volte/anno civile	1-gen-2005
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	$40 \mu\text{g}/\text{m}^3$	---	1-gen-2005
BENZENE	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	$5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	---	1-gen-2010

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

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

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

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

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

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

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

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

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

LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO

Obiettivi della campagna di monitoraggio

L'Amministrazione locale del comune di Montanaro in data 14/12/2015 (Prot. del Comune Montanaro n°11371 del 14/12/2015) ha richiesto ad Arpa Piemonte di svolgere una campagna di monitoraggio della qualità dell'aria sul proprio territorio per l'anno 2017.

In occasione del sopralluogo congiunto tra Arpa Piemonte e Comune di Montanaro, svoltosi in data 15 febbraio 2017, con i tecnici dell'Amministrazione è stato individuato, come sito per il monitoraggio, piazza Donatori di Sangue.

Come di consueto Arpa Piemonte ha previsto la realizzazione di due campagne di monitoraggio in periodo diversi dell'anno. La prima delle due campagne di monitoraggio della qualità dell'aria è iniziata il 14 marzo ed è terminata il 10 aprile 2017 (campagna primaverile). Per problemi organizzativi non è stato possibile svolgere la seconda campagna di misura nello stesso anno, ma la campagna estiva si è svolta nel 2018, dal 05 giugno al 04 luglio.

Per ragioni tecniche le elaborazioni sono state effettuate considerando esclusivamente i giorni di campionamento completi e pertanto non vi è corrispondenza con le date di posizionamento e spostamento del laboratorio mobile. I dati utili per l'effettuazione delle elaborazioni vanno dal 15 marzo al 09 aprile per la campagna del 2017 e dal 06 giugno al 03 luglio per quella del 2018

Tabella 5: Specifiche del sito di misura a Montanaro

MEZZO DI MISURA	PERIODO	INDIRIZZO
Laboratorio mobile per la qualità dell'aria di Arpa Piemonte	<ul style="list-style-type: none"> • I CAMPAGNA 14 marzo – 10 aprile 2017 • II CAMPAGNA 05 giugno – 04 luglio 2018 	Piazza Donatori di Sangue Montanaro

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.

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

Nelle [Figura 1 e 2](#) è riportato l'inquadramento territoriale del sito di misura.

Figura 1 – inquadramento territoriale per il monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Montanaro.

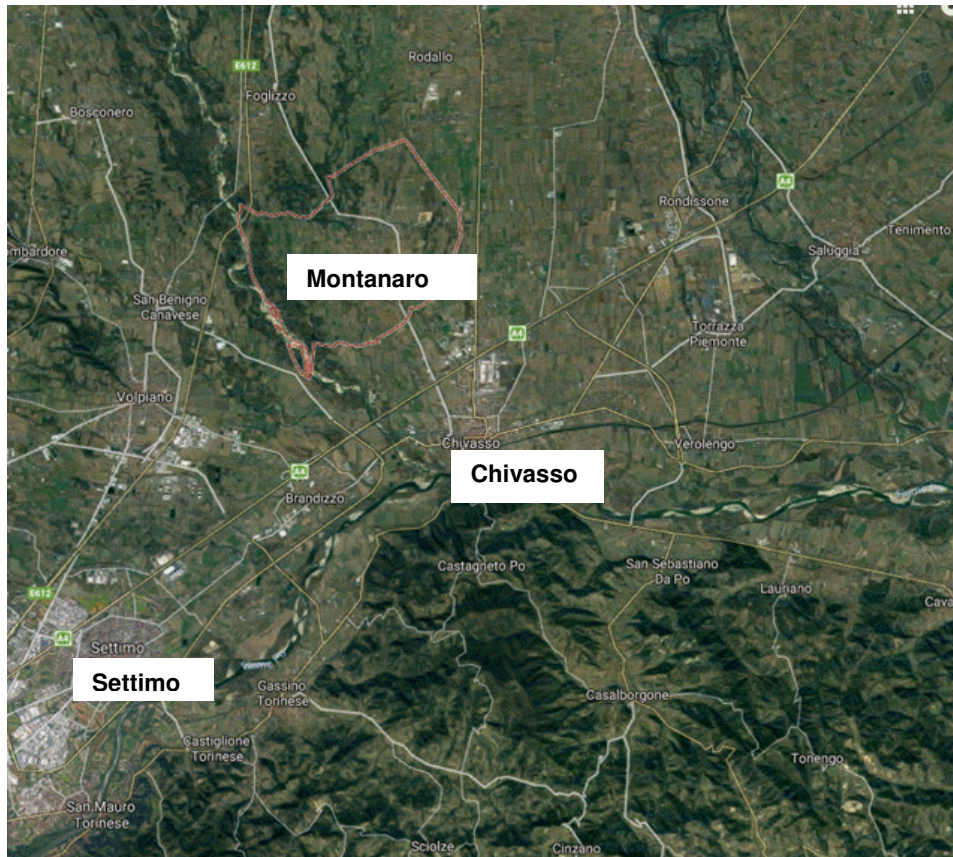


Figura 2: Dettaglio del sito di campionamento delle due campagne a Montanaro



Va sottolineato inoltre 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.

ELABORAZIONE DEI DATI METEOROLOGICI

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

I parametri meteorologici determinati sono elencati nella Tabella 6, unitamente alle rispettive abbreviazioni ed unità di misura:

Tabella 6: 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/h

Gli indici statistici dei parametri meteo sono riassunti nella Tabella 7. Si fa notare che per quanto riguarda l'umidità relativa durante la campagna di misura invernale del 2017 si ha a disposizione un periodo di monitoraggio inferiore a quello complessivo monitorato.

Il sensore per la misura dell'umidità, infatti, non ha funzionato nella prima parte della campagna e solo in seguito ad un intervento tecnico la misura è stata ripristinata. I dati validi sono disponibili quindi dal 28 febbraio al 13 marzo 2017.

Tabella 7: Dati relativi ai parametri meteorologici nel corso delle due campagne di monitoraggio

PARAMETRI METEO	RADIAZIONE SOLARE G.		TEMPERATURA		UMIDITÀ RELATIVA		PRESSIONE ATMOSFERICA		VELOCITÀ VENTO	
	W/m ²		°C		%		hPa		m/s	
U.M.	Prim	Estiv	Prim	Estiva	Prim	Estiva	Prim	Estiva	Prim	Estiva
Minima media giornaliera	25	145	10.5	19.3	51	40	985	981	0.45	0.5
Massima media giornaliera	177	306	16.2	26.5	95	82	1001	995	1.67	1.11
Media delle medie giornaliere	127	255	13.2	23.4	69	62	993	988.4	0.86	0.74
Giorni validi	26	28	26	28	26	28	26	28	25	28
Percentuale giorni validi	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	96%	100%
Media dei valori orari	127	255	13.2	23.4	69	62	993	988	0.86	0.74
Massima media oraria	673	928	23.9	33.7	99	99	1003	996	2.7	3.2
Ore valide	624	671	623	671	624	671	622	671	589	667
Percentuale ore valide	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	94%	99%

Figura 3: Dati relativi alla pioggia nel corso delle due campagne di monitoraggio

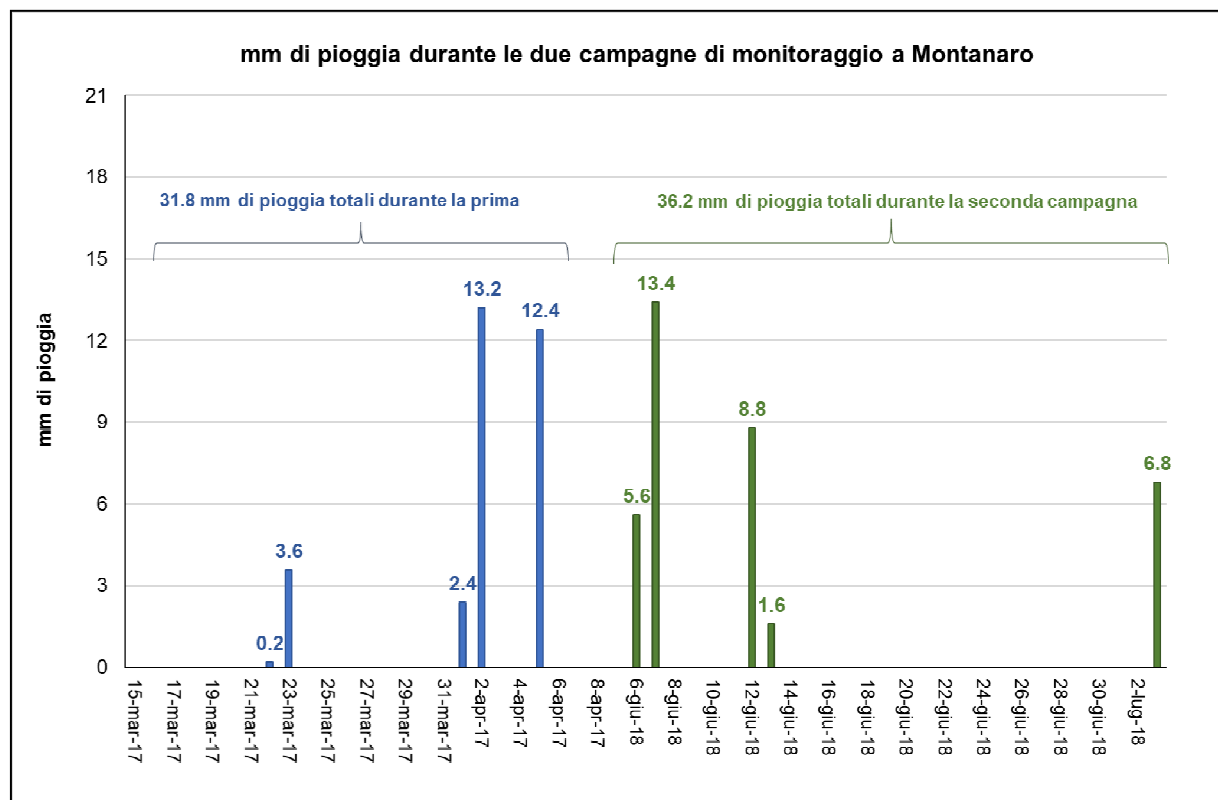
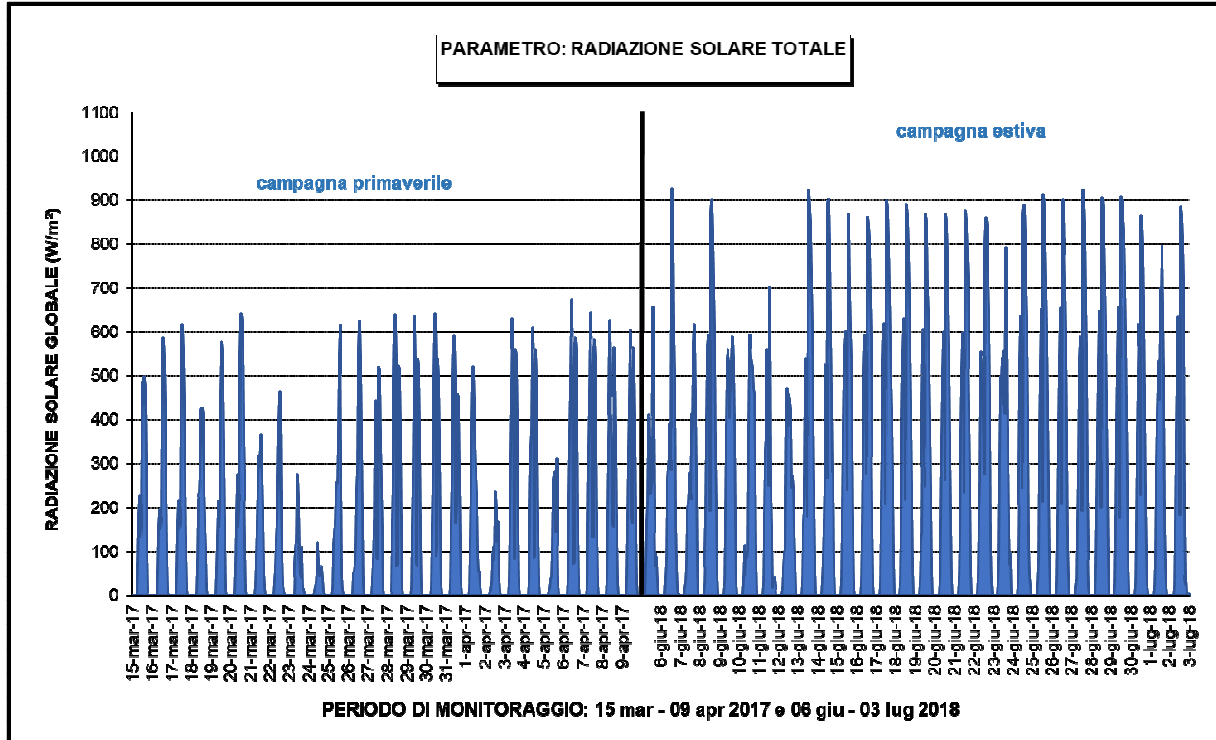


Figura 4: Andamento della radiazione solare a Montanaro durante le due campagne di misura



Il campo pressorio (Figura 5) si è attestato in media sui 990-1000 hPa durante la campagna primaverile del 2017 e in media sui 980 - 995 durante quella estiva del 2018.

Figura 5: Andamento della pressione atmosferica a Montanaro durante le due campagne

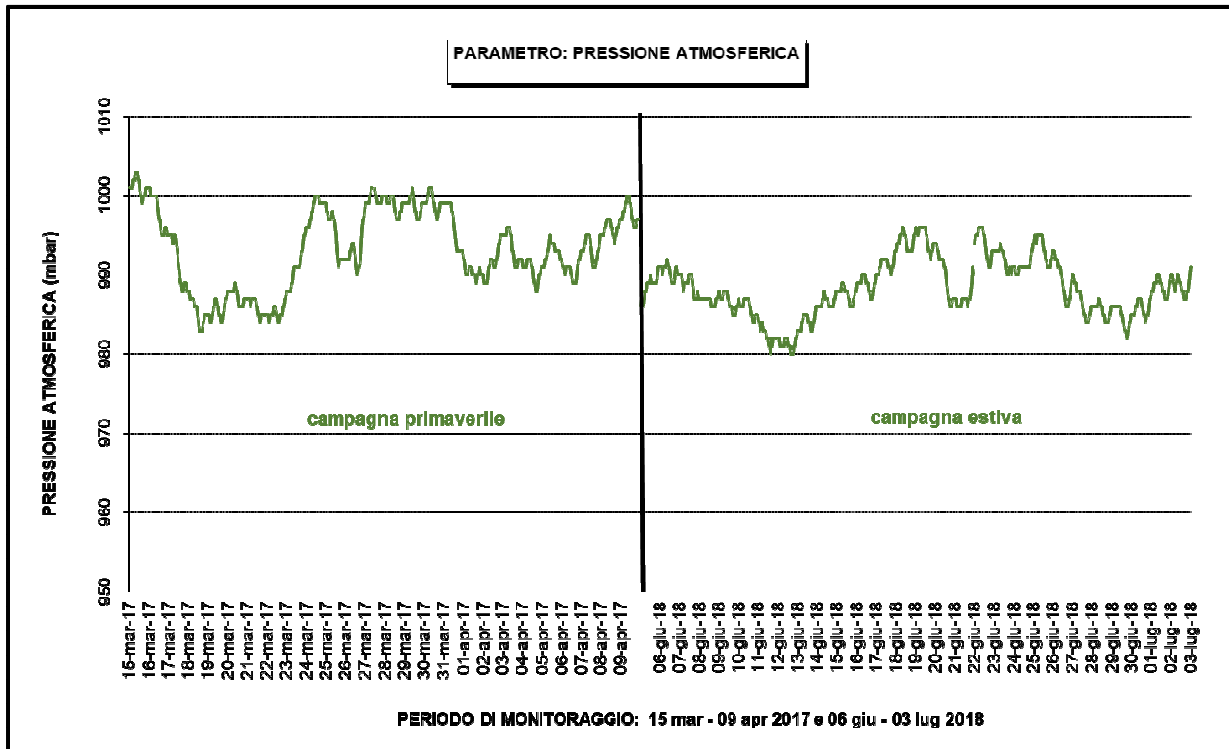


Figura 6: Andamento di temperatura a Montanaro durante le due campagne di misura

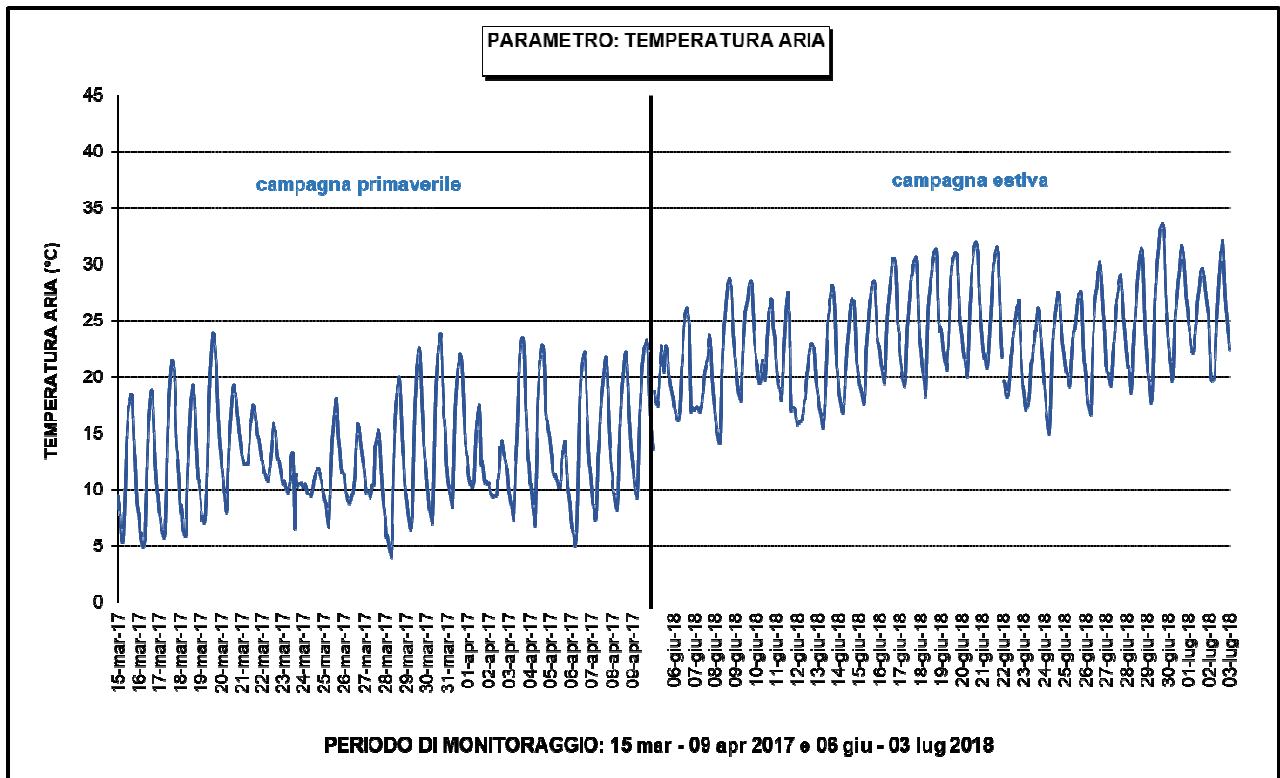
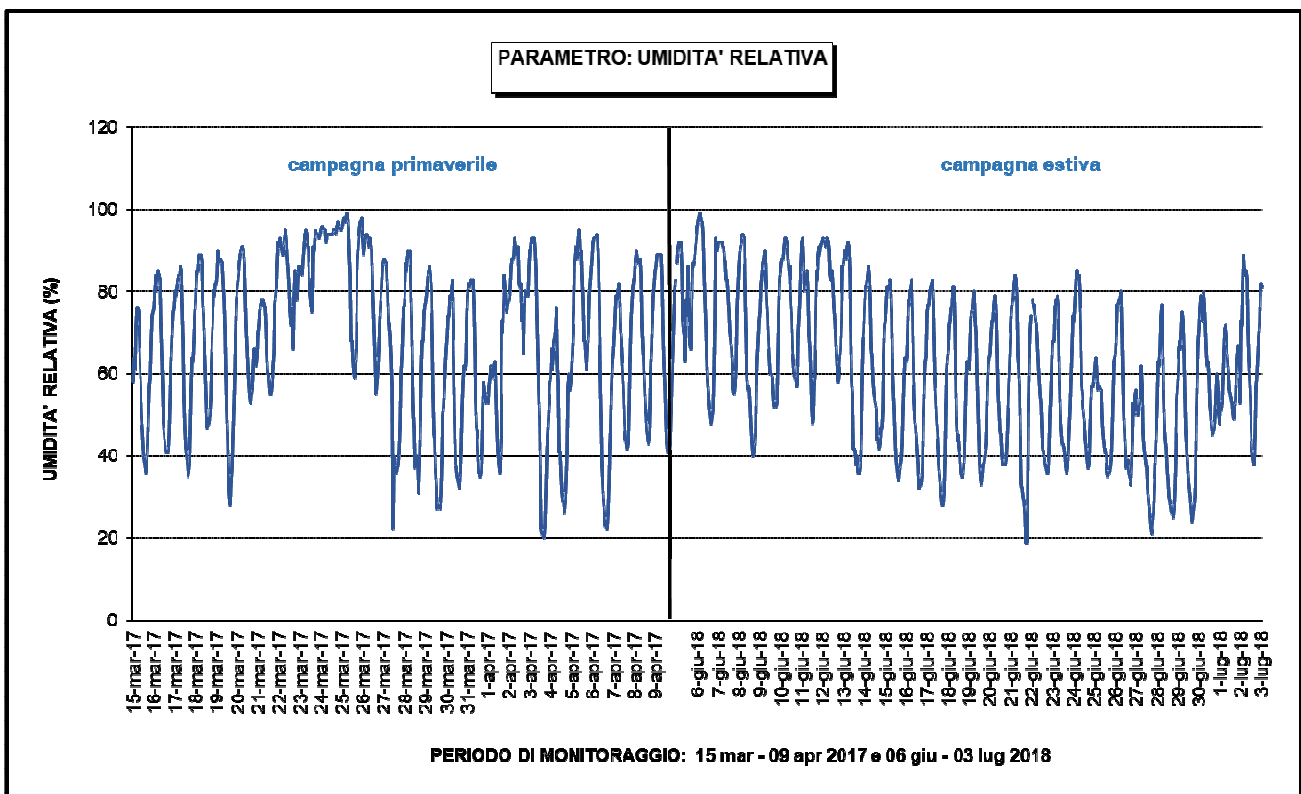


Figura 7: Andamento della umidità relativa a Montanaro durante le due campagne di misura



La temperatura media durante il periodo di misura primaverile è stata di 13.2 °C, il valore minimo di 3.9 °C registrato il 28 marzo 2017; la temperatura massima è stata raggiunta il 19 marzo con 23.9 °C. Durante la campagna Estiva è stata registrata una temperatura media di 23.4 °C, mentre i valori minimi e massimi hanno oscillato tra 14.1 °C (9 giugno 2018) e 33.7 °C (30 giugno 2018).

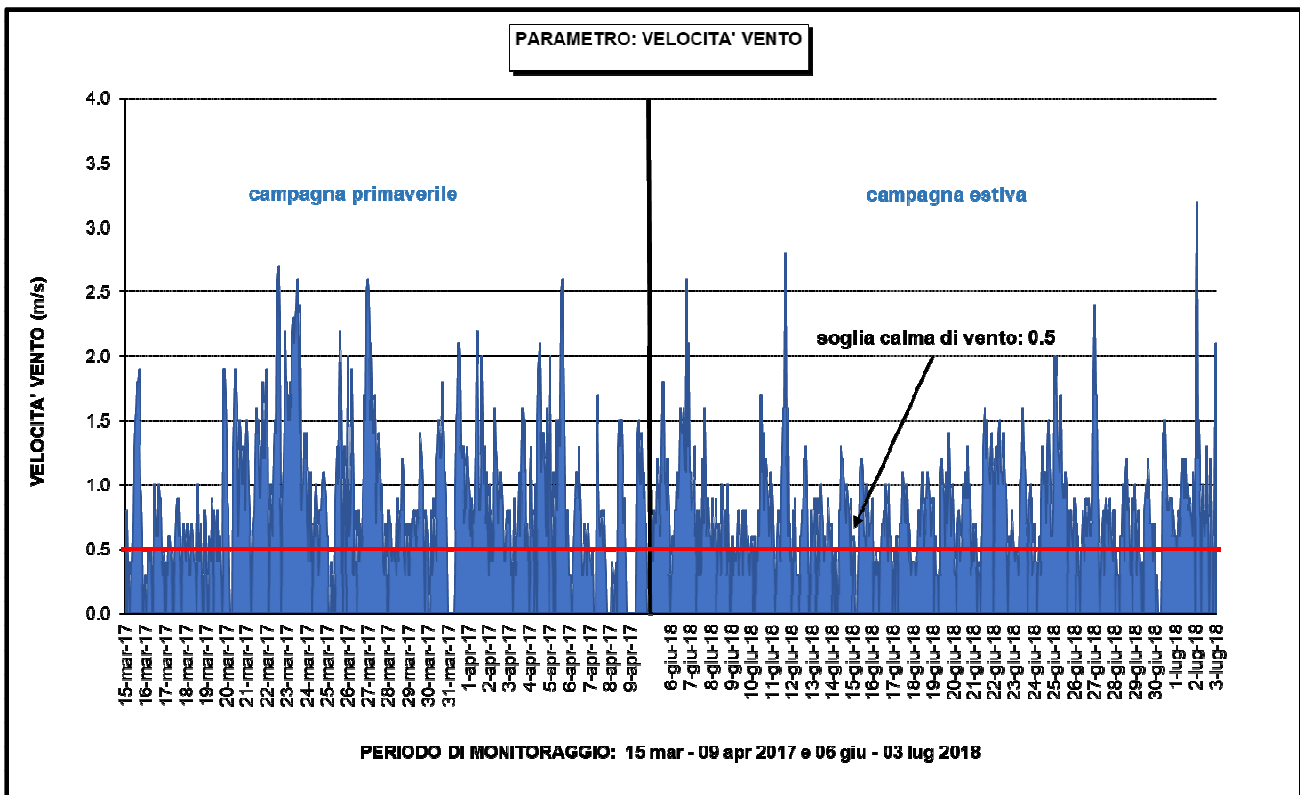
In genere l'umidità segue un andamento giornaliero ciclico, con valori più alti di notte e più bassi di giorno, in corrispondenza delle temperature massime giornaliere. È evidente che durante gli eventi piovosi più o meno intensi l'andamento tipico dell'umidità viene meno e anche di giorno la percentuale di umidità rimane elevata a causa delle precipitazioni.

In generale durante le due campagne di misura si è avuto un buon rimescolamento delle masse d'aria, come si desume dall'anemologia rilevata (Figura 8). La velocità oraria media del vento, infatti, è di 0.9 m/s nella campagna primaverile e 0.74 m/s in quella estiva. In entrambi i monitoraggi, più del 70% dei valori orari superano la soglia di 0.5 m/s, al di sotto della quale si identificano le calme di vento.

Durante la campagna primaverile la massima velocità oraria si raggiunge il 22 marzo 2017 con 2.7 m/s; la percentuale delle calme di vento è piuttosto bassa – 26.3% in totale -, con un numero di calme più elevato di notte (34.5%) e più basso di giorno (17.5%).

Durante la campagna estiva la massima velocità oraria si raggiunge il 03 luglio 2018 con 3.2 m/s; la percentuale delle calme di vento è simile a quella riscontrata durante la prima campagna di misura - 23.8% in totale -, con un numero di calme anche in questo caso più elevato di notte (36%) e più basso di giorno (13.7%).

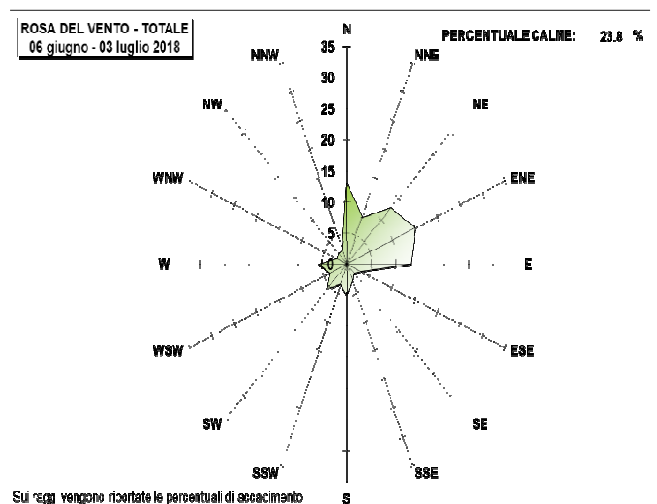
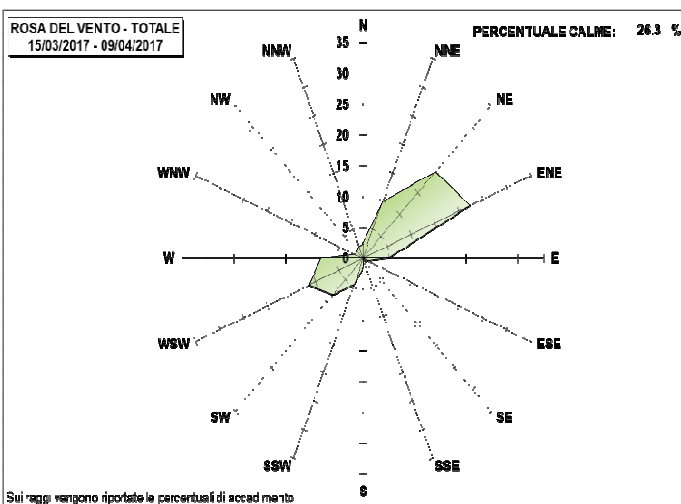
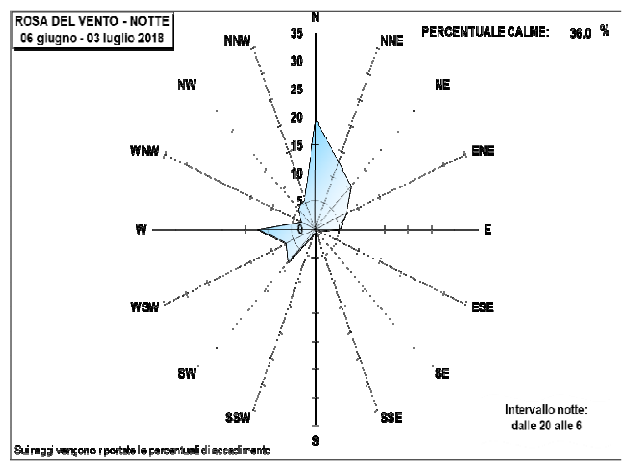
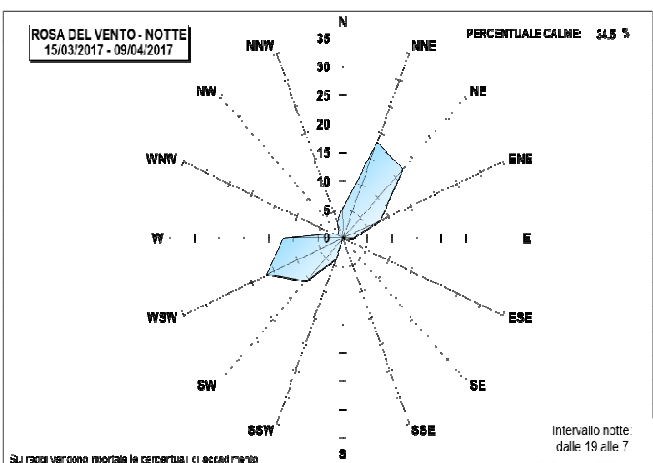
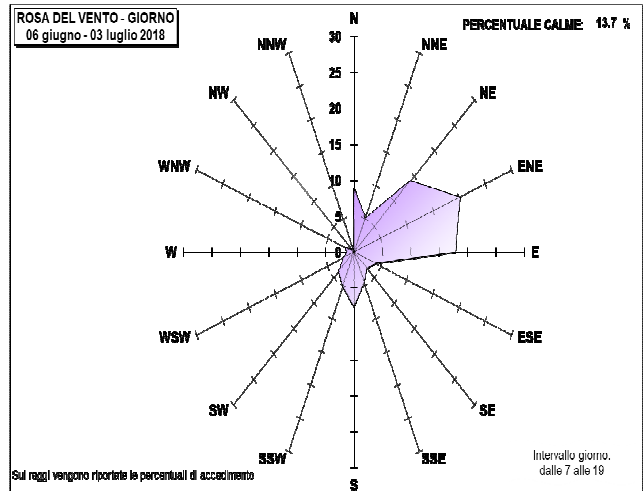
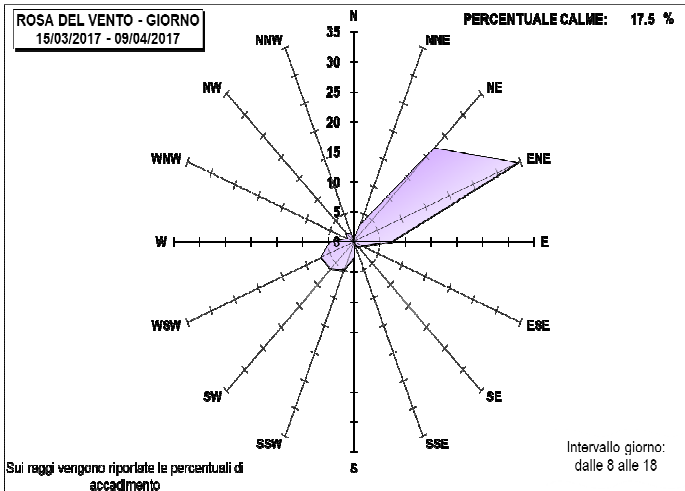
Figura 8: Andamento di della velocità del vento a Montanaro durante le due campagne di misura



Le rose dei venti riportate in Figura 9 mostrano con maggiore chiarezza il movimento delle masse d'aria nel territorio oggetto di indagine. Dalle immagini sovrapposte delle rose dei venti alla cartografia locale, si evince che durante il giorno il vento spira da Est e Nord/EST mentre di notte

prevale la direzione NORD in estate. Durante la primavera 2017 nelle ore notturne prevale anche la direzione WSW.

Figura 9: Rose dei venti durante la I campagna di misura a Montanaro



Dalle Figure 9 e 10 si evince che il vento, soprattutto durante il giorno, soffia prevalentemente dalla periferia al centro del comune di Montanaro mentre durante la notte, soprattutto durante la primavera del 2017, il vento ha soffiato anche da WSW ossia dal centro del paese.

Figura 10: Sito di monitoraggio e Rose dei venti totale durante delle due campagne di misura



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. Nella Tabella 8 si riportano gli inquinanti e le loro formule chimiche, utilizzate come abbreviazioni.

Tabella 8: Parametri chimici misurati con il laboratorio mobile

Benzene	C_6H_6	$\mu g/m^3$
Bossido di azoto	NO_2	$\mu g/m^3$
Biossido di zolfo	SO_2	$\mu g/m^3$
Monossido di azoto	NO	$\mu g/m^3$
Monossido di carbonio	CO	mg/m^3
Ozono	O_3	$\mu g/m^3$
Particolato sospeso PM10	PM10	$\mu g/m^3$
Toluene	$C_6H_5CH_3$	$\mu g/m^3$

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/>, a disposizione per elaborazioni successive e/o per eventuali richieste di trasmissione da parte degli Enti interessati.

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 di monitoraggio della campagna. In grafico vengono quindi rappresentati gli andamenti medi giornalieri delle concentrazioni per ognuno degli inquinanti.

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

Biossido di zolfo

Il biossido di zolfo è un gas incolore di odore pungente. Le principali emissioni di SO₂ derivano dai processi di combustione che utilizzano combustibili fossili (ad esempio gasolio, olio combustibile e carbone) per la produzione di energia elettrica o termica, 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: a causa del riscaldamento domestico, infatti, i valori massimi si raggiungono durante la stagione invernale. Tuttavia grazie al passaggio degli impianti di riscaldamento al gas naturale e al teleriscaldamento, le concentrazioni negli ultimi anni si sono ulteriormente ridotte.

Fino a pochi anni fa, il biossido di zolfo era considerato uno degli inquinanti atmosferici più problematici, a causa delle elevate concentrazioni rilevate nell'aria e degli effetti negativi sull'uomo e sull'ambiente. Negli ultimi anni, da quando la normativa ha imposto la limitazione del contenuto di zolfo nei combustibili, si osserva la progressiva diminuzione di questo inquinante le cui concentrazioni sono scese ben al di sotto dei limiti di legge. Da giugno 2018 lo strumento è stato dismesso, pertanto durante la campagna estiva non sono disponibili dati relativi a questo inquinante atmosferico.

Durante la prima campagna di monitoraggio, il massimo valore giornaliero è pari a 8 µg/m³ (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 13 µg/m³, quindi ben al di sotto del livello orario per la protezione della salute di 350 µg/m³. I dati riportati in *Tabella 9* evidenziano che i limiti previsti dalla normativa non vengono mai superati.

Il Biossido di Zolfo non mostra alcuna criticità, poiché le azioni a livello nazionale per la riduzione della percentuale di zolfo nei combustibili e l'utilizzo del metano per gli impianti di riscaldamento hanno dato i risultati attesi e le concentrazioni di SO₂ sono sempre al di sotto dei limiti. Tali risultati positivi si osservano anche a livello provinciale dai dati ottenuti con le centraline fisse di monitoraggio.

Tabella 9: Dati relativi al biossido di zolfo nel corso delle campagne di monitoraggio

Biossido di zolfo (µg/m ³)	Primaverile	Estiva
Minima media giornaliera	3	-
Massima media giornaliera	8	-
Media delle medie giornaliere:	6	-
Giorni validi	24	-
Percentuale giorni validi	92%	-
Media dei valori orari	6	-
Massima media oraria	13	-
Ore valide	600	-
Percentuale ore valide	96%	-
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (350)</u>	0	-
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (350)</u>	0	-
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (125)</u>	0	-
<u>Numero di superamenti livello allarme (500)</u>	0	-
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (500)</u>	0	-

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.

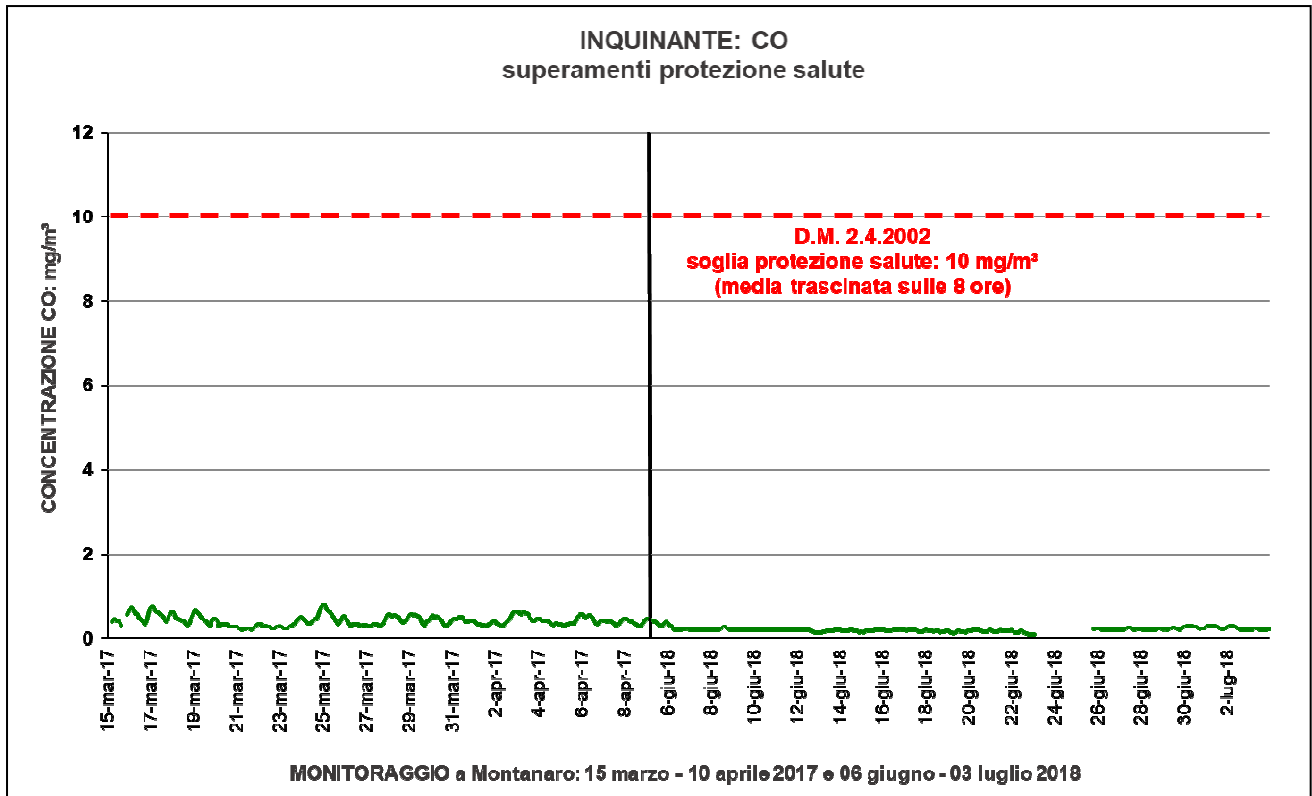
Nell'ultimo ventennio, con l'introduzione delle marmitte catalitiche nei primi anni '90 e l'incremento degli autoveicoli a ciclo Diesel, si è osservata una costante e significativa diminuzione della concentrazione del monossido di carbonio nei gas di combustione prodotti dagli autoveicoli ed i valori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

Tabella 10: Dati relativi al monossido di Carbonio (CO (mg/m^3), della campagna di monitoraggio

Monossido di carbonio (mg/m^3)	Primavera	Estate
Minima media giornaliera	0.3	0.1
Massima media giornaliera	0.6	0.3
Media delle medie giornaliere	0.4	0.2
Giorni validi	26	25
Percentuale giorni validi	100%	89%
Media dei valori orari	0.4	0.2
Massima media oraria	1	0.3
Ore valide	623	608
Percentuale ore valide	100%	90%
Minimo medie 8 ore	0.2	0.1
Media delle medie 8 ore	0.4	0.2
Massimo medie 8 ore	0.8	0.3
Percentuale medie 8 ore valide	100%	90%
<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 Montanaro non si sono osservate criticità per questo parametro. La Tabella 10 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.

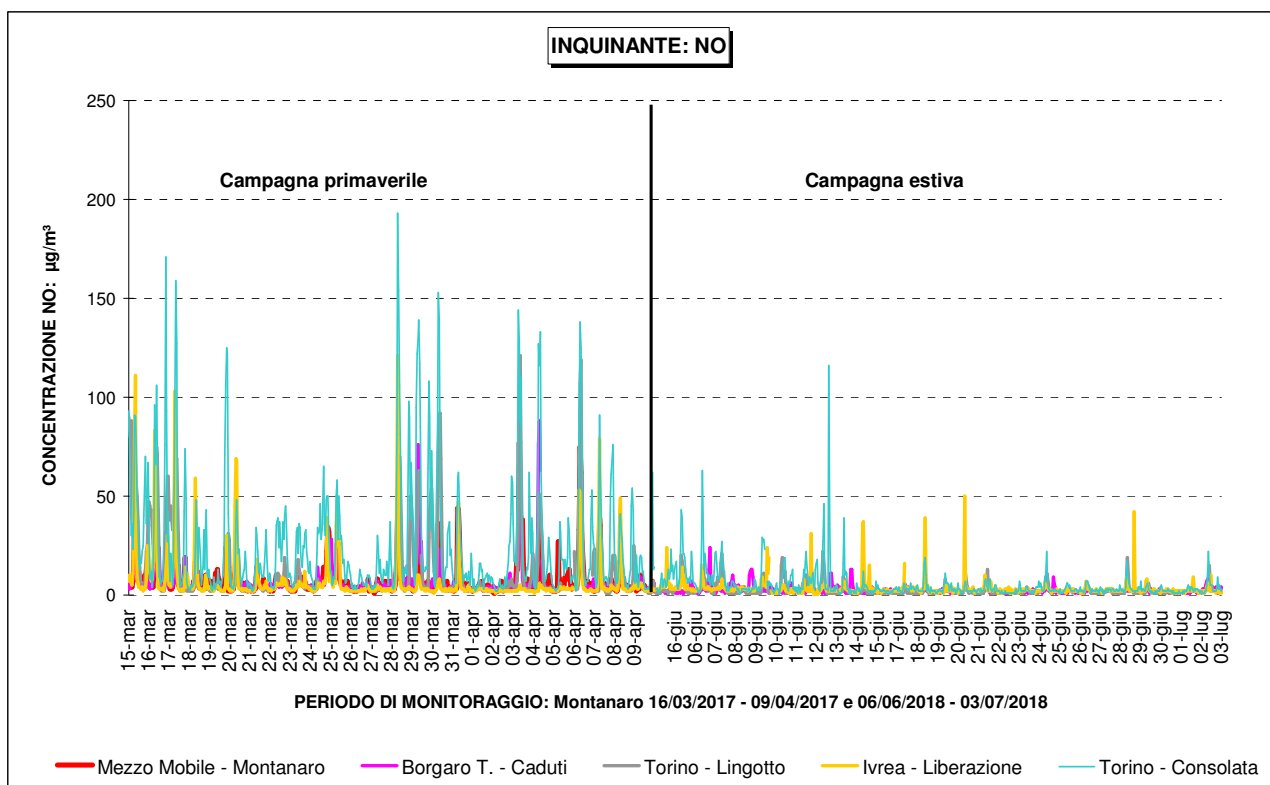
Durante il periodo di monitoraggio i livelli di NO registrano un valore massimo pari a 77 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nel periodo primaverile (periodo più critico per gli ossidi di azoto rispetto all'estate) e 18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ durante la campagna estiva (Tabella 11).

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 Montanaro, da cui si evince una minore influenza del traffico nel sito prescelto per il monitoraggio rispetto alle altre stazioni fisse di fondo.

Tabella 11: Dati relativi al monossido di azoto (NO) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

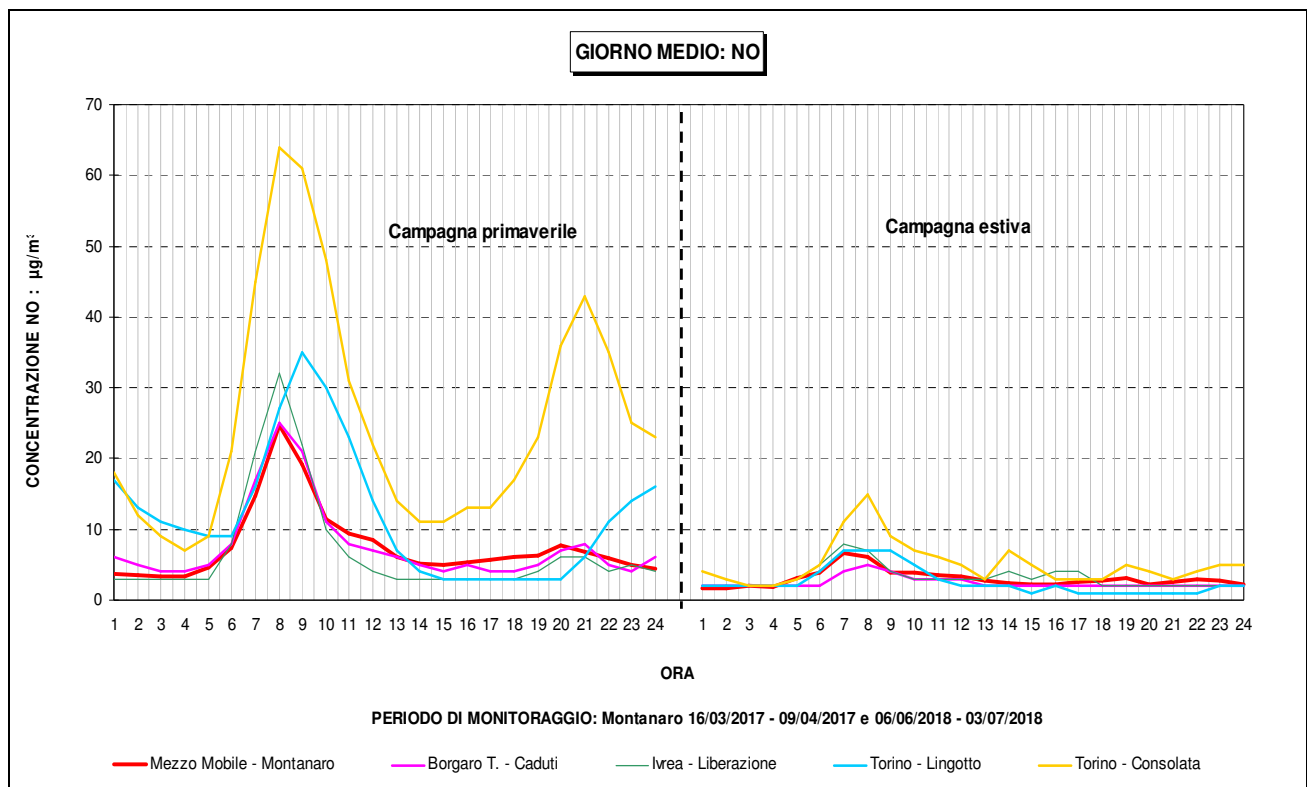
Monossido di azoto ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Primavera	Estate
Minima media giornaliera	3	2
Massima media giornaliera	15	4
Media delle medie giornaliere (b):	8	3
Giorni validi	26	28
Percentuale giorni validi	100%	100%
Media dei valori orari	8	3
Massima media oraria	77	18
Ore valide	622	669
Percentuale ore valide	100%	100%

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



E' interessante notare, dalla Figura 13, come nel periodo primaverile 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 NO_x 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 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 Montanaro, l'andamento dell'NO₂ registra un valore medio di 18 µg/m³, con un picco di 53 µg/m³, nel periodo estivo; in primavera i valori sono superiori, con un valor medio di 26 µg/m³ e un picco di 93 µg/m³, ma senza che si verifichi nessun superamento dei limiti; vedi Tabella 12.

Tabella 12 – Dati relativi al biossido di azoto (NO₂) (µg/m³)

Biossido di azoto	Primavera	Estate
Minima media giornaliera	15	13
Massima media giornaliera	39	22
Media delle medie giornaliere (b):	26	18
Giorni validi	26	28
Percentuale giorni validi	100%	100%

Media dei valori orari	26	18
Massima media oraria	93	53
Ore valide	622	669
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, Borgaro e Ivrea, mentre le stazioni di traffico urbano registrano valori mediamente più elevati.

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

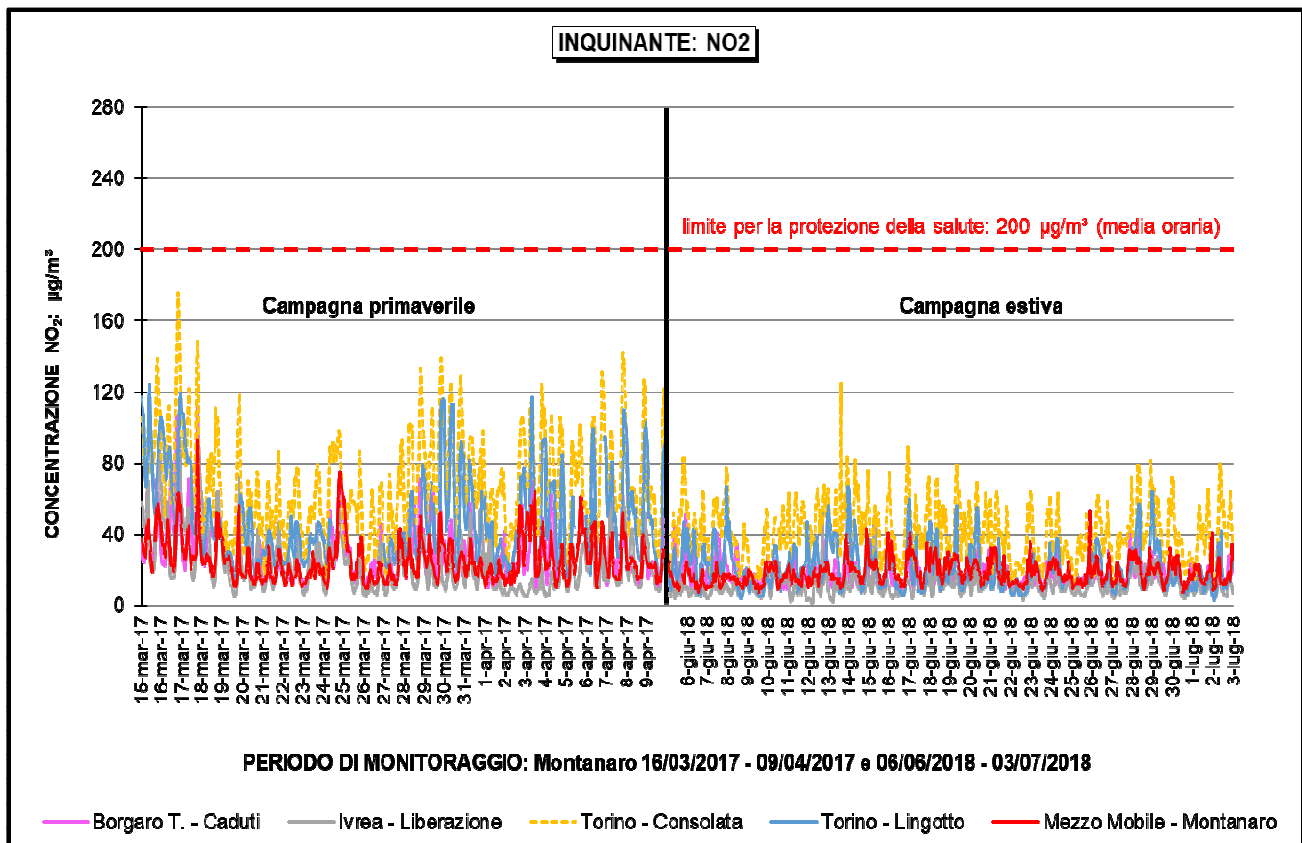
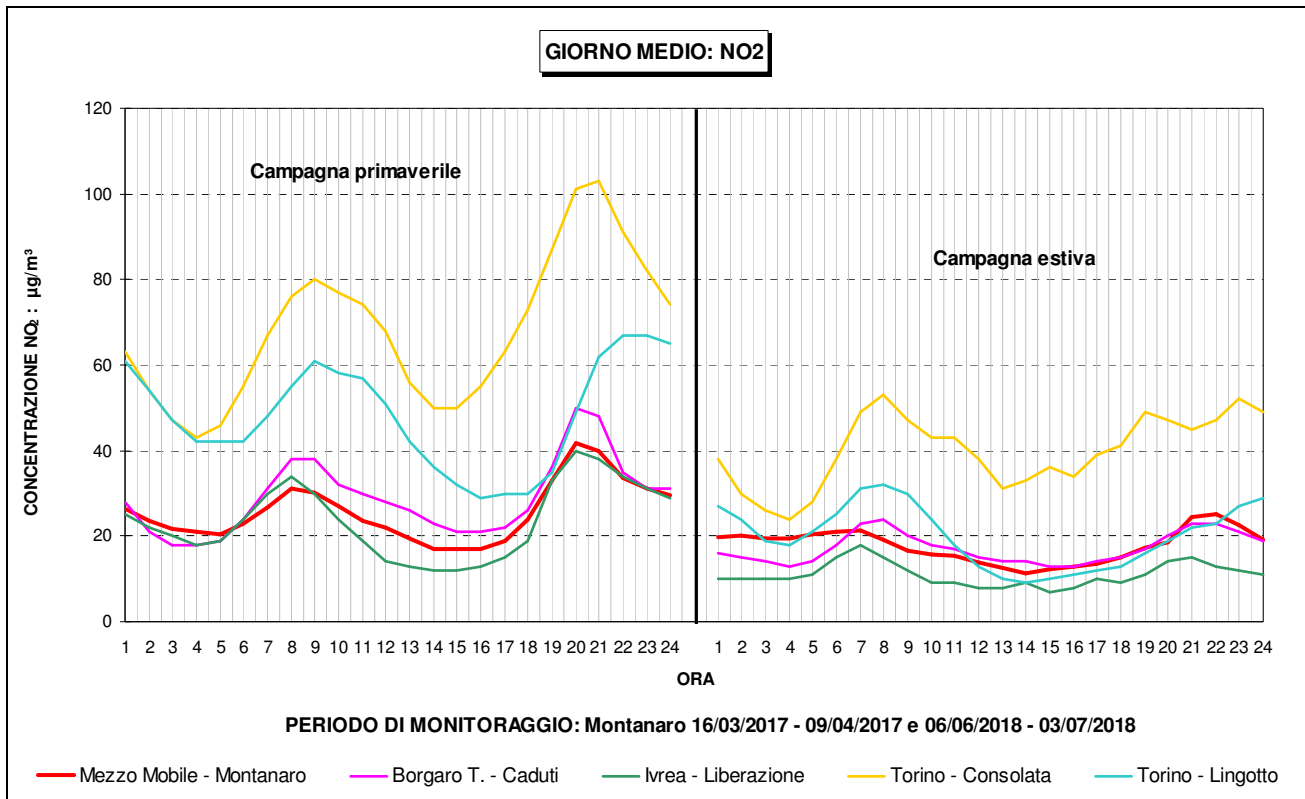


Figura 15 – NO₂: andamento giorno medio - confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio



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 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 (CTM) e sono stati calcolati i relativi indici statistici come mostrati in Tabella 13. Non solo per la stazione di Montanaro, ma per tutte le stazioni della rete fissa sono state calcolate le medie di concentrazione nei giorni delle due campagne di misura, singolarmente e mediando i due periodi di monitoraggio, e per ogni stazione della rete si è preso in considerazione il dato medio di concentrazione di biossido di azoto nel biennio 2017-2018, quello interessato dallo svolgimento delle due campagne di misura di Montanaro.

Tabella 13: NO₂ - confronto medie del periodo di monitoraggio con medie 2017-2018 nella Città Metropolitana di Torino

Stazioni di misura	Media NO ₂ PRIMA campagna 15 mar – 10 apr 2017 [µg/m ³]	Media NO ₂ SECONDA campagna 06 giu – 03 lug 2018 [µg/m ³]	Media NO ₂ due campagne	Media NO ₂ Anni 2017 - 2018
Ceresole Reale	4	6	5	5
Baldissero	13	6	10	13
Druento	13	6	10	12
Chieri	18	7	13	21
Susa	16	9	13	18
Oulx	18	14	16	18
Ivrea	24	11	18	23
Leini	24	16	20	29
Montanaro - Mobilab	26	18	22	28
Borgaro	29	17	23	30
Orbassano	32	16	24	32
Vinovo	37	14	26	31
Settimo	34	25	30	36
Beinasco TRM	46	23	35	43
Carmagnola	43	33	38	39
Collegno	60	35	48	56
Media CMT senza TO	27	16	22	27
Torino - Consolata	68	40	54	55
Torino - Lingotto	48	20	34	38
Torino - Rebaudengo	80	37	59	68
Torino - Rubino	36	21	29	34
Media CMT	33	19	26	32

Rapportando poi il valore della concentrazione media del biennio 2017-18 di NO₂ delle stazioni fisse, alla concentrazione media calcolata nei giorni delle due campagne svolte a Montanaro è stata costruita la retta di interpolazione di Figura 16.

Il coefficiente di determinazione R² trovato - pari a 0.95 - evidenzia che la correlazione tra i dati è altamente significativa. Con questo metodo è stato così possibile prevedere una concentrazione media annuale per Montanaro, riferita al biennio 2017-18, di 28 µg/m³.

Tale valore risulta molto prossimo alla concentrazione media della Città metropolitana di Torino (27 µg/m³) senza considerare le stazioni presenti nella città di Torino e alla stazione di Leini (29 µg/m³), più prossima geograficamente al comune di Montanaro. Il dato risulta inferiore al limite normativo annuo di 40 µg/m³.

Figura 16: NO₂: stime della concentrazione annuale di NO₂ a Montanaro nel biennio 2017-2018

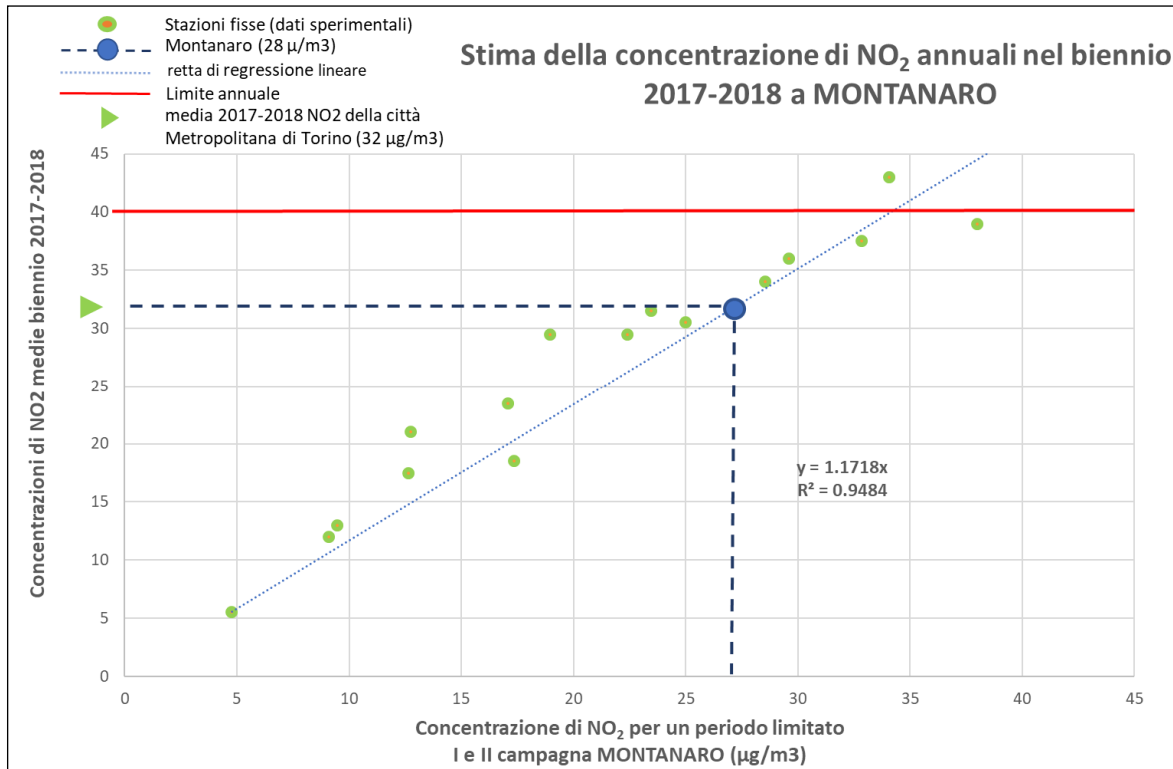
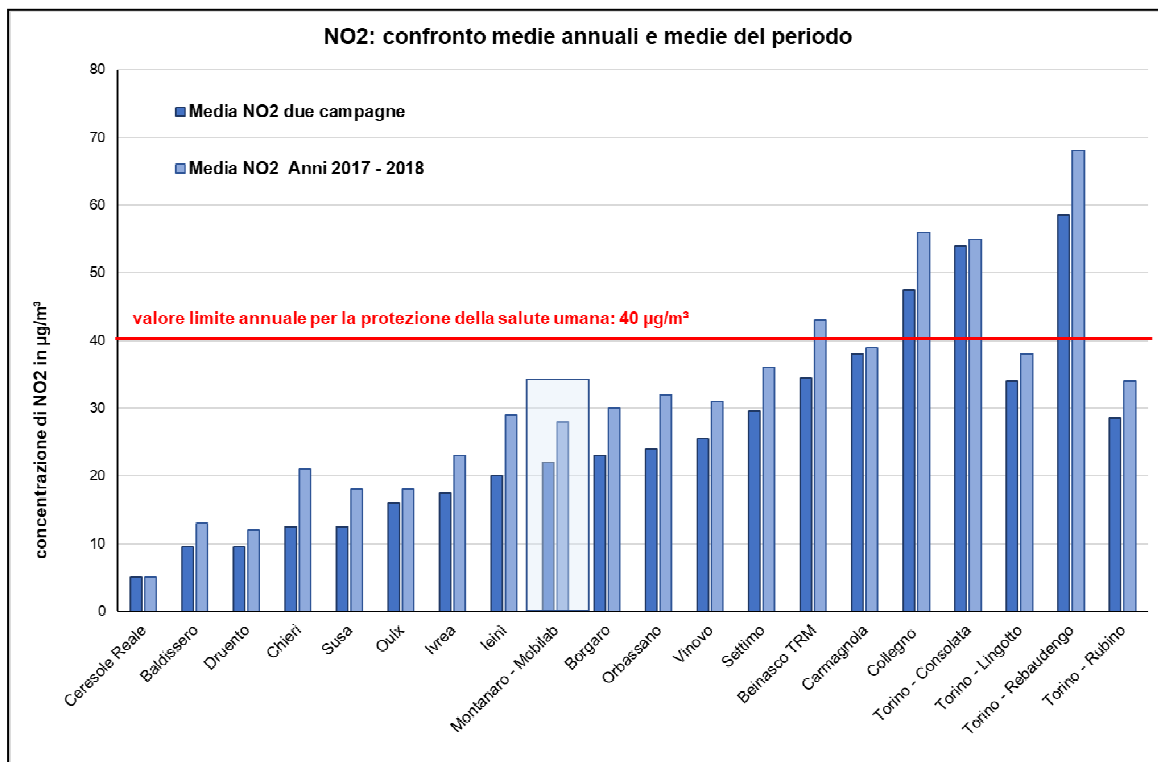


Figura 17: NO₂ - confronto medie annuali e medie del periodo nella provincia di Torino; la media annuale per il sito di Montanaro – Mezzo Mobile è stata stimata



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 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 a $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da rispettare dal 2010 in avanti.

Durante le campagne di monitoraggio, vedi (Tabella 14), si registrano valori di benzene con una media del periodo pari a $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in estate e $1.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in primavera e un valore massimo di $5.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ verificatosi in primavera.

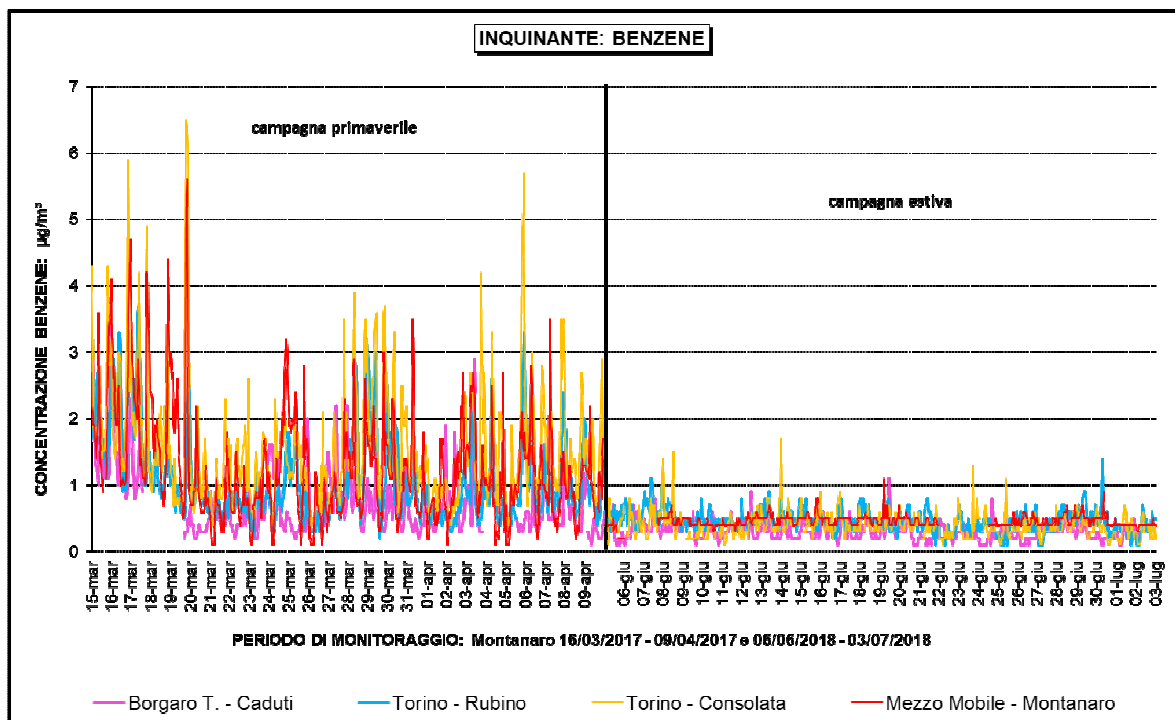
Tabella 14: Dati relativi al benzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Primavera	Estate
Minima media giornaliera	0.5	0.3
Massima media giornaliera	2.3	0.5
Media delle medie giornaliere (b):	1.2	0.5
Giorni validi	26	23
Percentuale giorni validi	100%	82%
Media dei valori orari	1.2	0.5
Massima media oraria	5.6	1.1
Ore valide	622	568
Percentuale ore valide	100%	85%

Dalla Figura 18, che riporta il profilo orario del Benzene, si evince che i livelli misurati a Montanaro, nel periodo invernale durante il quale è maggiore la criticità per questo inquinante, sono inferiori alle stazioni di traffico e in linea con quelle di fondo.

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 ¹.

Figura 18: Benzene - andamento della concentrazione oraria nel corso delle campagne di monitoraggio



Applicando tale procedimento la media annuale stimata, pari a $1.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, (vedi Figura 19) valore inferiore al limite, ma di poco superiore alla stazione fissa di fondo urbano del capoluogo di provincia Torino – Lingotto.

¹ Si sono calcolate le medie delle concentrazioni del benzene per i due periodi della campagna (invernale e primaverile), di tutte le stazioni della CMT in cui viene monitorato tale parametro; dal rapporto con la media degli anni 2017 e 2018 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle due campagne di Montanaro permette di ricavare la stima per il biennio 2017-2018:

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

dove

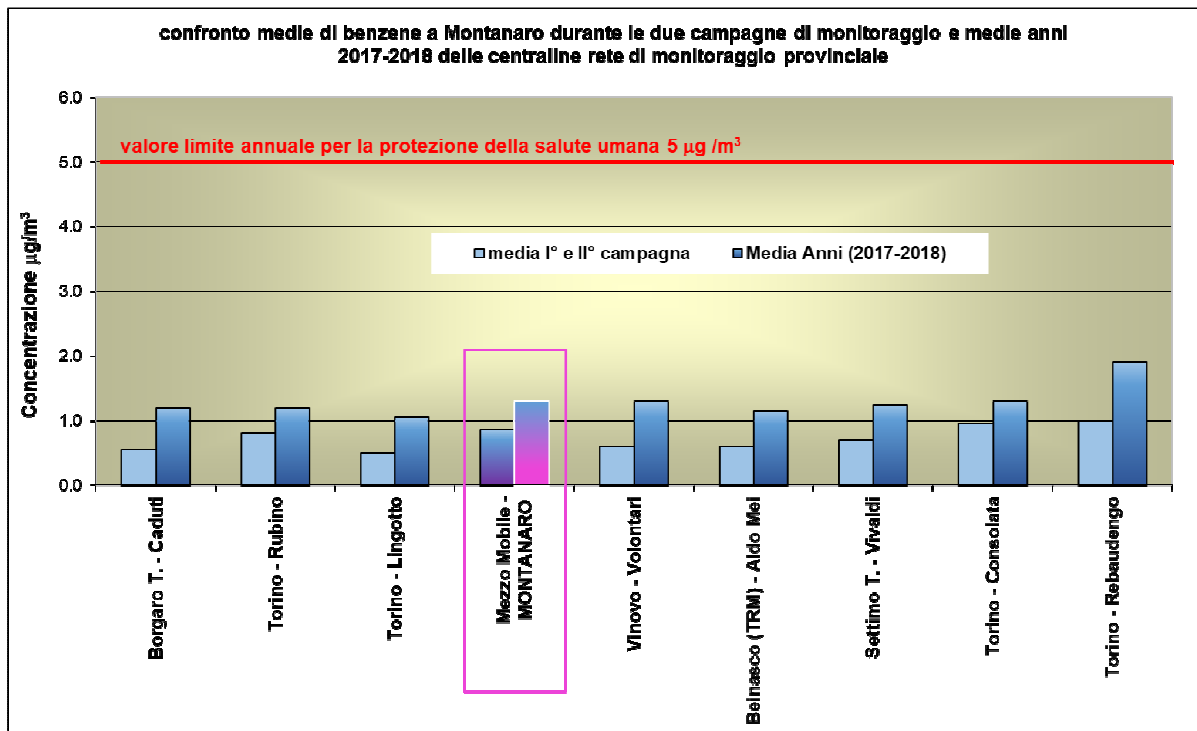
m_c : media periodo campagne benzene Montanaro

M_c : media stimata biennio 2017-18 benzene Montanaro

m_p : media periodo campagne benzene CMT

M_p : media biennio 2017-18 benzene CMT

Figura 19: Benzene confronto media anni 2017 - 2018 e media del periodo



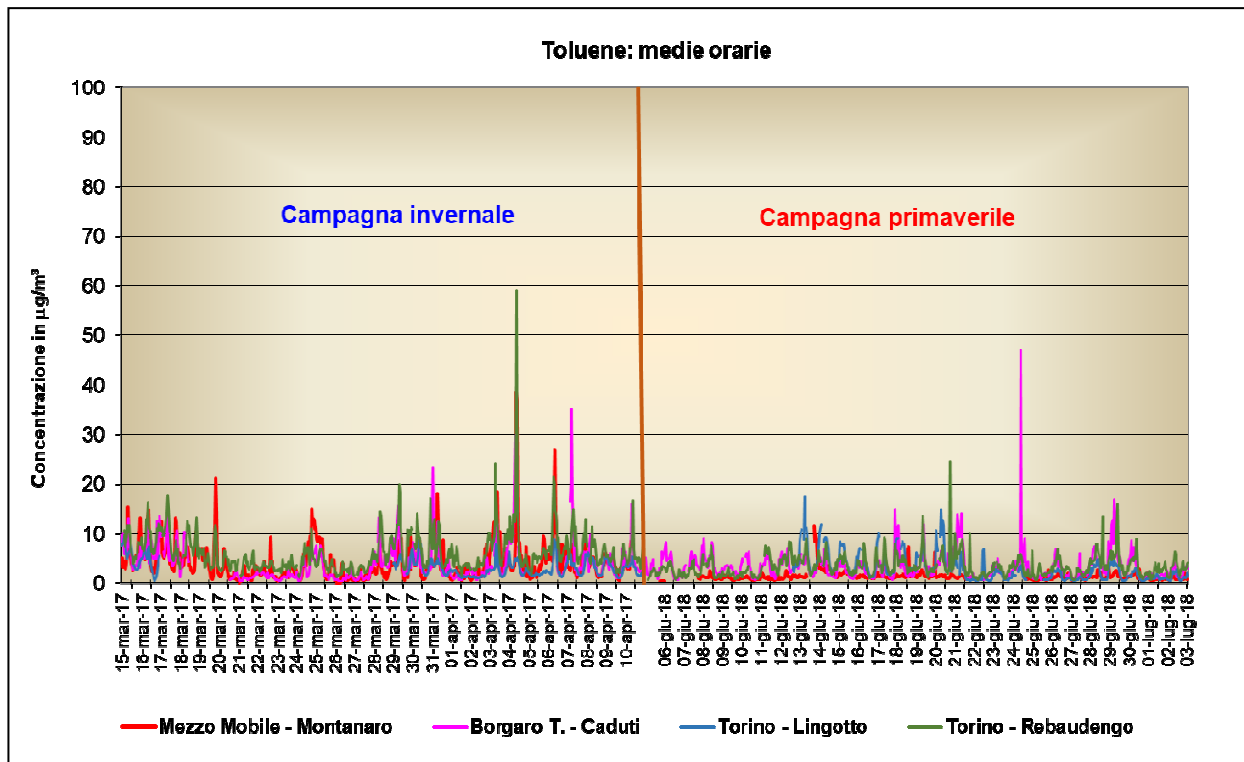
Per quanto riguarda il toluene la normativa italiana non prevede alcun limite, ma le linee guida del 2000 dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) indicano un valore di 260 µg/m³ come media settimanale. Gli effetti del toluene sono stati studiati soprattutto in relazione all'esposizione lavorativa 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 1.4 µg/m³ in estate e 4.2 µg/m³ in primavera e la massima media oraria invernale è di 8.0 µg/m³ (Tabella 15), valori ben al di sotto del valore guida consigliato dall'OMS.

Tabella 15: Dati relativi al toluene (µg/m³)

	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	1.1	0.9
Massima media giornaliera	8	2.4
Media delle medie giornaliere (b):	4.2	1.4
Giorni validi	26	21
Percentuale giorni validi	100%	75%
Media dei valori orari	4.2	1.4
Massima media oraria	38.5	11.5
Ore valide	622	545
Percentuale ore valide	100%	81%

Figura 20: 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 a 2.5 µm) calcolati come media annuale pari a 25 µg/m³ da raggiungere entro il 1° gennaio 2015.

Particolato PM10

Nella prima campagna di monitoraggio primaverile la media dei valori di concentrazione di particolato PM10 è stata pari a 38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, (vedi Tabella 16), con un valore massimo giornaliero di 106 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 4 superamenti del valore giornaliero dei 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ che si sono registrati a metà marzo, in maniera analoga ad altre stazioni di confronto (Figura 21), 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 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e una media del periodo di 19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabella 16: Dati relativi al particolato sospeso PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Primavera	Estate
Minima media giornaliera	7	6
Massima media giornaliera	106	30
Media delle medie giornaliere (b):	38	19
Giorni validi	24	26
Percentuale giorni validi	92%	93%
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)</u>	4	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.

Il grafico di Figura 22 mette in evidenza i valori massimi, minimi e medi della città Metropolitana di Torino nei due periodi di misura indagati: è evidente che l'andamento di Montanaro è tutto sommato in linea con la media provinciale, tranne in alcune giornate del monitoraggio invernale dove l'andamento di PM10 di Montanaro risulta leggermente superiore alla media.

Figura 21: Particolato sospeso PM10: confronto concentrazioni medie giornaliere con alcune delle altre stazioni della rete di monitoraggio fissa

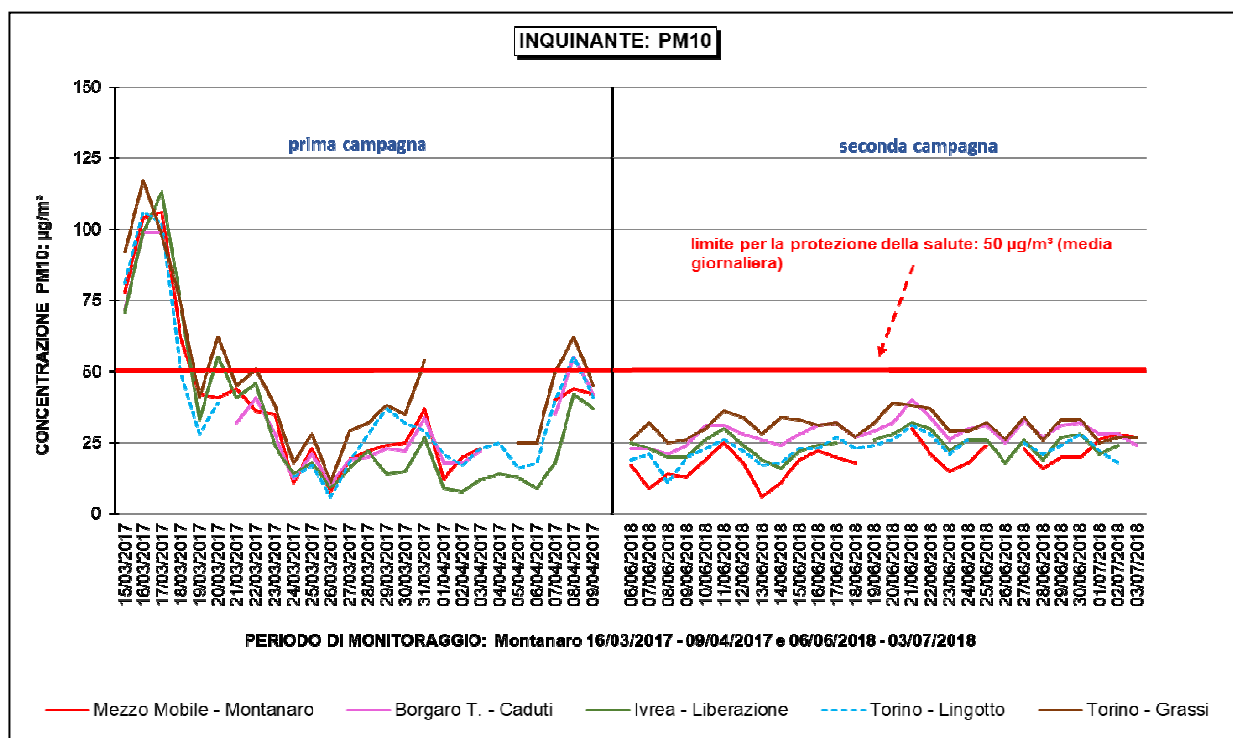
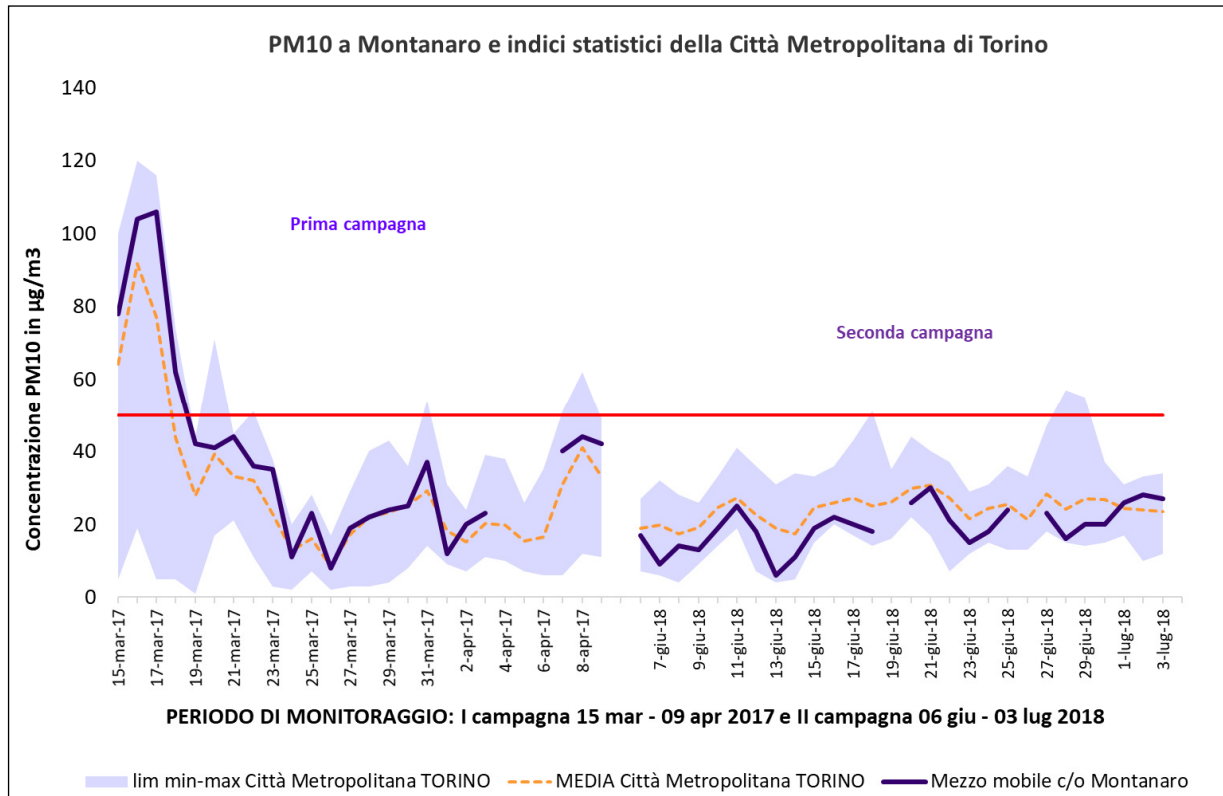


Figura 22: Particolato sospeso PM10: confronto con la rete delle stazioni fisse della CMT



Il D.Lgs 155/2010 prevede per le polveri PM10 un valore limite annuale per la protezione della salute umana di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Anche in questo caso la durata della campagna non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo e non è possibile quindi un confronto diretto con le misure effettuate. Tuttavia, così come è stato fatto per l' NO_2 , per arrivare a stimare un dato di concentrazione annuale di PM10 per il sito di Montanaro si può fare riferimento ai dati della Rete Regionale di Qualità dell'Aria della CMT.

Sono state prese in considerazione le stazioni della Rete Regionale di Qualità dell'Aria presenti sul territorio della Città Metropolitana di Torino e sono stati rapportati i valori di concentrazione del PM10 come media del biennio 2017-2018 (i due anni in cui si è svolto il monitoraggio a Montanaro), alla concentrazione media calcolata nei giorni delle due campagne di misura svolte, ed è stata costruita la retta di interpolazione di Figura 22.

Il coefficiente di determinazione R^2 trovato, evidenzia che la correlazione tra i dati è altamente significativa. È stato così possibile prevedere una concentrazione media annuale per Montanaro, riferita al biennio 2017-2018, pari a $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valore superiore alla media CMT ma simile a stazioni suburbane della cintura di Torino (Ivrea e Beinasco TRM) e comunque inferiore al limite annuale di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura 23: stime della concentrazione annuale di PM10 a Montanaro nel biennio 2017-2018

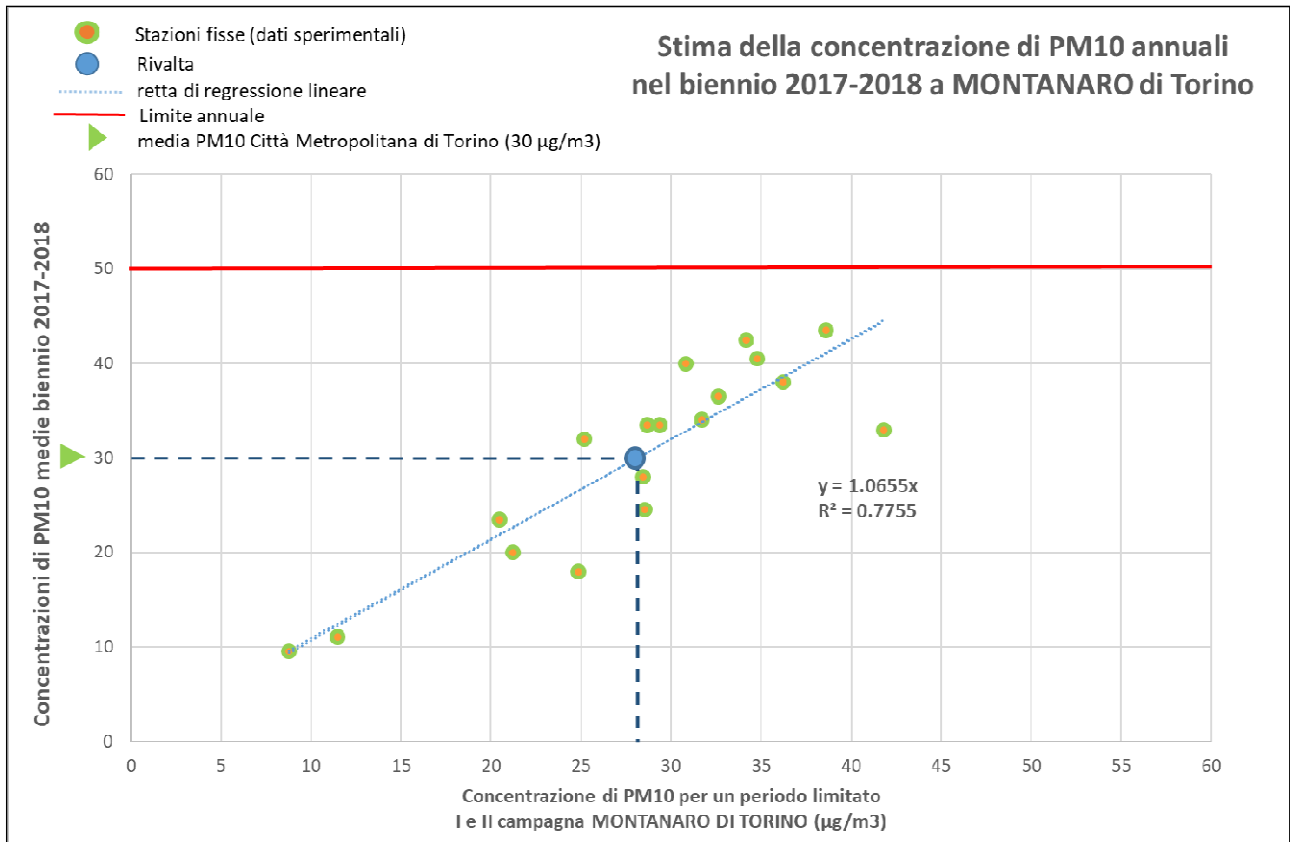


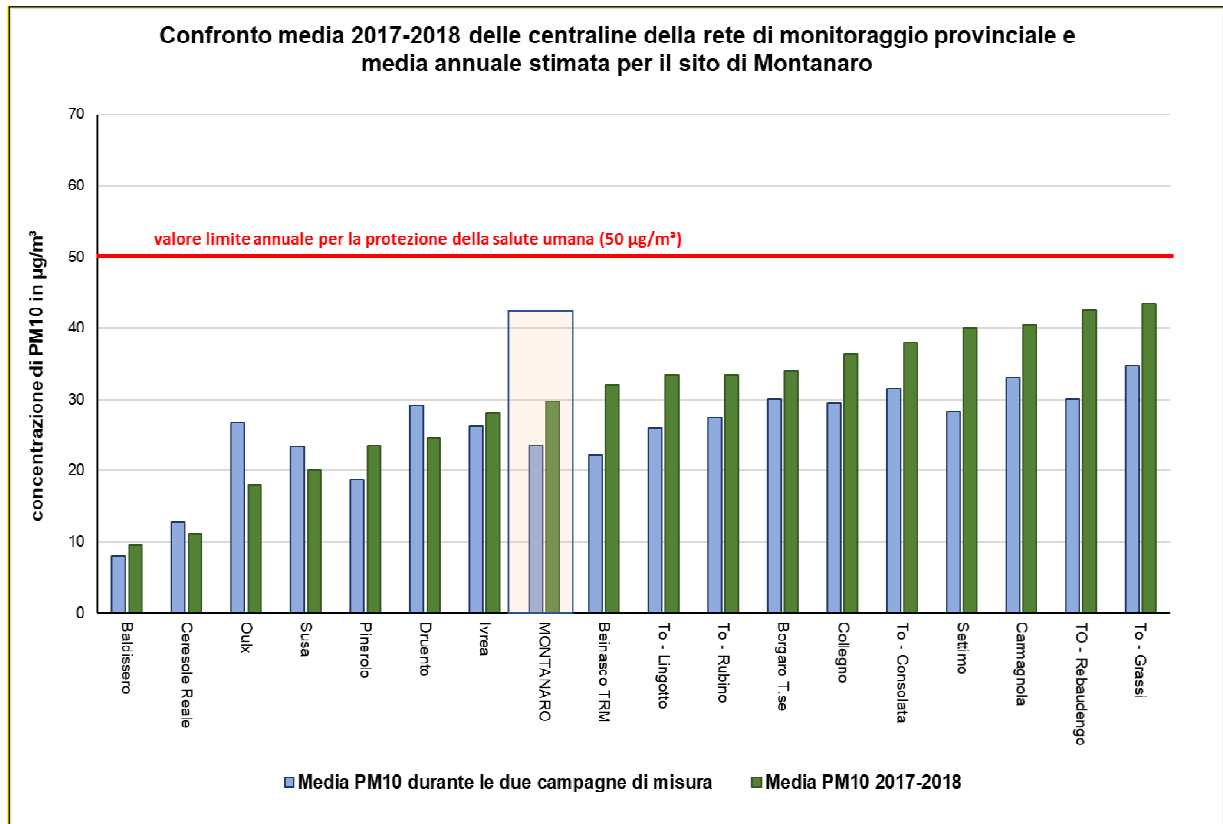
Tabella 17: PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) confronto numero di superamenti limite giornaliero, concentrazioni medie del periodo e anno 2017-2018

Stazioni di misura	Media PM10	Media PM10	Media PM10	Media PM10
	PRIMA campagna	SECONDA campagna	due campagna	Anni 2017 2018
	15 mar – 09 apr 2017	06 giu – 03 lug 2018	$[\mu\text{g}/\text{m}^3]$	$[\mu\text{g}/\text{m}^3]$
	$[\mu\text{g}/\text{m}^3]$	$[\mu\text{g}/\text{m}^3]$		
Baldissero	9	7	8	10
Ceresole Reale	11	14	13	11
Oulx	25	29	27	18
Susa	21	26	23	20
Pinerolo	20	17	19	24
Druento	29	30	29	25
Ivrea	28	24	26	28
MONTANARO	28	19	24	30
Beinasco TRM	25	19	22	32
Ieini	42		42	-
To - Lingotto	29	23	26	34
To - Rubino	29	26	27	34
Borgaro T.se	32	29	30	34
Collegno	33	27	30	37
To - Consolata	36	27	31	38
Settimo	31	26	28	40
Carmagnola	35	32	33	41
TO - Rebaudengo	34	26	30	43
To - Grassi	39	31	35	44
<i>Media CMT s/Torino</i>	26	23	25	26
Media CMT	28	24	27	30

In Figura 24 si riporta il confronto della media annuale 2017-2018 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 Montanaro è molto simile a quella di Ivrea.

In generale, al pari degli altri inquinanti già descritti si può osservare un certo accordo nell'andamento tra le misure effettuate presso il sito di Montanaro 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.

Figura 24: Particolato sospeso PM10 confronto medie anno 2017-2018 e medie del periodo nella provincia di Torino



In Figura **25** si riportano le medie giornaliere relative a Montanaro confrontandole con alcuni indici statistici calcolati sulle stazioni fisse della città metropolitana da cui si evince che, nel periodo più critico si collocano intorno al 75° percentile della RRQA.

Nella Figura 26 confrontato l'andamento del PM10 con alcune variabili meteorologiche; dal grafico infatti si nota come pioggia influenzi 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.

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 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 25: Particolato sospeso PM10: concentrazioni medie giornaliere durante le due campagne di misura

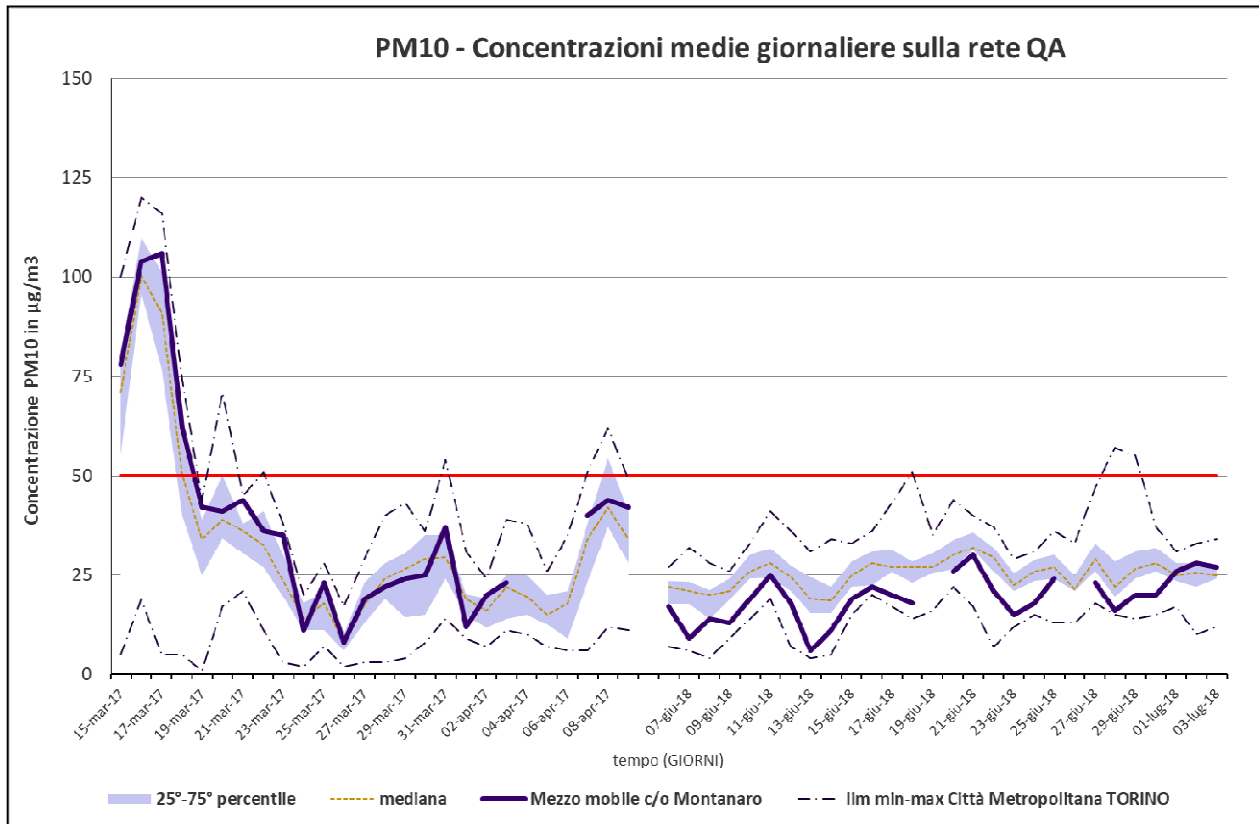
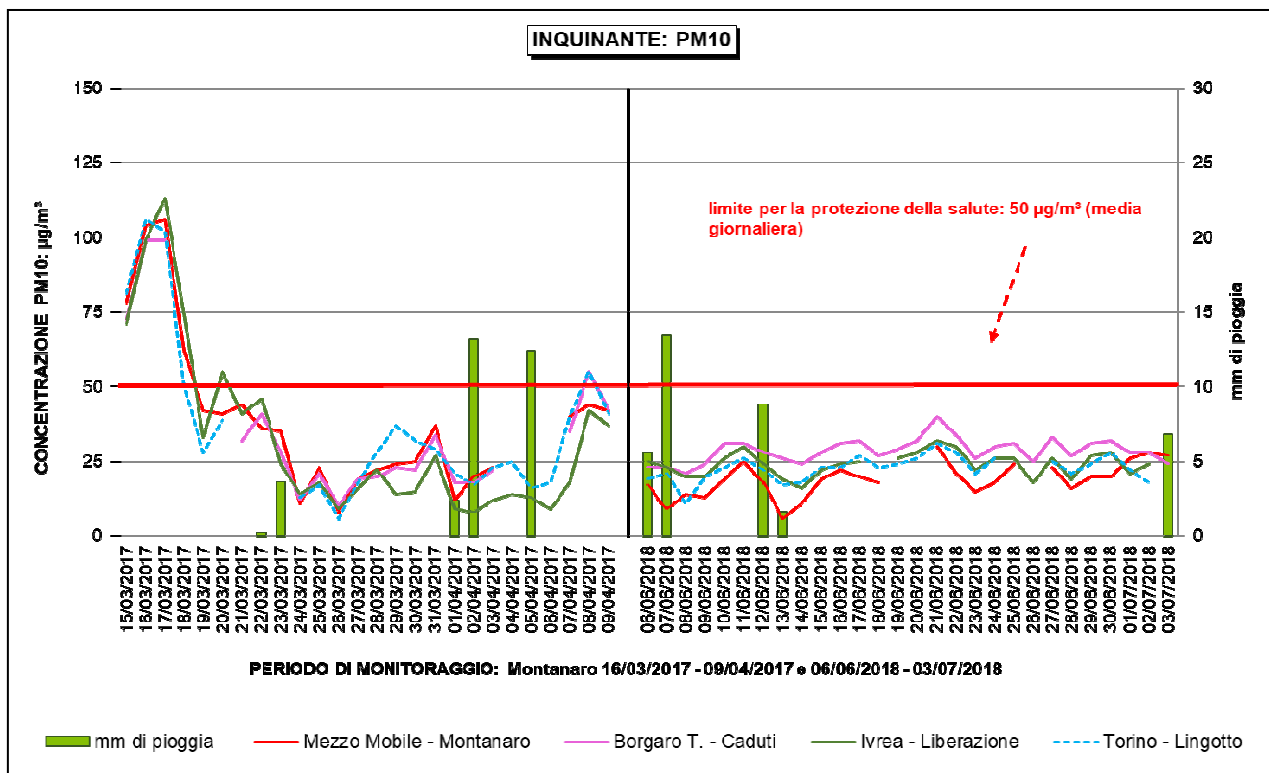


Figura 26: Particolato sospeso PM10 e parametri meteorologici



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 la stazione che presenta una maggiore analogia è la quella di Ivrea che nel corso del 2017 e 2018 ha registrato 60 e 28 superamenti del limite normativo di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. È dunque presumibile che se si fosse effettuato un monitoraggio esteso all'intero anno anche nel sito di Montanaro si sarebbe registrato 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 giornaliero². 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 Montanaro (30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) è superiore a tale valore, a conferma che il valore limite giornaliero presumibilmente non sarebbe rispettato.

Particolato PM2.5

Il parametro PM2.5 segue, come andamento temporale dei valori medi di concentrazione giornaliera, il PM10 (vedi Figura 30). Il valore medio della campagna primaverile è pari a 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, che corrisponde a circa il 68% della media del PM10, una percentuale in linea con il periodo indagato (Tabella 18). Durante il monitoraggio estiva la concentrazione di PM2.5 è molto bassa, pari a 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, circa la metà (in percentuale) del valore del PM10.

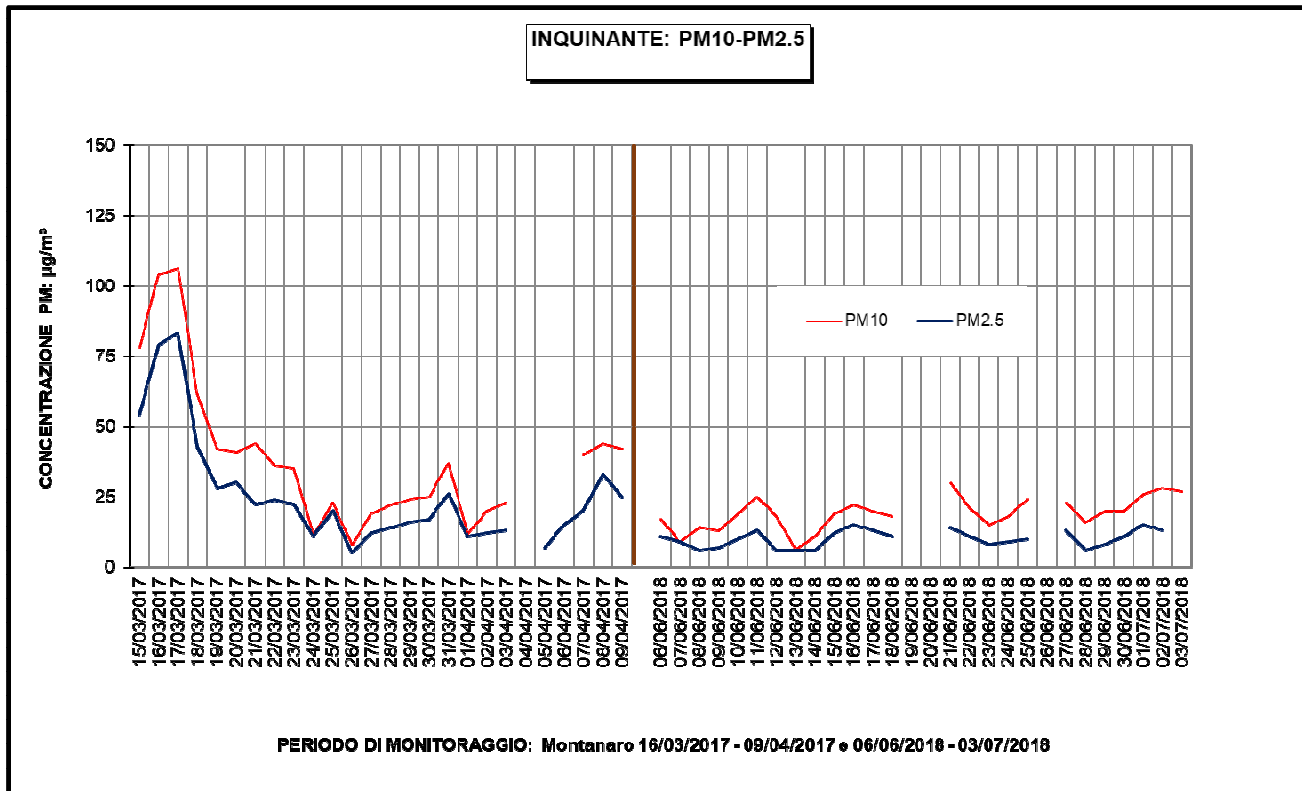
Tabella 18: Dati relativi al particolato sospeso PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	5	6
Massima media giornaliera	83	15
Media delle medie giornaliere (b):	26	10
Giorni validi	25	25
Percentuale giorni validi	96%	89%

In Figura 27 si riporta il profilo giornaliero del PM10 e PM2.5 rilevato presso il sito di Montanaro nelle due campagne di misura; 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.

² 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".

Figura 27: Particolato sospeso PM10 e PM 2.5 a Montanaro durante le due campagne di misura



La normativa italiana prevede per il PM2.5 solamente il rispetto di un limite annuale, pari a 25 µg/m³. Anche in questo caso per stimare un dato di concentrazione annuale di PM2.5 per il sito di Montanaro 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 PM2.5 come media del biennio 2017-2018 in cui si è svolto il monitoraggio a Montanaro, alla concentrazione media calcolata nei giorni delle due campagne svolte, ed è stata costruita la retta di interpolazione (Figura 28), il cui coefficiente di determinazione R2 evidenzia una buona correlazione tra i dati.

In base all’equazione della retta per il biennio 2017-2018 a Montanaro è stata stimata una concentrazione media annua di PM2.5 di 22 µg/m³, valore pari alla media della Città Metropolitana ed inferiore al limite normativo (25 µg/m³).

La stima annuale ottenuta è pari a 22 µg/m³: è riportata in tabella 19 ed in Figura 30 confrontandola con quelle calcolate presso le altre stazioni della rete di monitoraggio fissa.

Figura 28: stime della concentrazione annuale di PM2.5 a Montanaro nel biennio 2017-2018

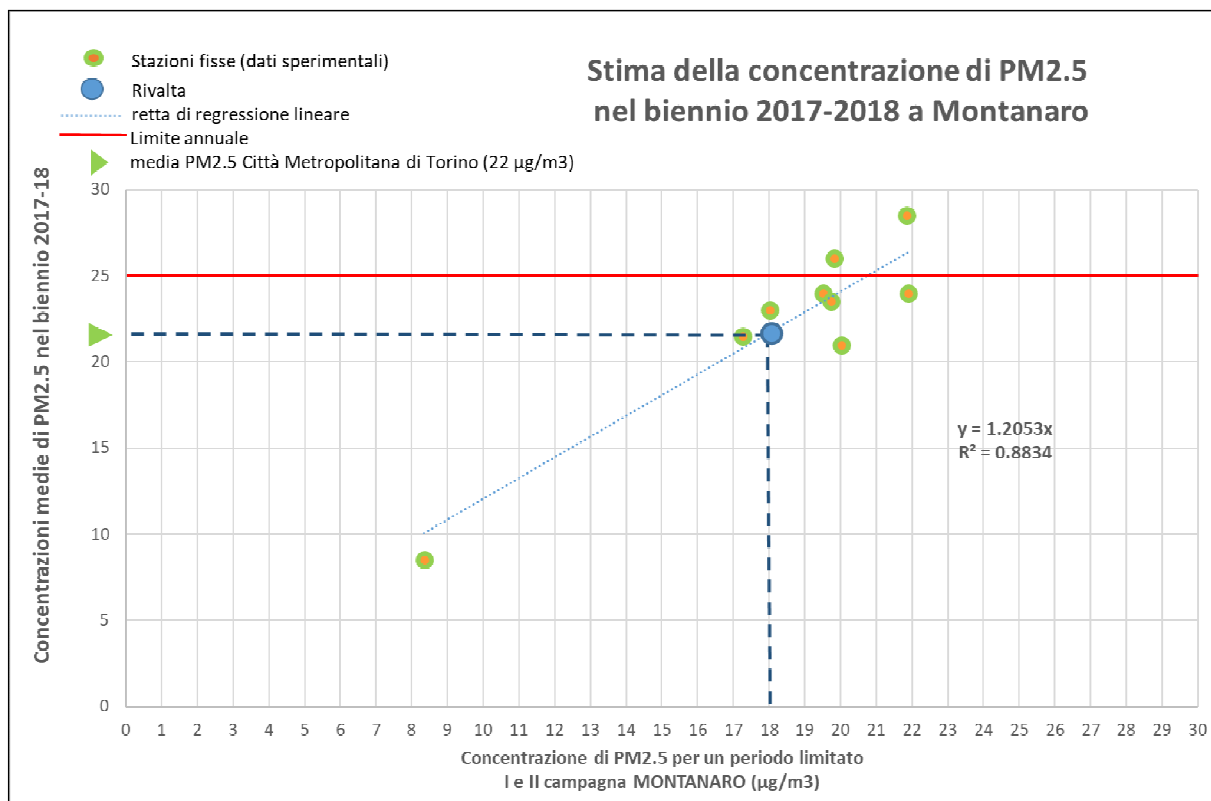
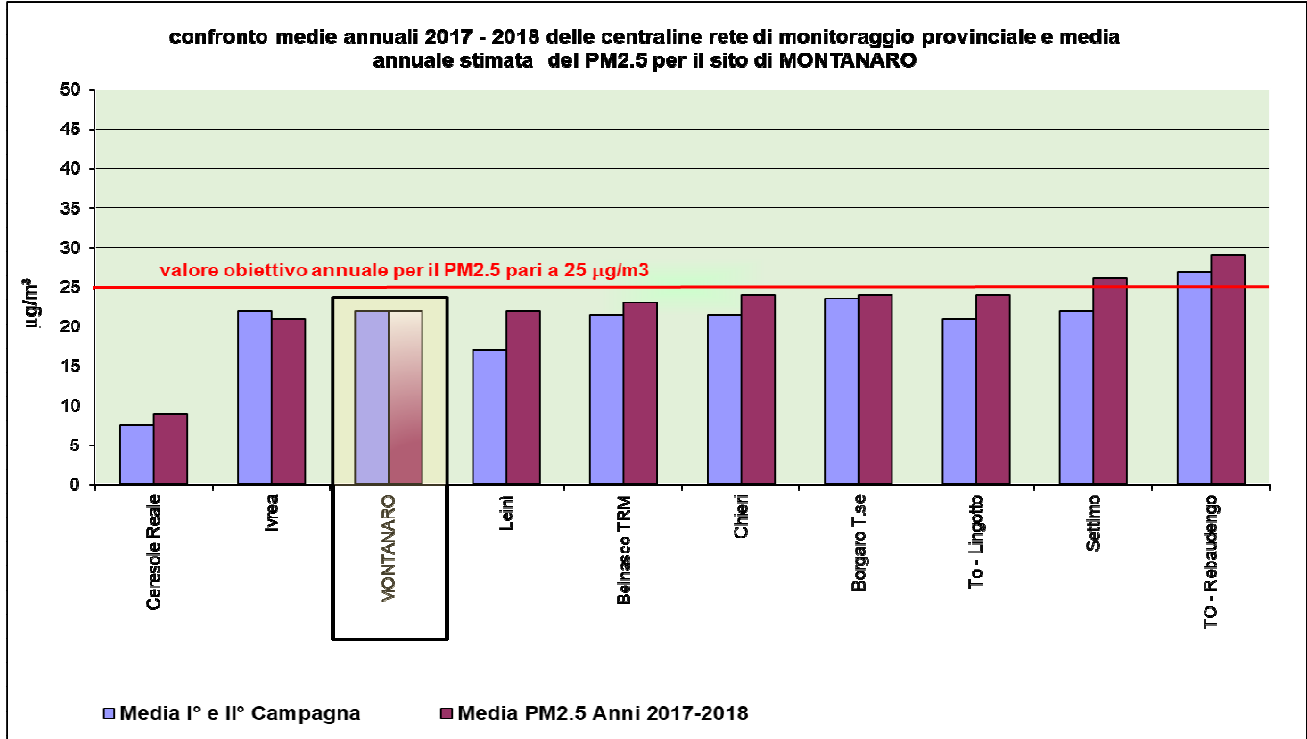


Tabella 19: PM_{2.5} (µg/m³) confronto, concentrazioni medie del periodo e anni 2017 - 2018

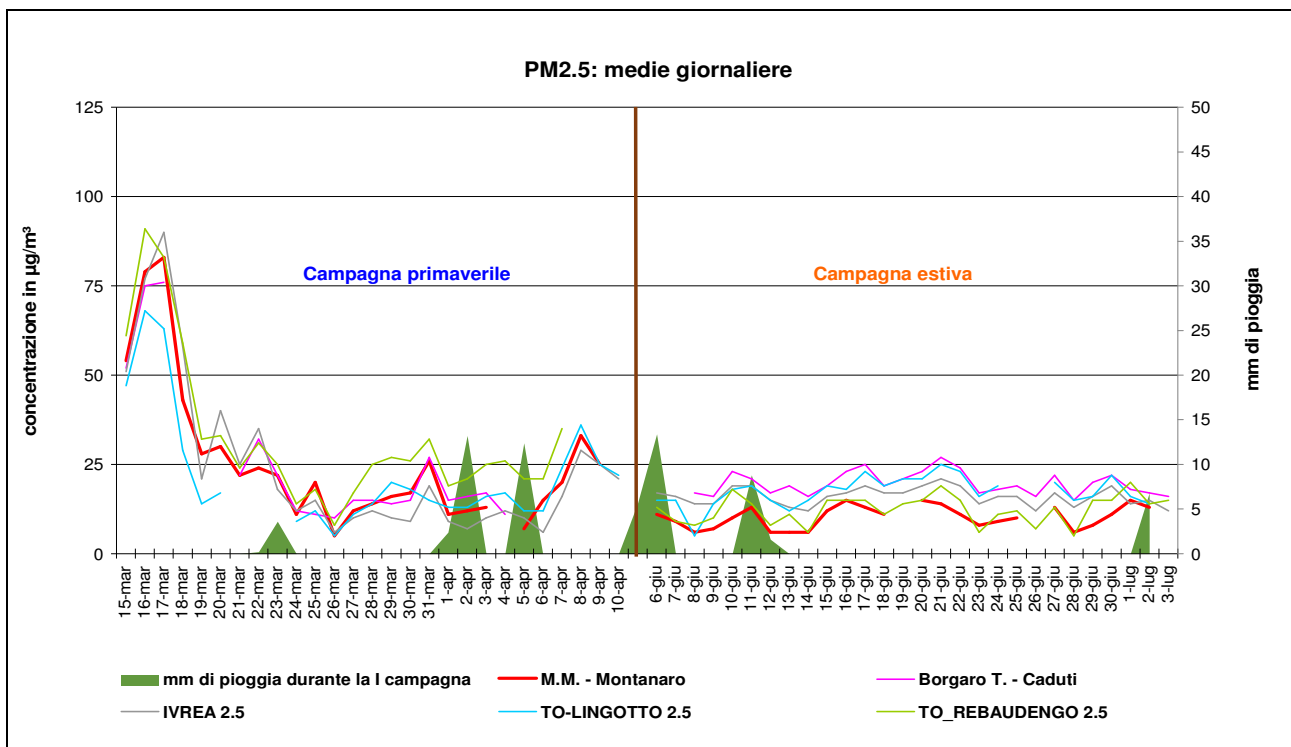
Stazioni di misura	Media PM2.5 Prima campagna 15 mar - 10 apr 2017 [µg/m ³]	Media PM2.5 SECONDA campagna 06 giu - 03 lug 2018 [µg/m ³]	Media PM2.5 due campagne [µg/m ³]	Media PM2.5 Anni 2017-2018
Ceresole Reale	8	7	8	9
Ivrea	20	24	22	21
MONTANARO	18	26	22	22
Leini	17	-	17	22
Beinasco TRM	18	25	22	23
Chieri	20	23	22	24
Borgaro T.se	22	25	24	24
To - Lingotto	20	22	21	24
Settimo	20	24	22	26
TO - Rebaudengo	22	32	27	29
media Città METROPOLITANA DI TORINO	19	23	21	22

Figura 29: Particolato sospeso PM2.5 confronto medie anno 2016 e medie del periodo nella CM di Torino



In Figura 30 si riportano i profili giornalieri del PM2.5 registrati durante le due campagne e le precipitazioni registrate.; come ci si aspetta il particolato decresce in corrispondenza di fenomeni piovosi.

Figura 30: Particolato sospeso PM2.5, confronto alcune stazioni di monitoraggio e le precipitazioni



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%³. A livello di ambienti confinati il fumo di sigaretta e le combustioni domestiche possono costituire un'ulteriore fonte di inquinamento da IPA.

In termini generali la parziale sostituzione del carbone e degli oli combustibili con il gas naturale ai fini della produzione di energia ha costituito un indubbio beneficio anche in termini di emissioni di IPA. La diffusione della combustione di biomasse per il riscaldamento domestico, invece, se da un lato ha indubbi benefici in termini di bilancio complessivo di gas serra, dall'altro va tenuta attentamente sotto controllo in quanto la quantità di IPA emessi da un impianto domestico alimentato a legna è 5-10 volte maggiore di quella emessa da un impianto alimentato con combustibile liquido (kerosene, gasolio da riscaldamento, ecc.)⁴.

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

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

I dati ricavati da test su animali di laboratorio indicano che molti IPA hanno effetti sanitari rilevanti che includono l'immunosoppressione, la genotossicità, e la cancerogenicità. Va comunque sottolineato che, da un punto di vista generale, la maggiore fonte di esposizione a IPA, secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità, non è costituita dall'inalazione diretta ma dall'ingestione di alimenti contaminati a seguito della deposizione del particolato atmosferico al suolo. In particolare, il benzo(a)pirene produce tumori a livello di diversi tessuti sugli animali da laboratorio ed è inoltre l'unico idrocarburo policiclico aromatico per il quale sono disponibili studi approfonditi di tossicità per inalazione, dai quali risulta che questo composto induce il tumore polmonare in alcune specie.

L'International Agency for Research on Cancer (IARC)⁵ classifica il benzo(a)pirene nel gruppo 1 come "cancerogeno per l'uomo", il dibenzo(a,h)antracene nel gruppo 2A come "probabile cancerogeno per l'uomo" mentre tutti gli altri IPA sono inseriti nel gruppo 2B come "possibili cancerogeni per l'uomo".

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

Tabella 20: benzo(a)pirene, valori di riferimento e normativa in vigore

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

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

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

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

Analogamente al benzene per cui è previsto un limite di legge annuale, visto che la durata del monitoraggio del sito di Montanaro è pari a due mesi distribuiti in due 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.

Possiamo, 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 Montanaro la media di BaP stimata è pari a 0.9 ng/m³, inferiore al limite normativo.

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 (cfr. [Figura 33](#) ÷ [Figura 36](#)); il valore medio sia di benzo(a)pirene risulta molto vicino a quello registrato presso le stazioni di fondo urbano in particolare alla stazione di Ivrea.

Tabella 21: Laboratorio mobile ARPA presso Montanaro- concentrazione IPA rilevati nel monitoraggio

Laboratorio mobile ARPA presso Montanaro - concentrazione IPA rilevati nel monitoraggio		
	Primavera	Estate
Benzo(a)antracene (ng/m ³)	0.04	0.04
Benzo(b+j+k)fluorantene (ng/m ³)	0.32	0.04
Benzo(a)pirene (ng/m ³)	0.30	0.04
Indeno(1,2,3-cd)pirene (ng/m ³)	0.04	0.04

Figura 31: Benzo(a)antracene - confronto della media campagna invernale e primaverile con media anno 2017 nella città metropolitana

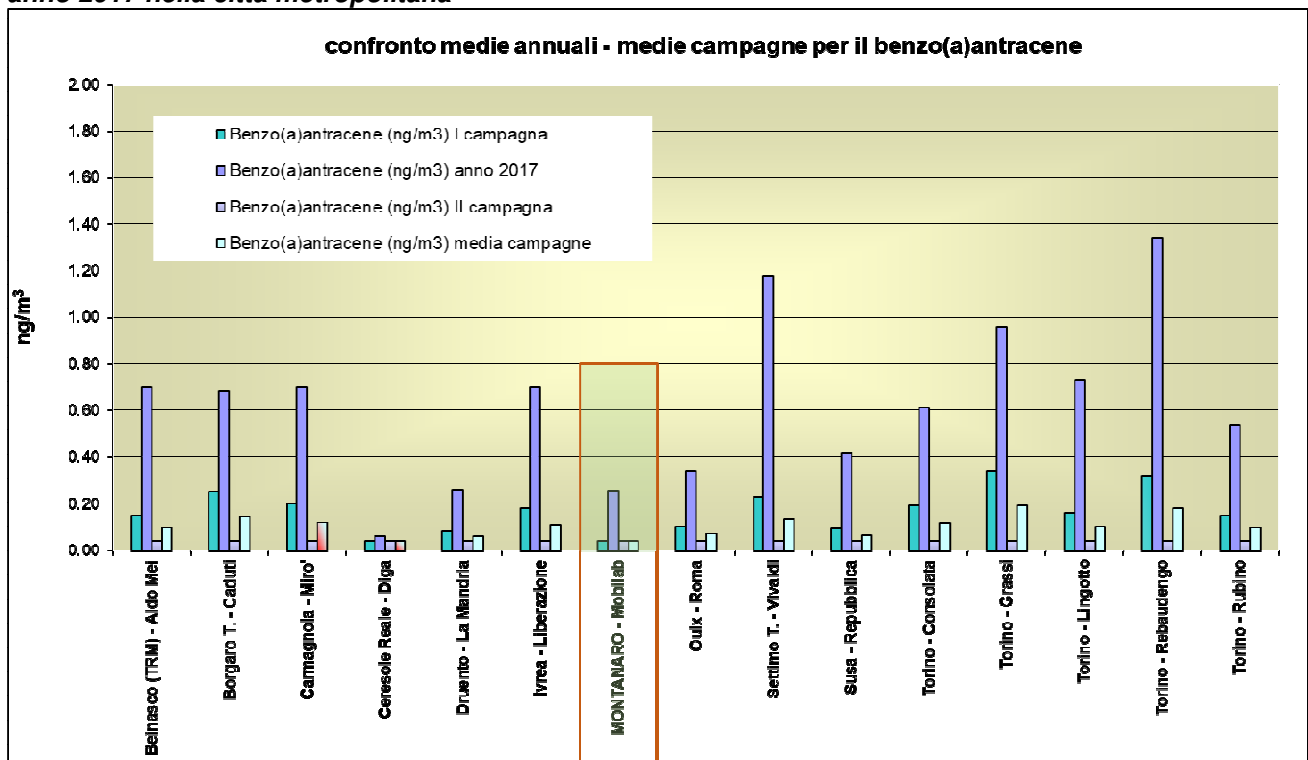


Figura 32: Benzo(b+j+k)fluorantene - confronto della media campagna invernale e primaverile con media anno 2017 nella città metropolitana

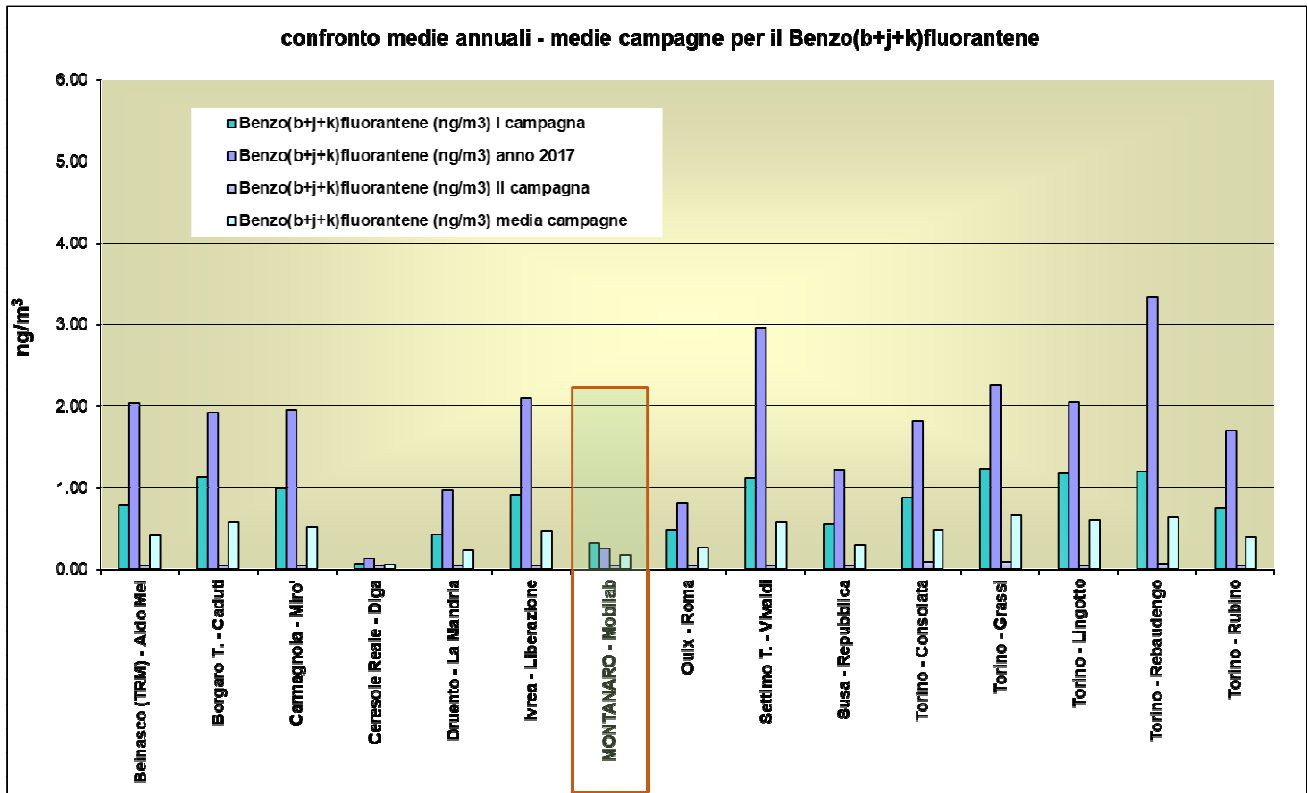


Figura 33: Benzo(a)pirene - confronto della media campagna invernale e primaverile con media anno 2017 nella città metropolitana

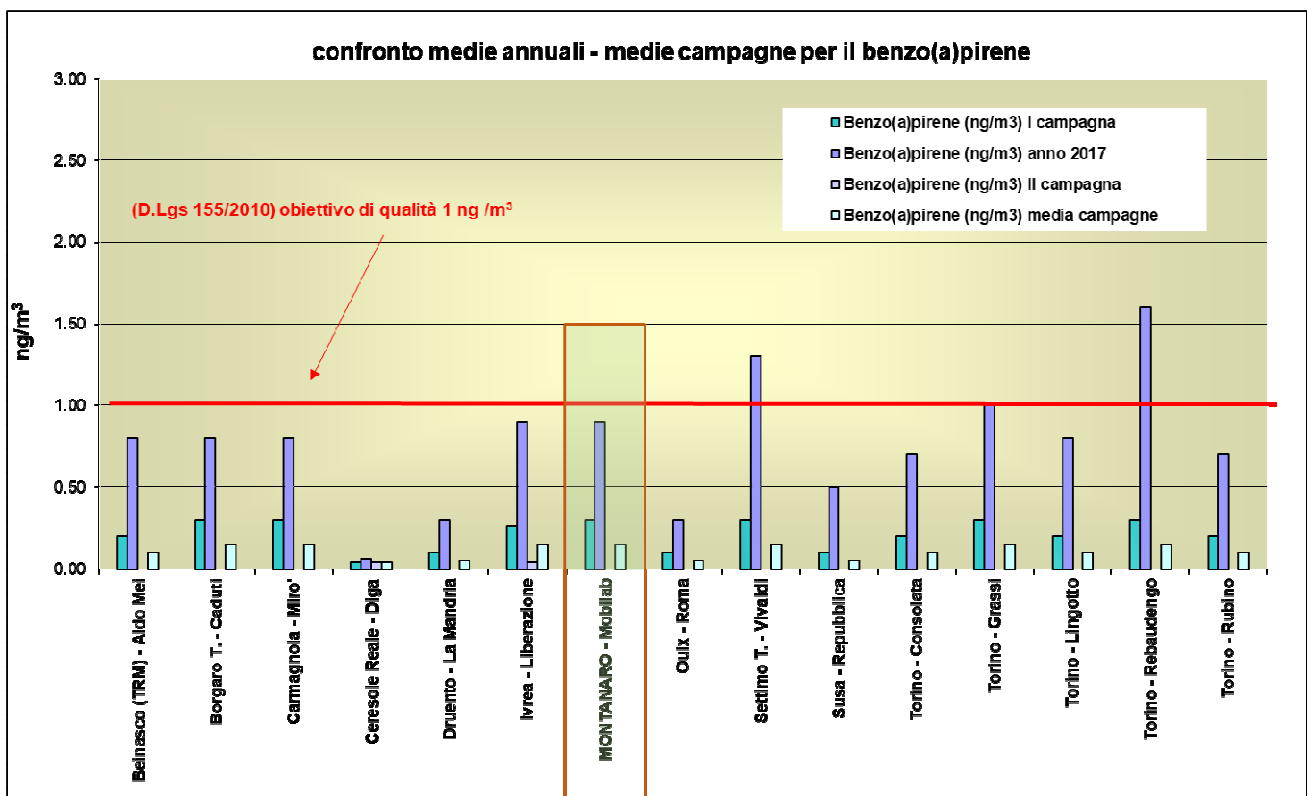
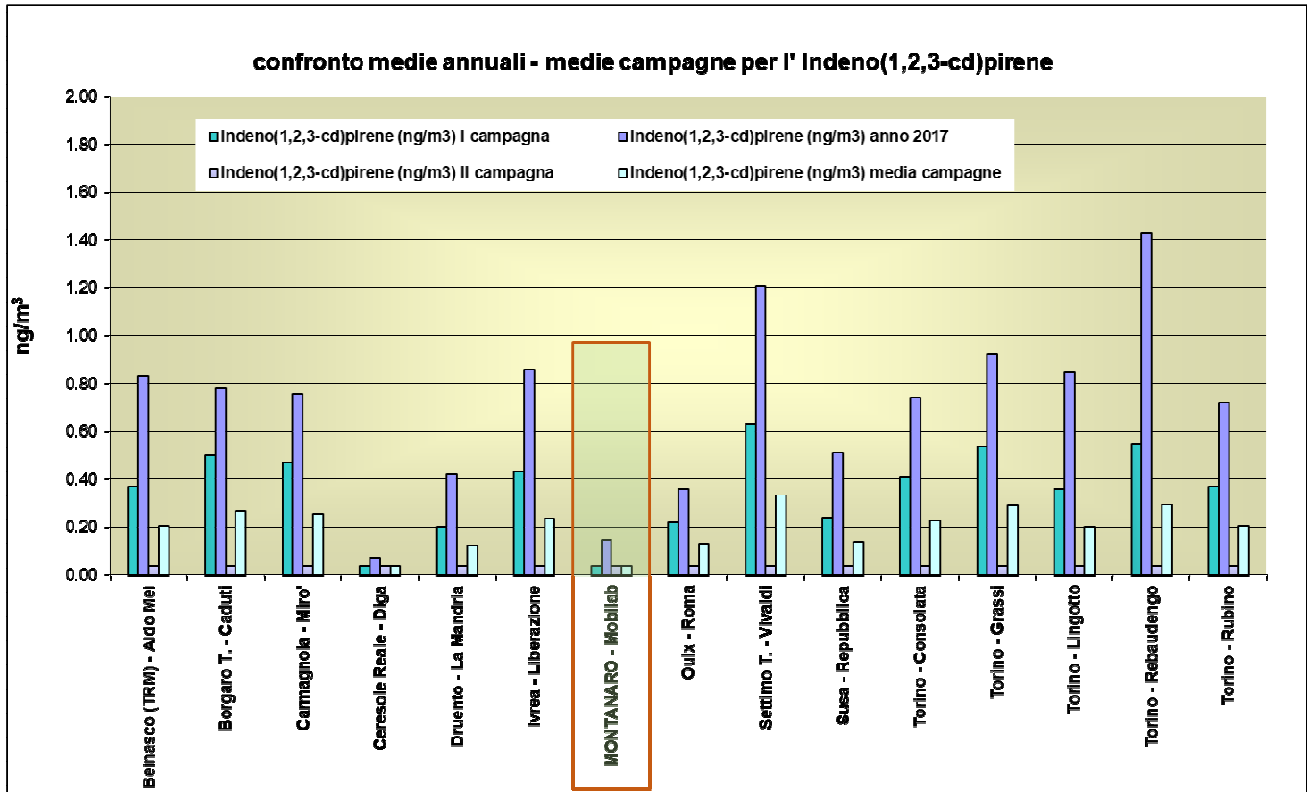


Figura 34: Indeno(1, 2, 3-cd)pirene - confronto della media campagna invernale e primaverile con media anno 2017 nella città metropolitana



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. Dal rapporto con la media dell'anno 2017 (anno in cui è stata condotta la campagna primaverile) si è calcolato il fattore che, moltiplicato per il valore medio delle campagne a Montanaro, 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 Montanaro

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

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

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 α 1 antitripsina) è la principale manifestazione dell'intossicazione cronica da cadmio, cui generalmente si accompagnano danni ai tubuli renali e osteomalacia. Sia il piombo, che l'arsenico, inoltre, sono responsabili di numerose alterazioni organiche. L'avvelenamento cronico da piombo (saturismo), ad esempio, è responsabile di anemia emolitica e danni neurologici.

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

Nella Tabella 22 sono riportati i valori obiettivo per As, Cd e Ni e il valore limite per la protezione della salute umana per il Pb previsti dal D.Lgs. 13/8/2010 n. 155.

Tabella 22: 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

Anche per i quattro metalli monitorati nell'indagine, visto che la durata del monitoraggio di Montanaro 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.

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.

Tabella 23: Laboratorio mobile ARPA presso Montanaro- concentrazione dei quattro metalli rilevati nel monitoraggio

Laboratorio mobile ARPA presso Montanaro: concentrazione dei quattro metalli rilevati nel monitoraggio		
	Primavera	Estate
Arsenico (ng/m ³)	0.7	0.7
Cadmio (ng/m ³)	0.11	0.07
Nichel (ng/m ³)	1.70	2.20
Piombo (µg/m ³)	0.006	0.01

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
 Dal rapporto con la media dell'anno 2017 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne a Montanaro 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 Montanaro

M_c : media stimata anno 2017 per ogni metallo Montanaro

m_p : media periodo campagne per ogni metallo Ivrea - Liberazione

M_p : media anno 2017 per ogni metallo Ivrea – Liberazione

Figura 35: Arsenico - confronto della media campagna invernale e primaverile con media anno 2017 nella città metropolitana

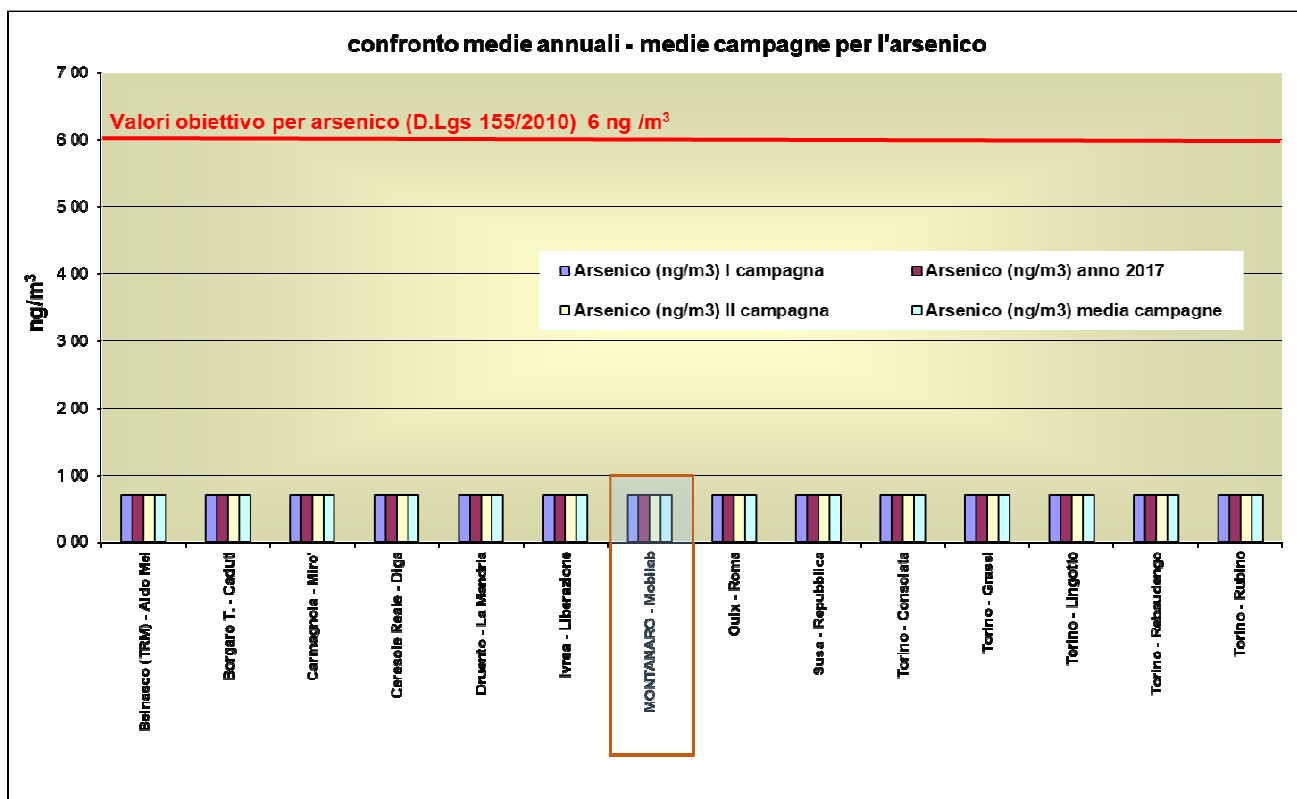


Figura 36: Cadmio - confronto della media campagna invernale e primaverile con media anno 2017 nella città metropolitana

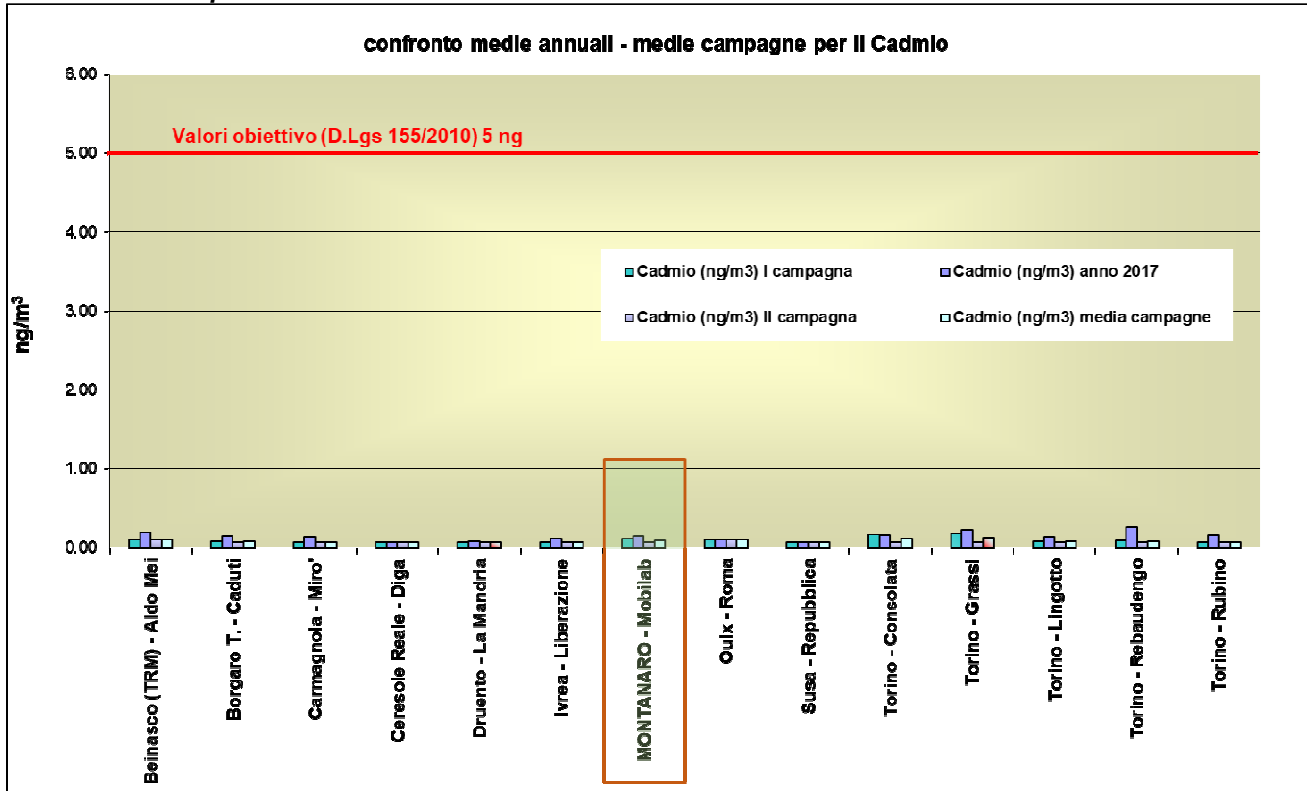


Figura 37: Nichel - confronto della media campagna invernale e primaverile con media anno 2017 nella città metropolitana

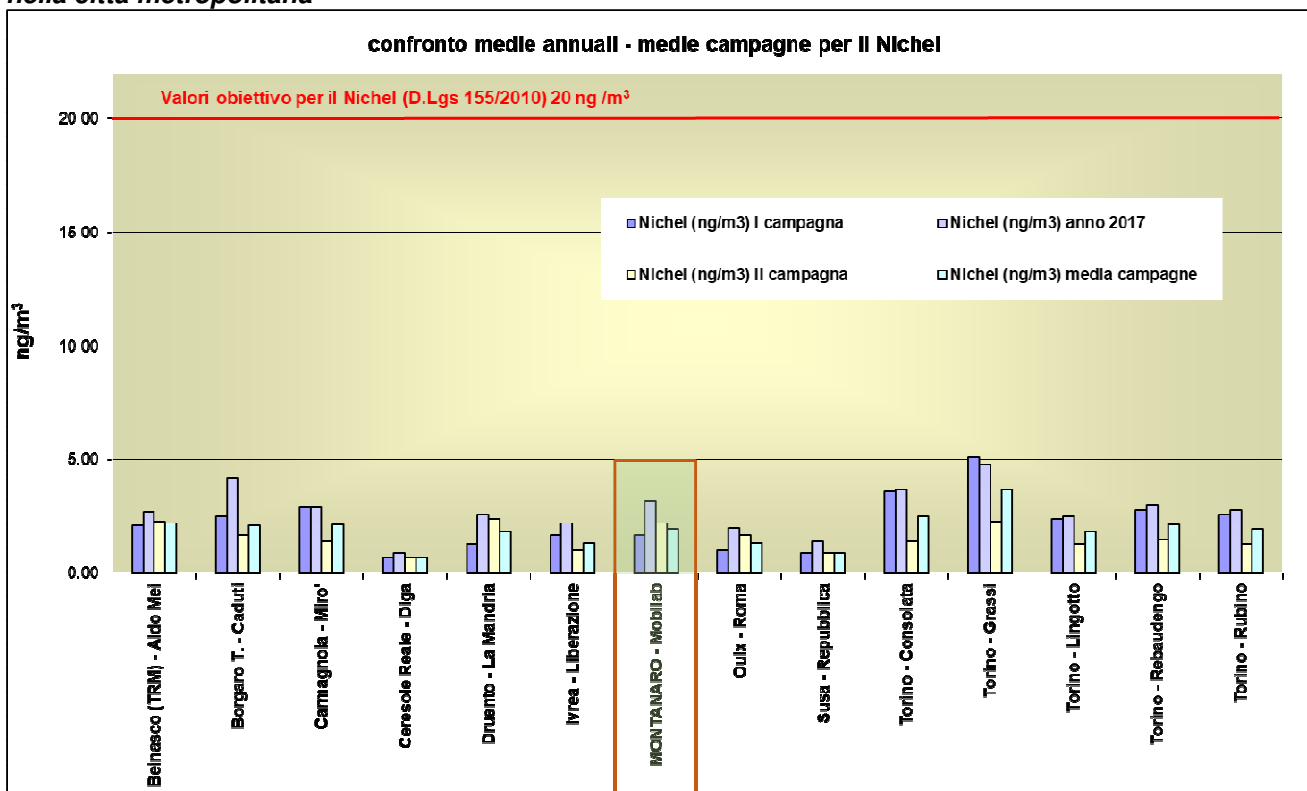
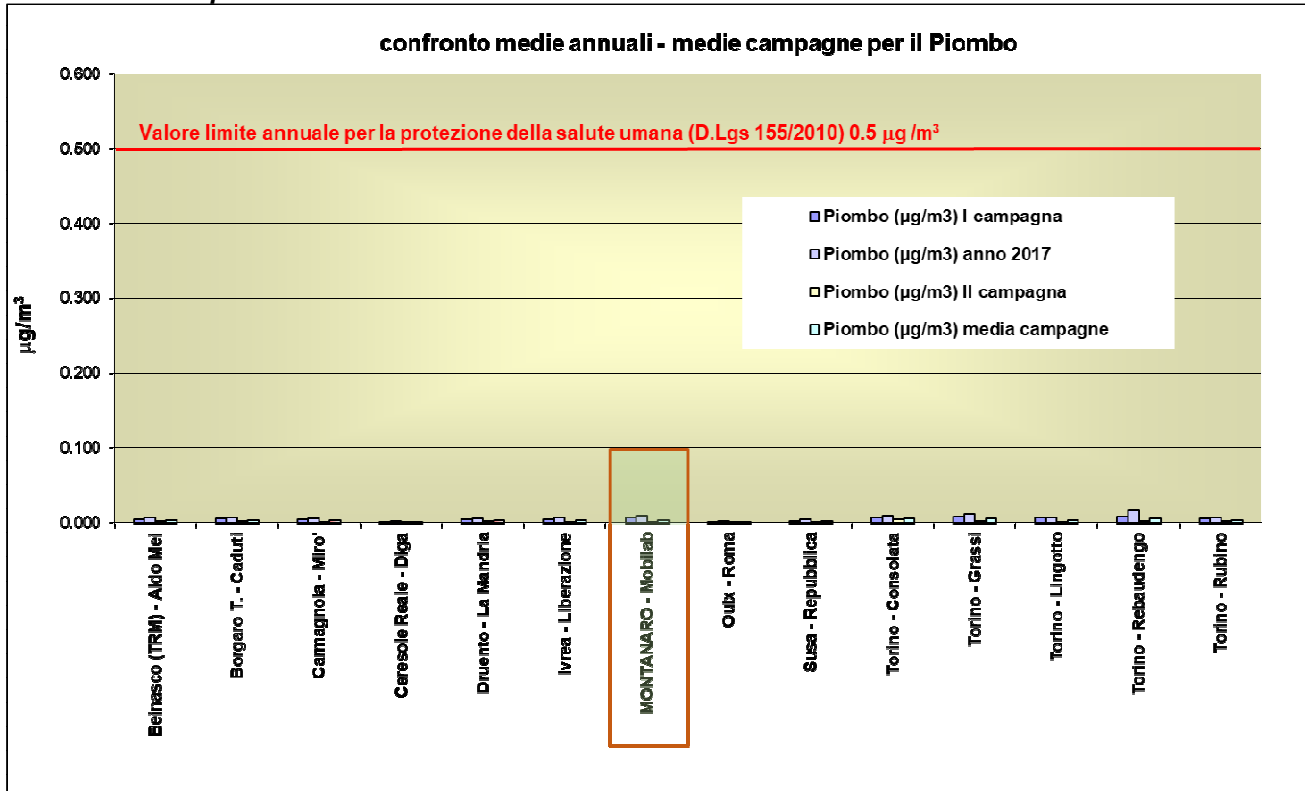


Figura 38: Piombo - confronto della media campagna invernale e primaverile con media anno 2017 nella città metropolitana

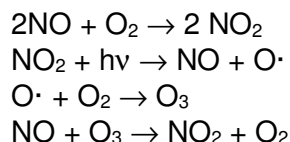


Ozono

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

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 9 superamenti di tale livello normativo e nessun superamento del livello informazione; il valore medio del periodo è pari a 67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ con un valore massimo di 158 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, vedi Tabella 24.

In primavera i valori sono di poco più contenuti dei periodi più caldi, la media dei valori orari è stata di 57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, con una massima media oraria di 152 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 3 superamenti.

Nella Figura 39 si riporta il profilo della media mobile sulle 8 ore da cui si evincono i superamenti registrati in entrambi i periodi.

Figura 39: O₃ - confronto con i limiti di legge (media trascinata sulle 8 ore)

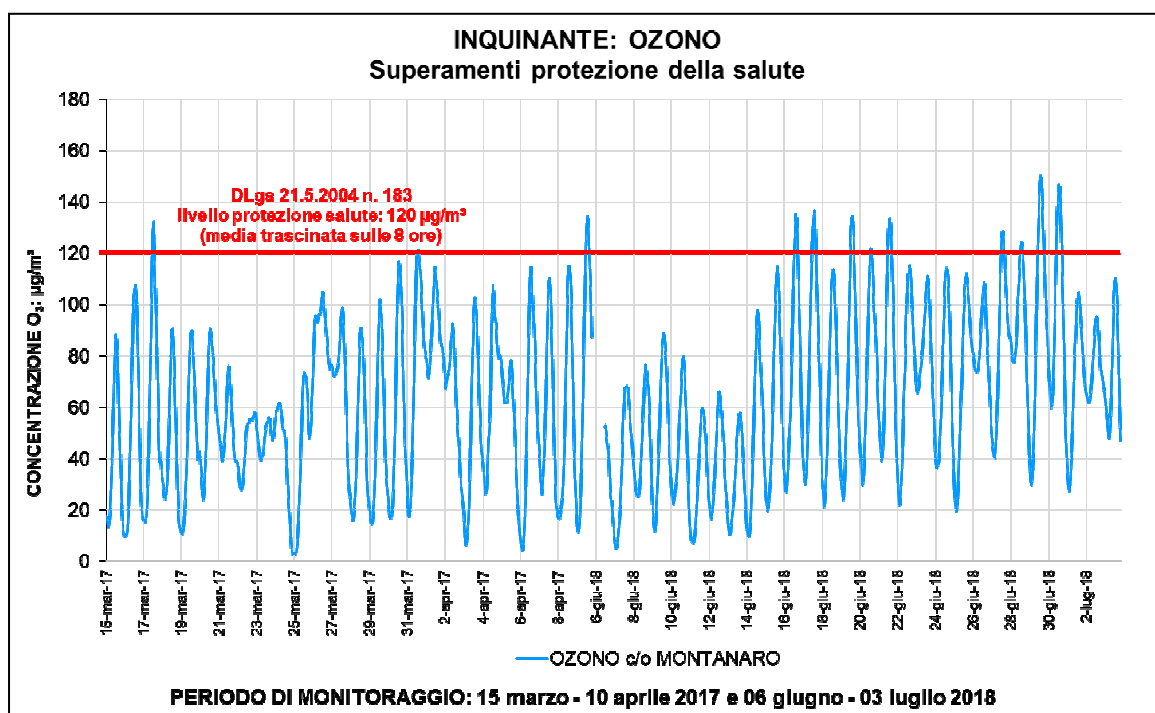


Tabella 24: Dati relativi all'ozono (O₃) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Inverno	Primavera
Minima media giornaliera	37	32
Massima media giornaliera	93	96
Media delle medie giornaliere (b):	58	67
Giorni validi	26	28
Percentuale giorni validi	96%	100%
Media dei valori orari	57	67
Massima media oraria	152	158
Ore valide	630	669
Percentuale ore valide	97%	100%
Minimo medie 8 ore	3	5
Media delle medie 8 ore	57	67
Massimo medie 8 ore	135	150
Percentuale medie 8 ore valide	98%	99%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (120)</u>	9	45
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute</u>	3	9

umana (max media 8h > 120)		
Numero di superamenti livello informazione (180)	0	0
Numero di giorni con almeno un superamento livello informazione (180)	0	0
Numero di valori orari superiori al livello allarme (240)	0	0
Numero di superamenti livello allarme (240 per almeno 3 ore consecutive)	0	0
Numero di giorni con almeno un valore superiore al livello allarme (240)	0	0

Dal grafico in Figura 40 in cui si riporta il profilo orario registrato a Montanaro e quello relativo ad alcune stazioni di fondo della rete di monitoraggio provinciale si evince che le concentrazioni misurate a Montanaro sono risultate complessivamente in linea, sia negli andamenti sia nelle quantità assolute, con quelle registrate nelle altre centraline della.

Nella Figura 41 si riporta la correlazione dei dati di ozono con i valori di radiazione solare durante le due campagne di monitoraggio da cui è possibile notare la correlazione che c'è tra i livelli di ozono che si registrano e l'irraggiamento solare.

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. Ciò è evidente anche confrontando il profilo del giorno medio a Montanaro e gli analoghi valori misurati nelle altre stazioni della rete fissa nello stesso periodo (Figura 42) si riporta il confronto tra, l'inviluppo giornaliero durante la seconda campagna è leggermente più pronunciato rispetto alla prima.

Figura 40: O3 - andamento della concentrazione oraria e confronto con i limiti di legge nel periodo primaverile

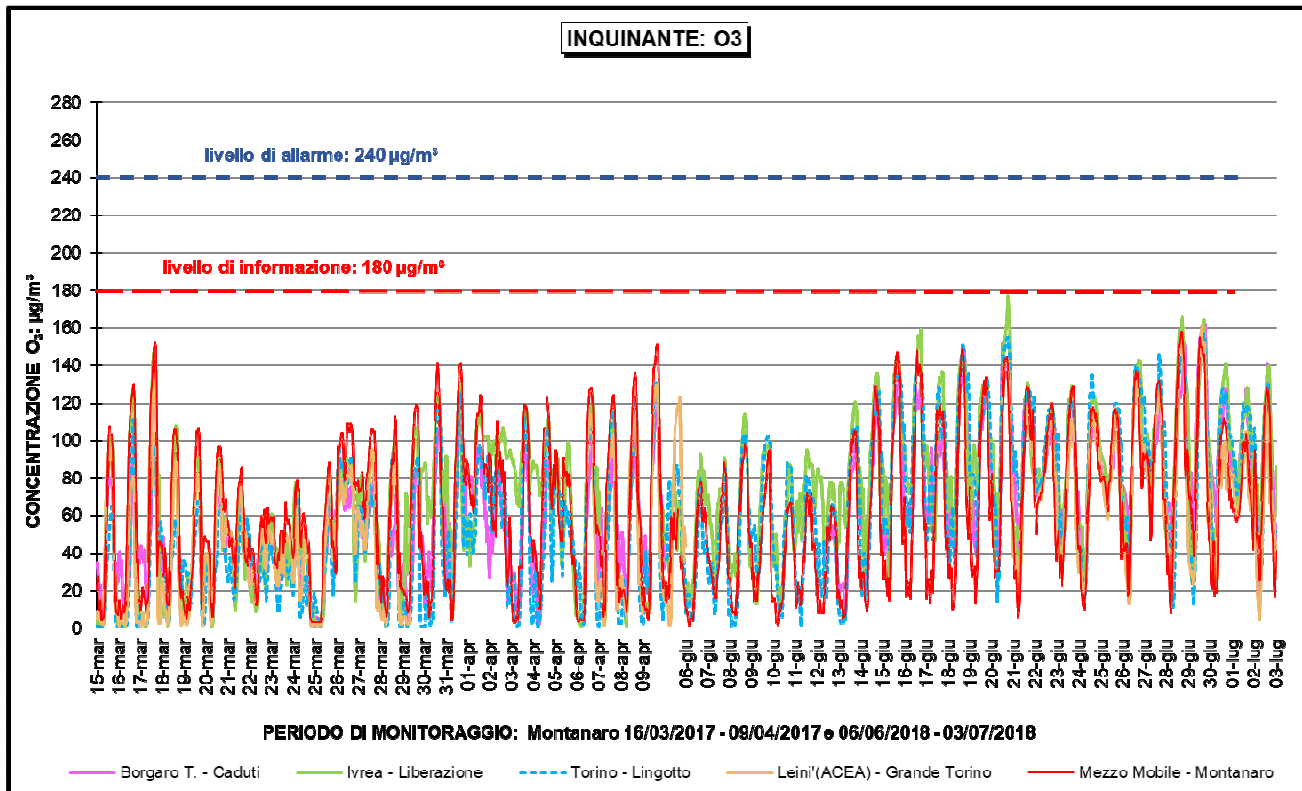


Figura 41: O3 - andamento della concentrazione oraria e confronto con radiazione solare globale

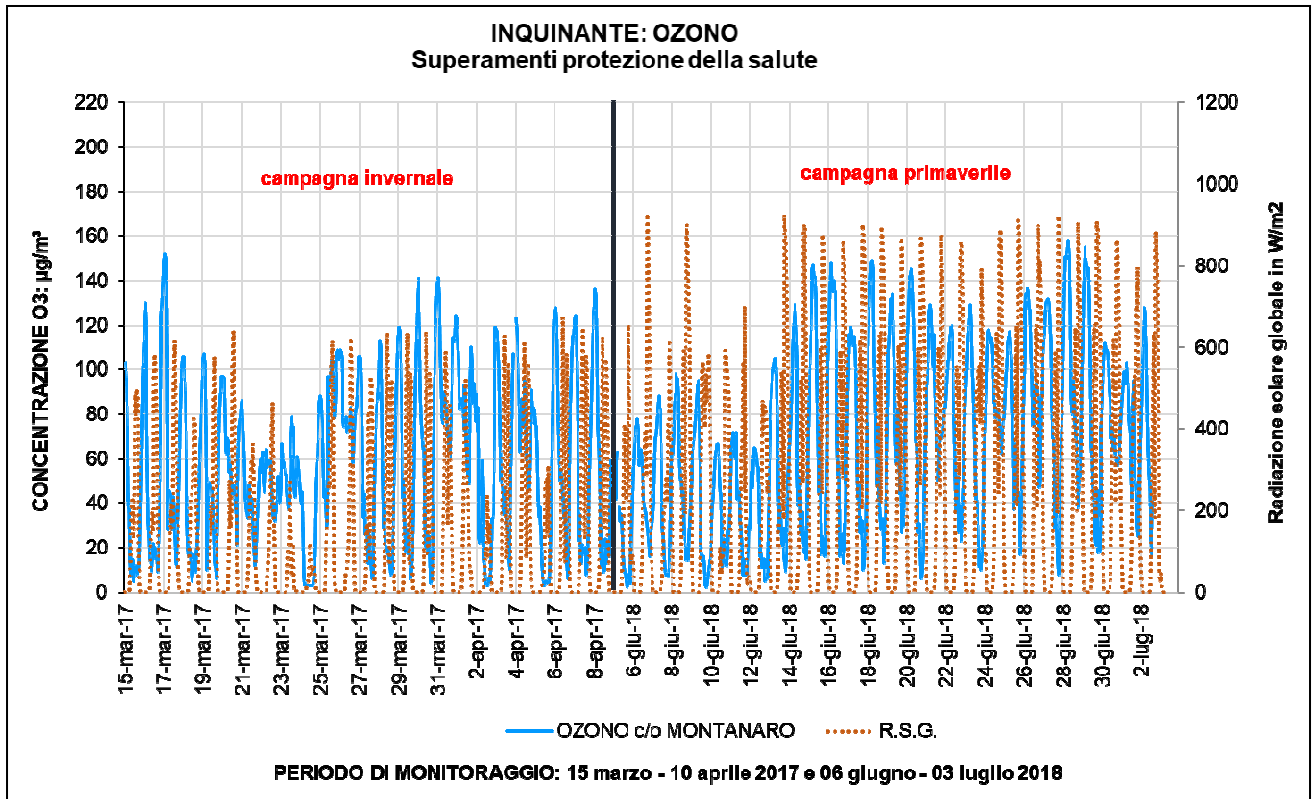
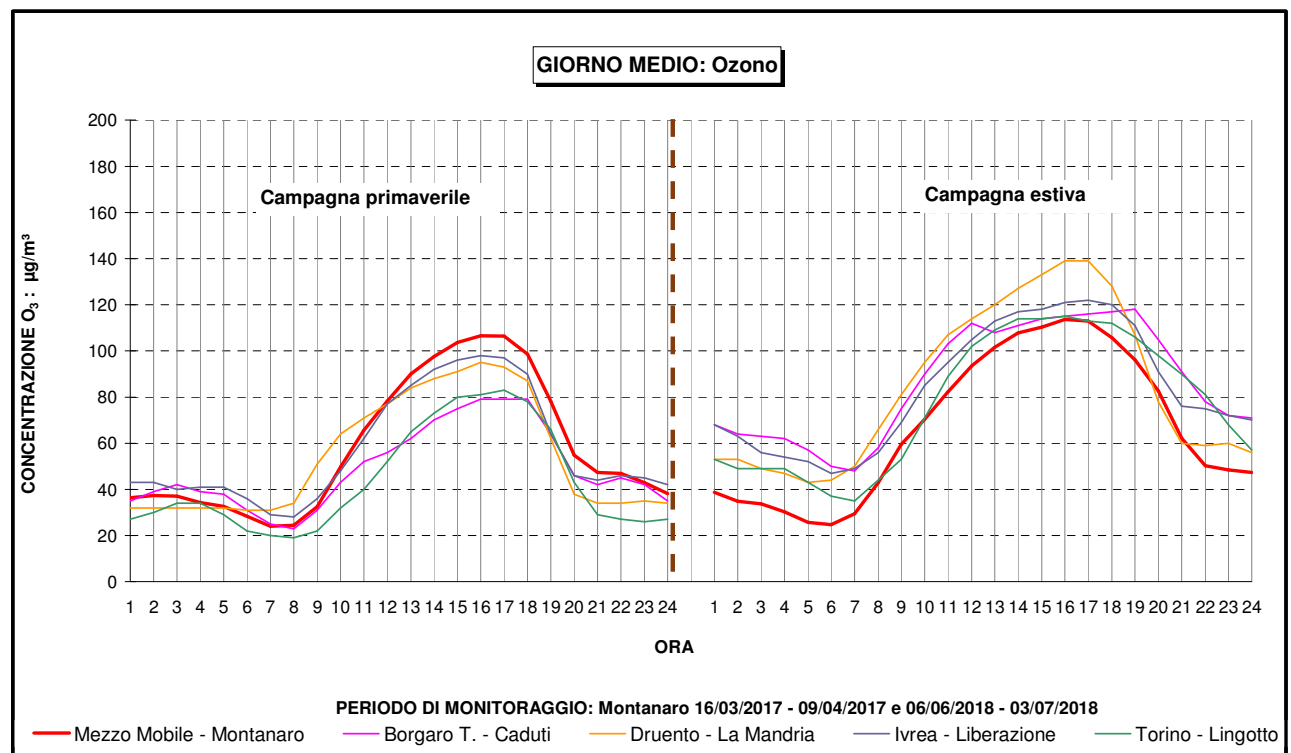


Figura 42: O3 - confronto del profilo del giorno medio registrato durante le due campagne di misura



CONCLUSIONI

Lo stato della qualità dell'aria che emerge dalle campagne di monitoraggio del comune di Montanaro 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 4 superamenti del valore limite giornaliero per la protezione della salute ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) nel periodo primaverile; 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 negli stessi periodi di monitoraggio un numero di giorni di superamento molto simile al sito in esame hanno presentato su base annuale il superamento del numero massimo di giorni consentiti, è del tutto presumibile che il valore limite sia superato 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 dalle centraline della rete fissa di monitoraggio Arpa, ottenendo una media di $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, inferiore quindi al valore limite annuale per il PM10.

Per quanto riguarda il PM2.5 la stima del valore medio annuale, pari a $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 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, il valore stimato è pari a $1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ben al di sotto dell'indicatore normativo. Anche per il benzo(a)pirene è stata stimata la media annuale pari a $0,9 \text{ ng}/\text{m}^3$, al di sotto dell'indicatore normativo, sebbene sia stato utilizzato per il confronto il 2017 che è stato un anno che ha registrato generalmente livelli più elevati di inquinamento in atmosfera e durante il quale è stata condotta, a Montanaro, la campagna primaverile (con livelli più elevati rispetto all'estiva).

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, 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 particolari per l'area rappresentata dal sito di monitoraggio scelto 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**
Gascromatografo con doppia colonna, rivelatore PID (fotoionizzazione)
 - ✓ Campo di misura benzene: 0 ÷ 324 µg/m³
 - ✓ Campo di misura toluene: 0 ÷ 766 µg/m³
 - ✓ Campo di misura xileni : 0 ÷ 442 µg/m³