

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI TORINO
Struttura semplice "Attività di Produzione"

**OGGETTO: CAMPAGNA DI RILEVAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA CON UTILIZZO DEL
 LABORATORIO MOBILE NEL COMUNE DI VENARIA REALA**
**RELAZIONE finale I° e II° CAMPAGNA (11 Aprile – 7 Maggio 2014 e 19 dicembre 2014 – 14
 Gennaio 2015)**



Redazione	Funzione: Collaboratore Tecnico Professionale Nome: Roberto Sergi	Data: 4/6/2015
Verifica e Approvazione	Funzione: Dirigente con incarico professionale presso la SS di produzione Nome: Dott. Francesco Lollobrigida	Data: 4/6/2015



L'organizzazione della campagna di monitoraggio, l'elaborazione dei dati e la stesura della presente relazione sono state curate dai tecnici del Nucleo Operativo "Supporto Tematismo Aria" del Dipartimento di Torino di Arpa Piemonte, d.ssa Annalisa Bruno, d.ssa Laura Milizia, sig. Giacomo Castrogiovanni, d.ssa Marilena Maringo, sig. Fabio Pittarello, sig. Francesco Romeo, ing. Milena Sacco, sig. Vitale Sciortino, sig. Roberto Sergi, coordinati dal Dirigente con incarico professionale dott. Francesco Lollobrigida.

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

CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO....	5
<i>L'aria e i suoi inquinanti.....</i>	<i>6</i>
IL LABORATORIO MOBILE.....	8
IL QUADRO NORMATIVO	8
LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO	11
<i>Obiettivi della campagna di monitoraggio</i>	<i>12</i>
<i>Traffico veicolare.....</i>	<i>16</i>
<i>Elaborazione dei dati meteorologici</i>	<i>22</i>
<i>Elaborazione statistiche e grafiche relative al monitoraggio nel comune di Venaria Reale.....</i>	<i>26</i>
<i>Andamento orario e giornaliero - Confronto con i limiti di legge.....</i>	<i>27</i>
<i>Giorno medio</i>	<i>27</i>
<i>Biossido di zolfo.....</i>	<i>28</i>
<i>Ossidi di Azoto</i>	<i>31</i>
<i>Monossido d'azoto</i>	<i>31</i>
<i>Biossido d'azoto.....</i>	<i>34</i>
<i>Monossido di Carbonio.....</i>	<i>38</i>
<i>Benzene e Toluene</i>	<i>41</i>
<i>Particolato Sospeso (PM₁₀) e (PM_{2.5}).....</i>	<i>45</i>
<i>PM₁₀</i>	<i>45</i>

<i>PM_{2.5}</i>	47
<i>Ozono</i>	53
<i>Conclusioni</i>	57
<i>APPENDICE - SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI</i>	58



CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO

L'aria e i suoi inquinanti

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

Oggigiorno è analiticamente possibile identificare nell'atmosfera numerosissimi composti di varia origine, presenti in concentrazioni che variano dal nanogrammo per metro cubo (ng/m^3) al milligrammo per metro cubo (mg/m^3).

Le principali sorgenti di inquinanti sono:

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

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

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

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

Per una descrizione completa dei singoli inquinanti, dei danni causati e dei metodi di misura si rimanda alla pubblicazione "Uno sguardo all'aria - Relazione annuale 2013", elaborata congiuntamente dal Dipartimento Ambiente della Provincia di Torino e da Arpa, ed inviata a tutte le Amministrazioni comunali della Provincia.

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

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

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



= fonti primarie



= fonti secondarie

IL LABORATORIO MOBILE

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

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

Il laboratorio mobile in dotazione al Dipartimento Arpa di Torino è dotato di una stazione meteorologica e di analizzatori per la misura in continuo di inquinanti chimici quali biossido di zolfo, ossidi di azoto, monossido di carbonio, ozono, benzene, toluene e di campionatori di particolato atmosferico PM₁₀ e PM_{2,5}, la cui concentrazione è determinata in laboratorio per via gravimetrica.

IL QUADRO NORMATIVO

La normativa italiana in materia di qualità dell'aria prevede limiti per gli inquinanti quantitativamente più rilevanti dal punto di vista sanitario e ambientale.

La normativa quadro è rappresentata dal D.Lgs. 351/99 ed attuata, per i valori limite di alcuni inquinanti, dal D.M. 60/2002, dal D.Lgs. 183/2004 e dal D.Lgs. 152/2007. Detti limiti possono essere classificati in tre tipologie:

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

Per quanto riguarda il parametro ozono con il D.Lgs. n. 183 del 21 maggio 2004, pubblicato sul supplemento ordinario n. 127 alla Gazzetta Ufficiale 23 luglio 2004 n. 171, la normativa italiana ha recepito la direttiva 2002/3/CE, per cui sono state abrogate le disposizioni concernenti all'ozono previste dal D.P.C.M. 28/3/83, D.M. 15/4/94, D.M. 25/11/94 e dal D.M. 16/5/96.

Nei limiti riferiti alla prevenzione a breve termine sono previste soglie di informazione e di allarme come medie orarie. A lungo termine sono previsti obiettivi per la protezione della salute umana e della vegetazione calcolati sulla base di più anni di monitoraggio.

Il recente D.Lgs. 155/2010 ha abrogato e sostituito le normative precedenti, senza però modificare i valori numerici dei limiti di riferimento degli inquinanti già normati; ha inoltre inserito nuovi indicatori relativi al PM_{2,5} e in particolare:

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

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

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

Nella **Tabella 2**, nella **Tabella 3** e nella **Tabella 4** sono indicati i valori di riferimento previsti dalla normativa attualmente vigente.

Per una descrizione più ampia del quadro normativo si rimanda ancora alla pubblicazione "Uno sguardo all'aria - Relazione annuale 2013".

Tabella 2 – Valori limite per alcuni inquinanti atmosferici.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO

Obiettivi della campagna di monitoraggio

La campagna di monitoraggio condotta nel comune di Venaria, finalizzata al controllo della qualità dell'aria, è stata effettuata a seguito della nota inoltrata dal Servizio Infrastrutture Mobilità e Suolo Pubblico della Città di Venaria Reale, prot. n. 30330 del 18/12/2013, con la quale veniva richiesto un monitoraggio della qualità dell'aria nel territorio comunale ed in particolare lungo l'Asse di via Garibaldi e nella Zona al confine con Torino in prossimità dello Juventus Stadium, in quanto aree molto congestionate in considerazione della presenza di importanti attrattori di traffico.

Il sito di posizionamento del mezzo mobile per l'esecuzione della campagna di monitoraggio è stato individuato nel parcheggio del cimitero Altessano, posto tra c.so Giuseppe Garibaldi e lo svincolo per la tangenziale, nel Comune di Venaria Reale, a seguito del sopralluogo effettuato congiuntamente tra i tecnici Arpa ed i tecnici del Comune di Venaria.

Nelle **Figure 1, 2 e 3** è riportata sulle cartografie del Comune di Venaria l'ubicazione del sito nel quale è stato posizionato il Laboratorio Mobile nel corso della campagna di monitoraggio.

Va sottolineato che i dati acquisiti nel corso delle campagne condotte con i Laboratori Mobili non permettono di effettuare una trattazione formale in termini statistici secondo quanto previsto dalla normativa per la qualità dell'aria, ma forniscono un quadro, seppure limitato dal punto di vista temporale, della situazione di inquinamento atmosferico relativa ai siti in esame.

Una trattazione completa, secondo quanto previsto dalla normativa vigente (allegato I del D.Lgs. 155/2010 e s.m.i.), dovrebbe prevedere, infatti, campagne di monitoraggio caratterizzate da una durata tale da comprendere almeno il 14% annuo di misurazioni (una misurazione in un giorno variabile 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). Il rispetto formale di tale vincolo, dato il numero di richieste che pervengono dal territorio di competenza del Dipartimento, non permetterebbe di evadere le richieste stesse in tempi ragionevoli. La prassi operativa scelta, in accordo con la competente Struttura di coordinamento dell'Agenzia, è di effettuare in ogni sito due campagne della durata di 20-30 giorni ciascuna in due periodi caratterizzati da diverse condizioni meteorologiche, in modo da assicurare una adeguata rappresentatività della base dati raccolta.

I dati presentati forniscono quindi un quadro generale della situazione di inquinamento atmosferico del sito in esame; il confronto con i dati rilevati negli stessi periodi della campagna dalle stazioni fisse della rete provinciale di monitoraggio della qualità dell'aria permette, inoltre, di effettuare considerazioni di tipo comparativo finalizzate ad inquadrare lo stato della qualità dell'aria nel sito considerato nel contesto provinciale.

Il monitoraggio, oggetto della presente relazione è stato condotto tra l'**11 aprile** e il **7 maggio 2014** e tra il **19 dicembre 2014** e il **14 gennaio 2015** (27 giorni la 1^a campagna e 27 giorni la 2^a, per un totale di 54 giorni).

Si rammenta che per ragioni tecniche le elaborazioni sono state effettuate considerando solo 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 12/04/2014 al 06/05/2014, per un totale di 25 giorni per la prima campagna, e dal 20/12/2014 al 13/1/2015, per un totale di 25 giorni per la seconda campagna.

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

Il flusso veicolare monitorato quindi tiene conto sia dei veicoli che dal centro cittadino vanno in direzione di Torino e della tangenziale e viceversa.

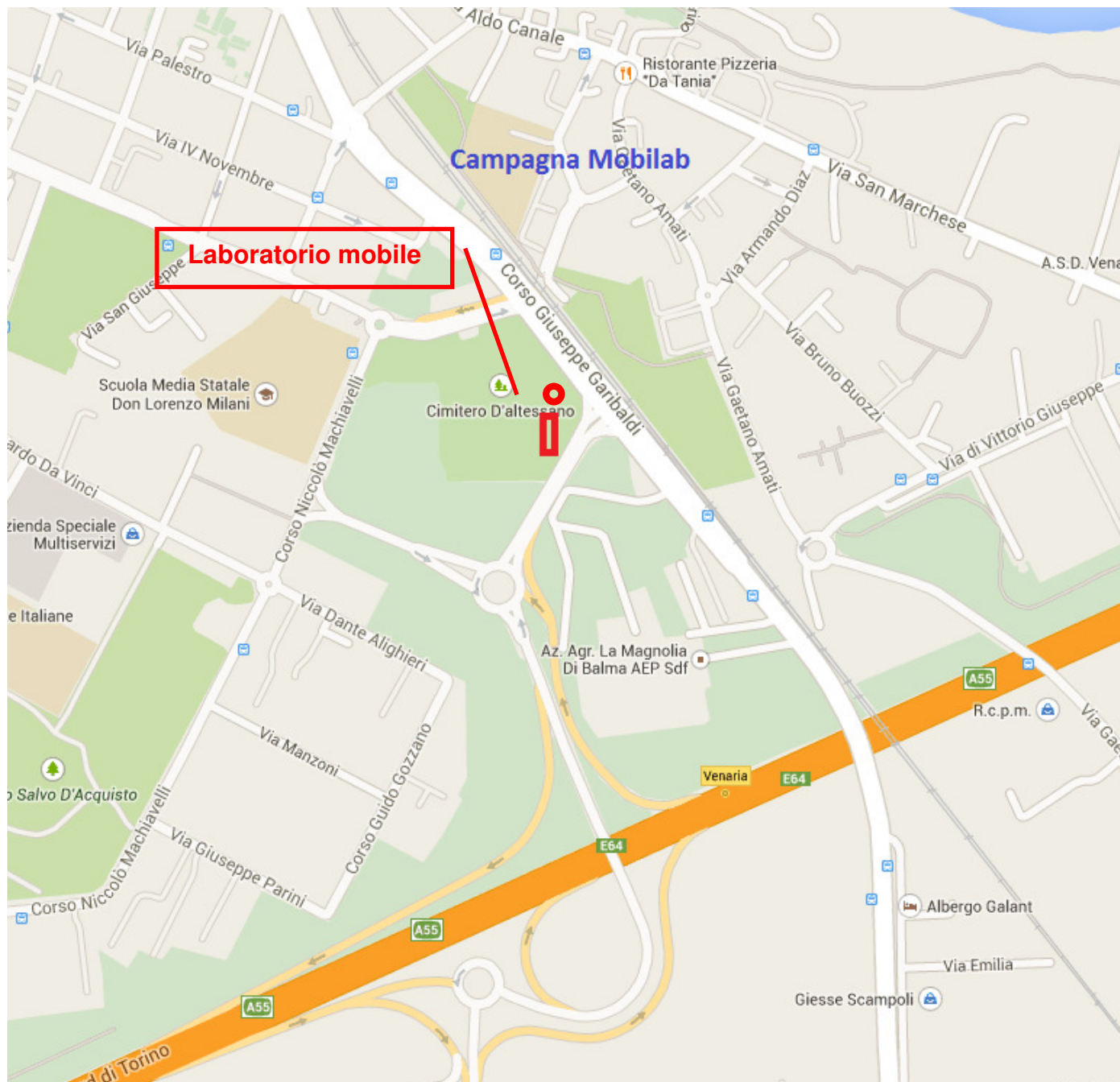
I risultati delle misure di traffico veicolare sono riportate nel capitolo seguente

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



● = sito di rilevamento flussi di traffico veicolare

Figura 3 - Ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Venaria.



● = sito di rilevamento flussi di traffico veicolare

Traffico veicolare

Per meglio comprendere la persistenza degli inquinanti da traffico veicolare nel sito di posizionamento del laboratorio mobile si è provveduto a conteggiare i passaggi di veicoli leggeri e pesanti lungo l'asse stradale di corso Giuseppe Garibaldi in prossimità dello svincolo per la tangenziale.

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

Le classi dei veicoli in funzione della lunghezza sono le seguenti

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

I rilievi di traffico hanno evidenziato che il numero medio giornaliero di passaggi veicolari in corso Indipendenza è pari ad **10029** veicoli/giorno; come termine di confronto in Torino presso corso Vittorio Emanuele II° - una arteria stradale con tre corsie per senso di marcia - all'altezza di C.so Inghilterra i passaggi giornalieri medi rilevati nel corso di una campagna invernale sono stati pari a **16070** veicoli/giorno.

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

- 1) si sono rilevati sull'asse viario preso in considerazione flussi veicolari quantitativamente significativi; nell'analisi dei flussi elaborati in base al giorno della settimana (vedi **Figura 6**) emerge una sensibile diminuzione nelle giornate di domenica, come prevedibile, e di giovedì, dei quali, va precisato, due ricadevano in giornate festive (25 dicembre e 1° gennaio);
- 2) il traffico veicolare in corso Garibaldi è un traffico lento in cui i veicoli rallentano e rimangono in sosta essendo presente il semaforo all'incrocio con lo svincolo per la tangenziale; infatti il tempo di passaggio medio tra un veicolo e l'altro è di 15,71 secondi mentre la percentuale della circolazione in colonna è del 36,35 %; la velocità media dei veicoli è di 20,38 Km/h;
- 3) le percentuali di veicoli pesanti e di veicoli di trasporto commerciale (transporter, che di norma hanno motori diesel) in transito lungo corso Garibaldi sono risultate significative (vedi **Figura 7**);
- 4) l'andamento temporale medio giornaliero dei flussi veicolari totali in corso Garibaldi mostra una certa costanza nelle ore centrali della giornata ed è analogo a quello delle concentrazioni degli ossidi di azoto. Il flusso dei veicoli totali è massimo nelle ore serali, mentre al mattino, dopo il rapido incremento dalle 6 alle 8, tende a crescere con minore intensità e costantemente fino alle 13; il flusso dei veicoli leggeri (autoveicoli e furgoni) è praticamente sovrapponibile a quello che considera i veicoli nel loro insieme, mentre l'andamento dei passaggi dei veicoli pesanti presenta una differenza nelle ore del mattino, in cui il massimo viene raggiunto alle 8 e rimane costante fino alle 14. I picchi di concentrazione di ossidi di azoto, come si vede nelle **Figure 8, 9 e 10** si registrano, con uno scarto di circa un'ora, nei momenti della giornata in cui vengono registrati gli incrementi significativi dei flussi di traffico veicolare;

- 5) la combustione dei motori dei veicoli genera percentualmente più monossido di azoto (NO) che biossido di azoto (NO₂). Con traffico lento, come nel caso del sito monitorato (vedi precedente punto 2), il fenomeno è ancora più marcato in quanto il motore funziona a bassi regimi (basso numero di giri), determinando condizioni sfavorevoli per l'ossidazione. L'emissione di ossidi di azoto e particolato è inoltre significativamente più alta per i veicoli diesel, per cui la presenza di una percentuale relativamente elevata di veicoli pesanti e da trasporto commerciale, come nel caso in questione, ha un effetto rilevante sull'inquinamento atmosferico. A titolo di esempio¹ si consideri che gli autoveicoli per il trasporto passeggeri con alimentazione diesel (quella più critica in termini di emissioni sia di particolato che di ossidi di azoto) di categoria da Euro 2 a Euro 4 hanno fattori di emissione che vanno da 0.6 a 0.9 g/km per gli ossidi di azoto e da 0.03 a 0.06 g/km per il particolato, mentre per i mezzi pesanti di analoga categoria (da Euro II a Euro IV) i fattori di emissione vanno rispettivamente da 2 a 7 g/km e da 0.01 (solo per gli Euro IV minori di 7.5 t) a 7.5 g/km. Va inoltre considerato che il biossido di azoto, oltre a costituire di per sé un inquinante atmosferico, è uno dei principali precursori del particolato di origine secondaria.

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

Figura 4: andamento orario traffico veicolare

Venaria Reale c/o parcheggio cimitero Altessano - Andamento orario traffico veicolare dal 19 dicembre 2014 al 15 gennaio 2015

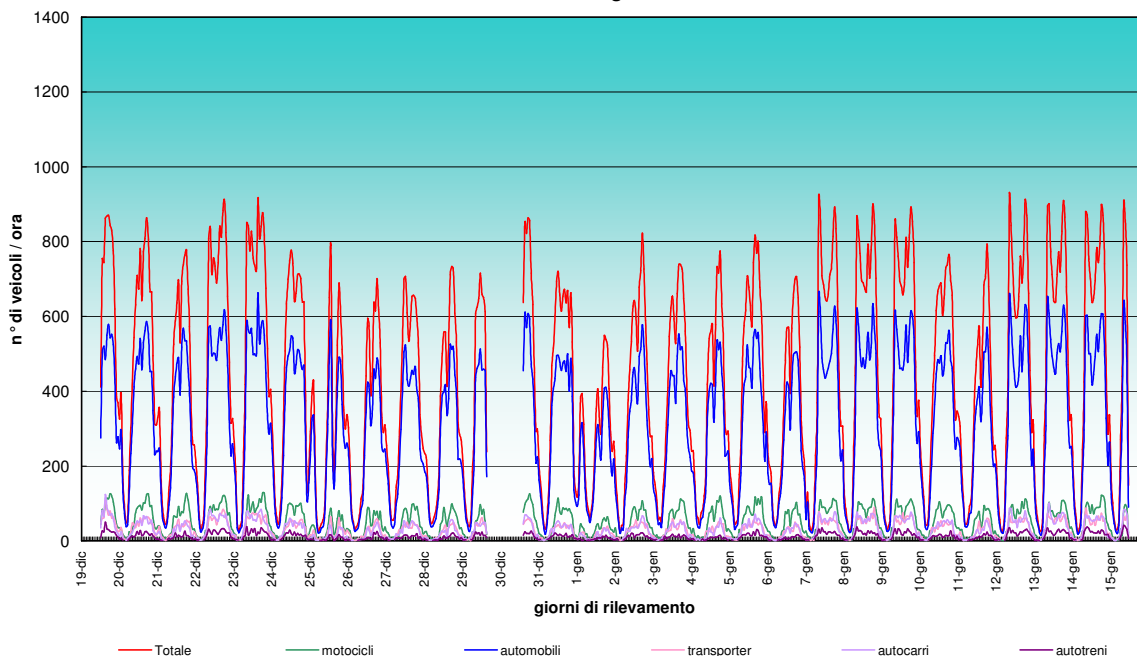


Figura 5: andamento giornaliero (solo giorni completi)

Venaria Reale c/o parcheggio cimitero Altessano - Andamento traffico veicolare dal 19 dicembre 2014 al 15 gennaio 2015 n° veicoli/giorno (solo giorni completi)

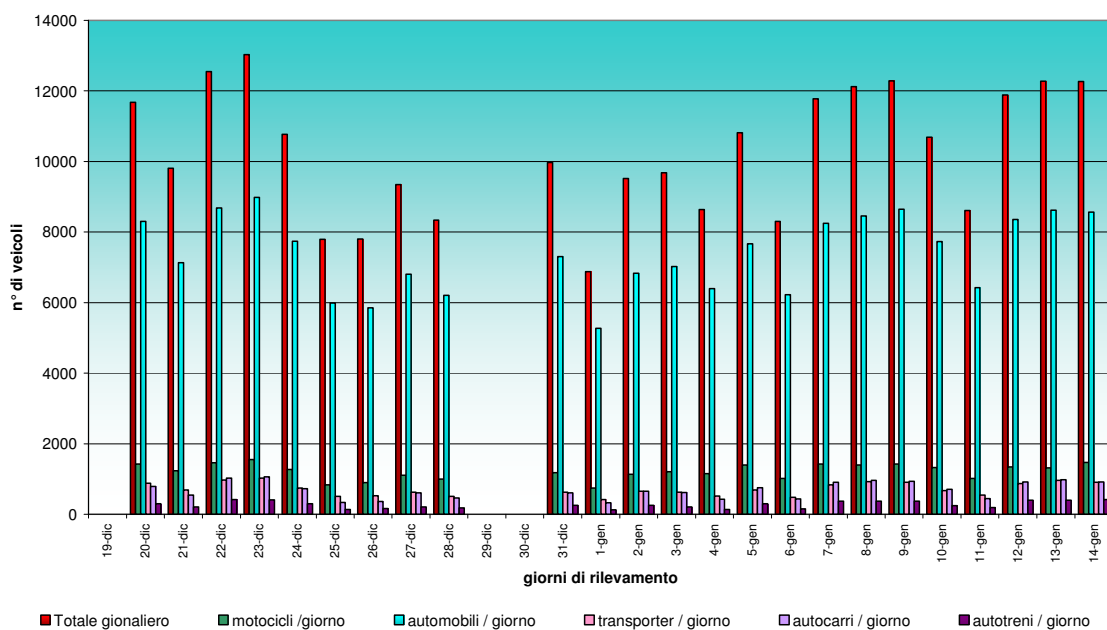


Figura 6: traffico veicolare grafico settimanale in corso Garibaldi (solo giorni completi)

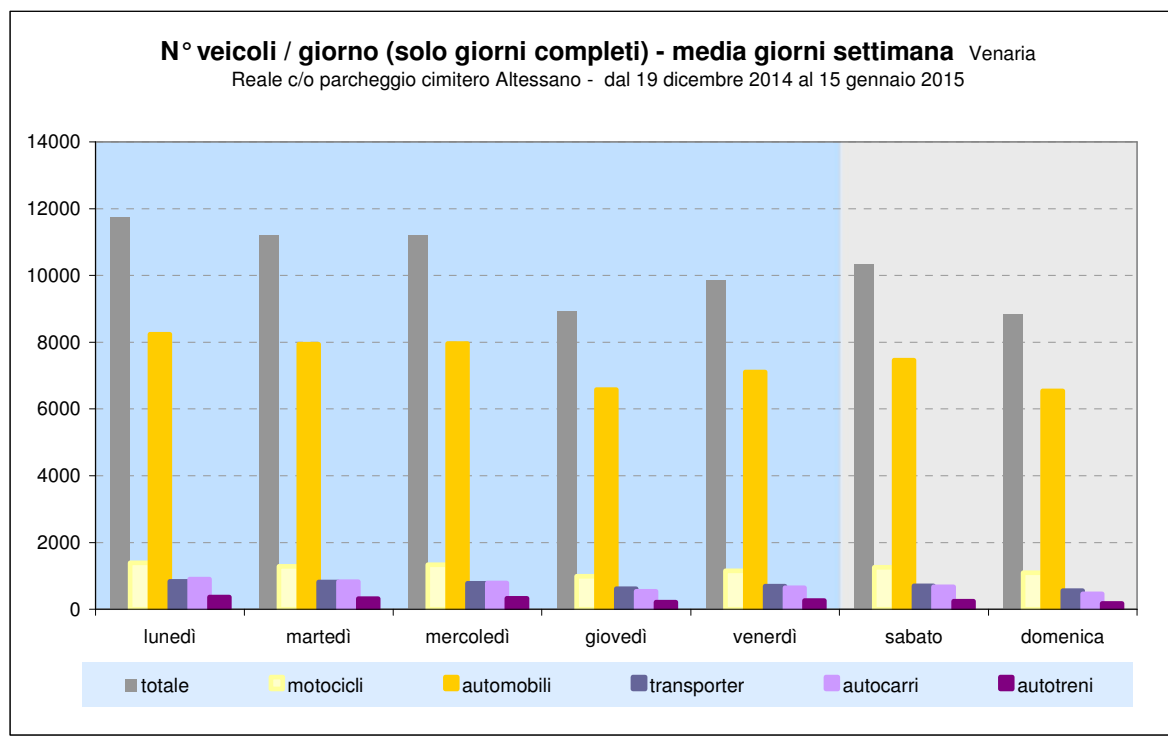


Figura 7: traffico veicolare in corso Garibaldi valutazione di frequenza

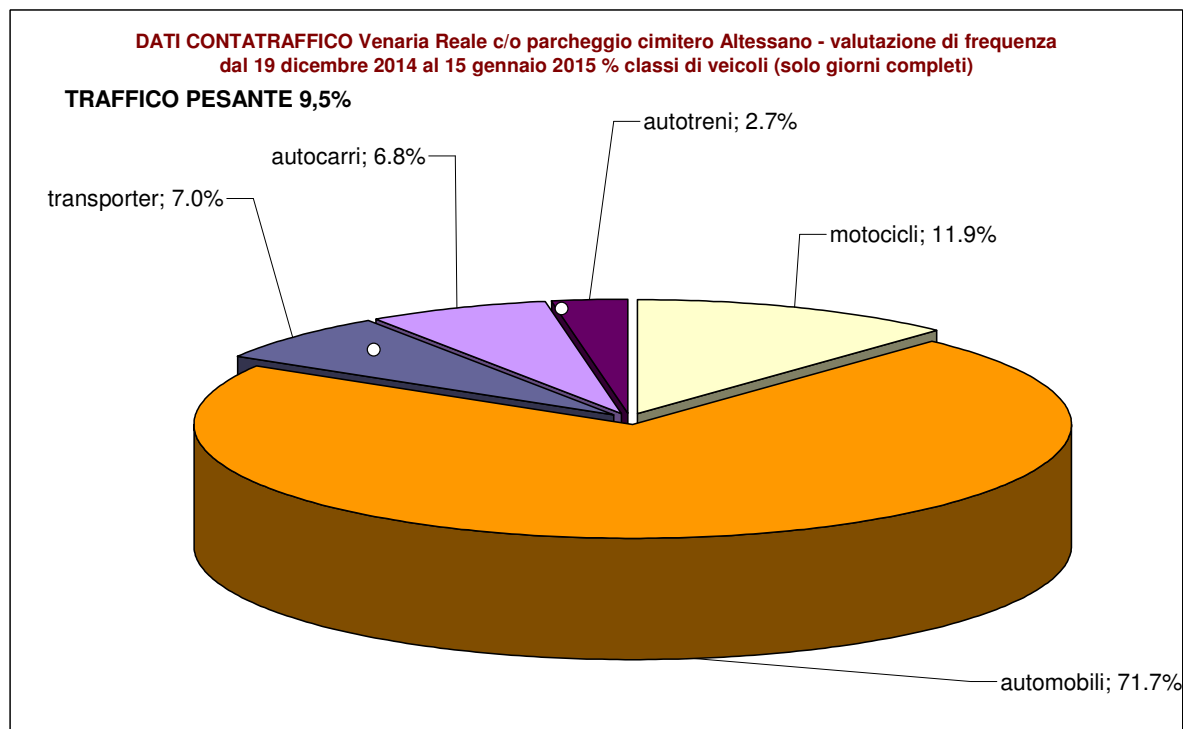


Figura 8: confronto giorno medio veicoli totali in corso Garibaldi con giorno medio ossidi di azoto

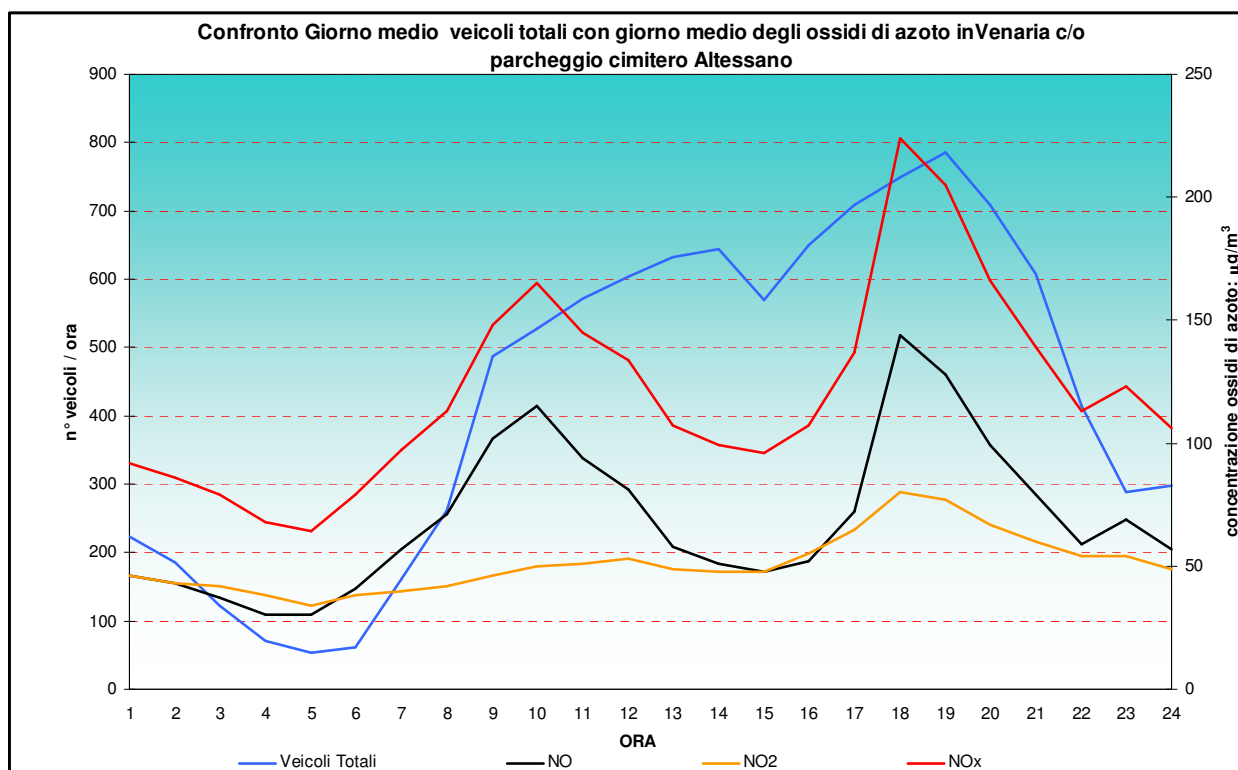


Figura 9: confronto giorno medio veicoli pesanti in corso Garibaldi con giorno medio ossidi di azoto

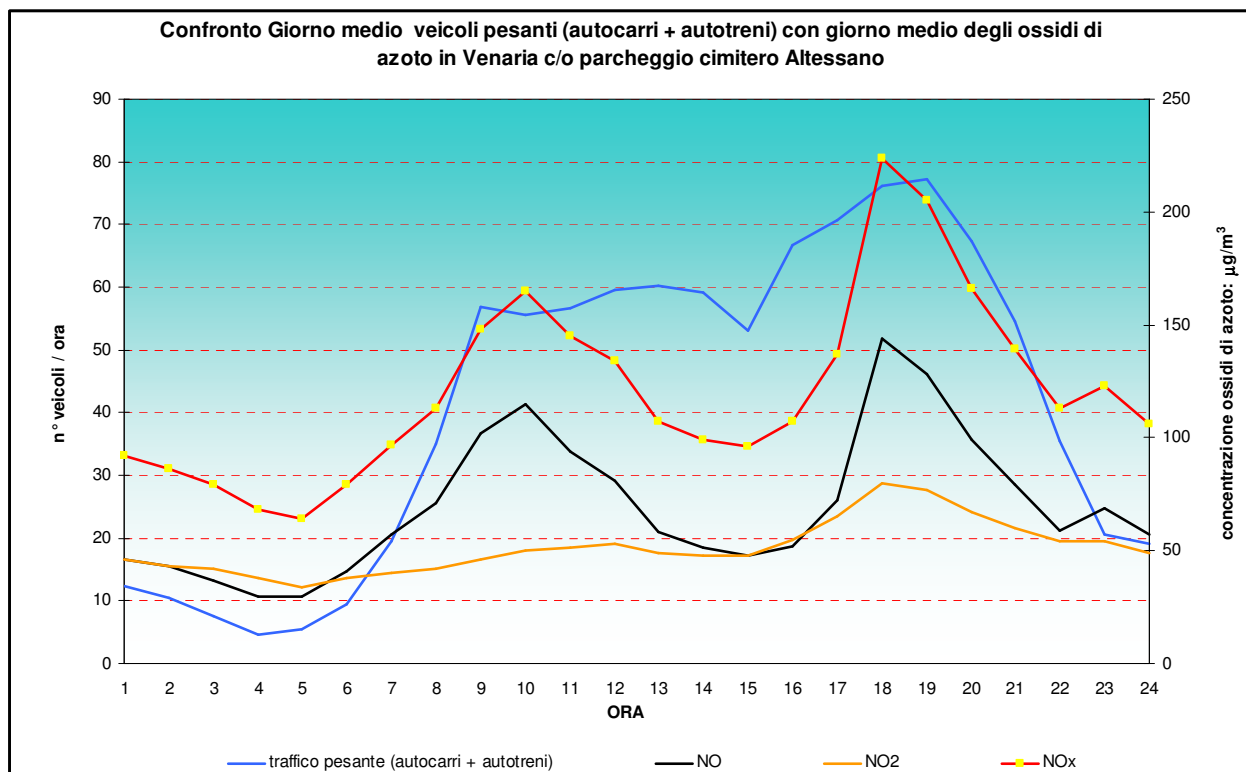
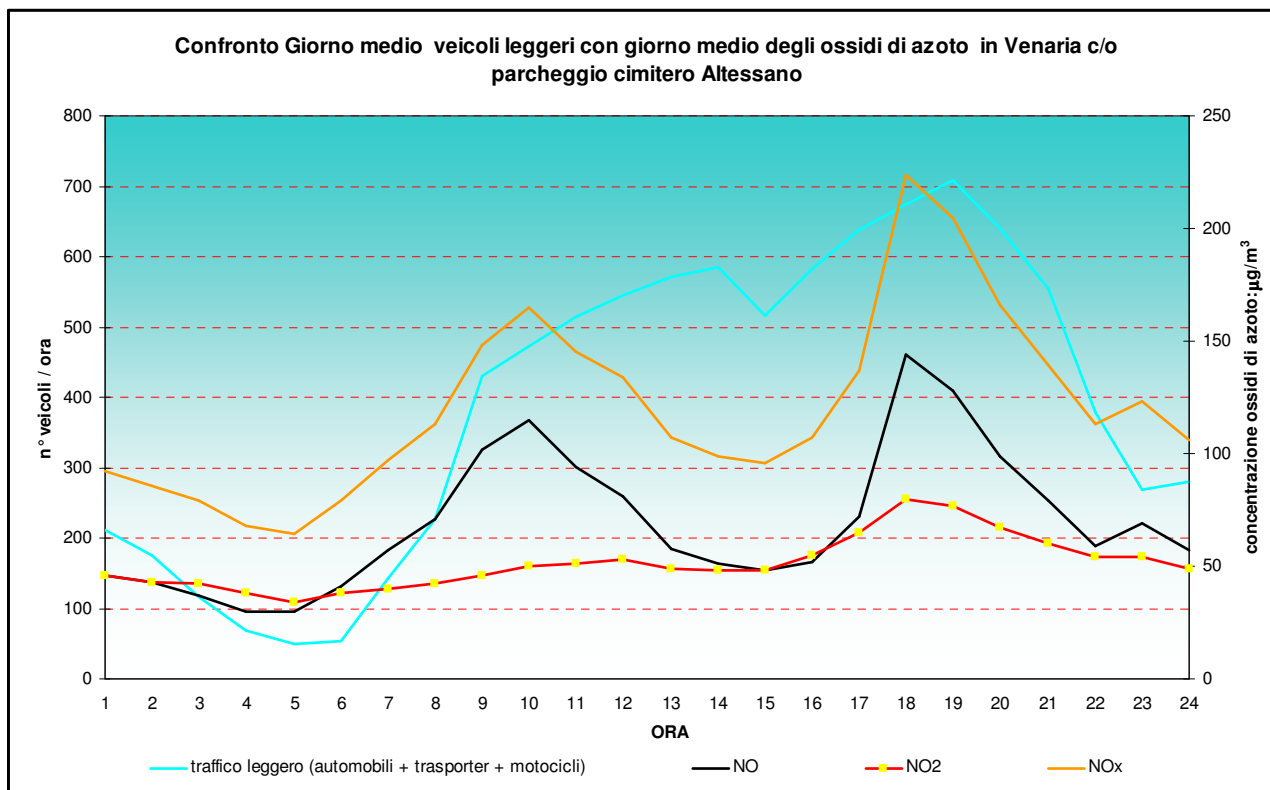


Figura 10: confronto giorno medio veicoli leggeri in corso Garibaldi con giorno medio ossidi di azoto



Elaborazione dei dati meteorologici

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

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

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

Per motivi logistici il laboratorio mobile è stato posizionato in un'area dove gli alberi circostanti sono alti più di dieci metri, ostacolando quindi la libera circolazione dell'aria. Di conseguenza le misure di velocità e direzione del vento non sono attendibili e pertanto sono state omesse nella trattazione che segue.

La **Figura 11** mostra l'andamento della radiazione solare globale e della pioggia nel corso delle campagne di monitoraggio. Per la campagna di aprile-maggio la durata e l'intensità dell'irraggiamento nelle giornate di tempo asciutto, risultano quelle tipiche per il periodo inizio primaverile, con valori massimi intorno ai 700 W/m². Nelle giornate nelle quali ha piovuto i valori massimi raggiunti sono stati generalmente prossimi ai 100 W/m². Il valore di picco giornaliero più basso è stato misurato il 19 aprile con un valore pari a 40 W/m² in corrispondenza di una delle giornate più piovose del periodo. Durante la campagna invernale i valori registrati sono quelli tipici del periodo, con valori massimi tra i 270 e 300 W/m² nelle ore centrali della giornata; il valore di picco giornaliero più basso è stato misurato il 27 dicembre con un valore pari a 30 W/m².

Nel complesso il periodo primaverile corrispondente alla campagna di monitoraggio, è stato caratterizzato da diversi giorni di pioggia (10 in totale) con diversa intensità; mentre il periodo invernale non ha registrato fenomeni significativi di pioggia.

La temperatura media del periodo di monitoraggio primaverile è stata di 13,8°C, con un massimo di 25,5°C il 26 aprile; nel periodo invernale la media è stata di 3°C, con un minimo di - 4,6°C il 31 dicembre ed un massimo raggiunto il 10 gennaio con 18,7°C.

L'umidità relativa in condizioni di stabilità atmosferica presenta un andamento opposto a quello della temperatura, con massimi concentrati nelle ore notturne e minimi nelle ore più calde della giornata (**Figura 13**). Nelle giornate primaverili i valori massimi si sono ovviamente raggiunti durante le giornate di pioggia. Nel periodo invernale problemi tecnici non hanno consentito di misurare questo parametro meteorologico.

Durante la campagna di primavera il campo pressorio si è attestato tra 975 e 990 mbar (**Figura 12**), con picco minimo il 1° maggio con 970 mbar e picco massimo il 16 aprile con 992 mbar; in quella invernale si è attestato tra i 985 e i 1000 mbar, con un picco minimo il 28 dicembre con 970 mbar e picco massimo il 1° gennaio con 1005.

Complessivamente è pertanto possibile affermare che i dati raccolti confermano i consueti andamenti stagionali con il periodo invernale di monitoraggio caratterizzato da stabilità atmosferica ed assenza di piogge (condizioni sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti atmosferici) ed un periodo primaverile connotato da una maggiore instabilità e presenza di fenomeni piovosi, che facilitano la diluizione dell'inquinamento atmosferico.

Tabella 5: Dati relativi ai parametri meteorologici nel corso della campagna di monitoraggio

	RADIAZIONE SOLARE GLOBALE		TEMPERATURA		UMIDITA' RELATIVA		PRESSIONE ATMOSFERICA	
	W/m ²		°C		%		hPa	
	Inverno	Primavera	Inverno	Primavera	Inverno	Primavera	Inverno	Primavera
Minima media giornaliera	4.9	8.0	-1.4	7.4	—	41.0	975.3	975.9
Massima media giornaliera	40.8	138.5	9.3	17.6	—	98.9	1004.0	990.2
Media delle medie giornaliere	29.5	88.6	2.9	13.8	—	72.9	994.5	981.4
Giorni validi	22	25	19	25	—	25	22	23
Percentuale giorni validi	88%	100%	76%	100%	—	100%	88%	92%
Media dei valori orari	29.6	88.6	3.0	13.8	—	72.9	994.5	981.4
Massima media oraria	309.0	742.0	18.7	25.5	—	99.0	1005.0	992.0
Ore valide	552	600	495	600	—	600	552	551
Percentuale ore valide	92%	100%	82%	100%	—	100%	92%	92%

Figura 11: Radiazione solare e Pioggia

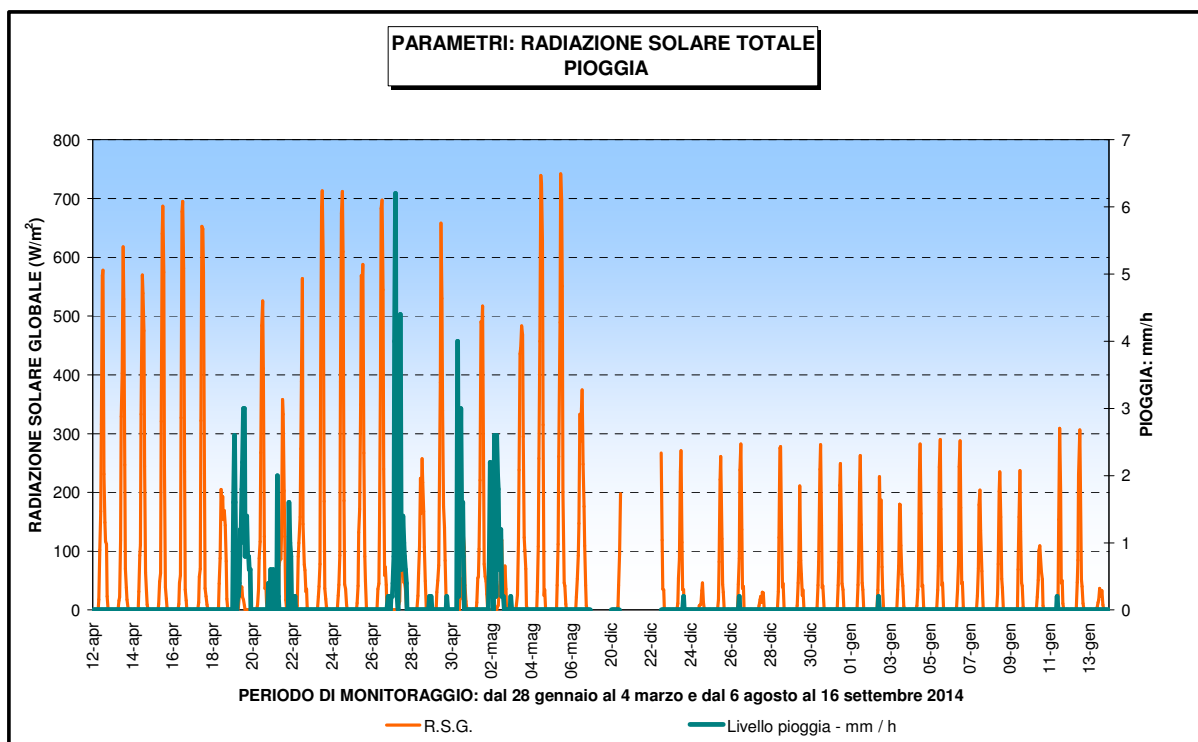


Figura 12: Pressione Atmosferica e Pioviggia

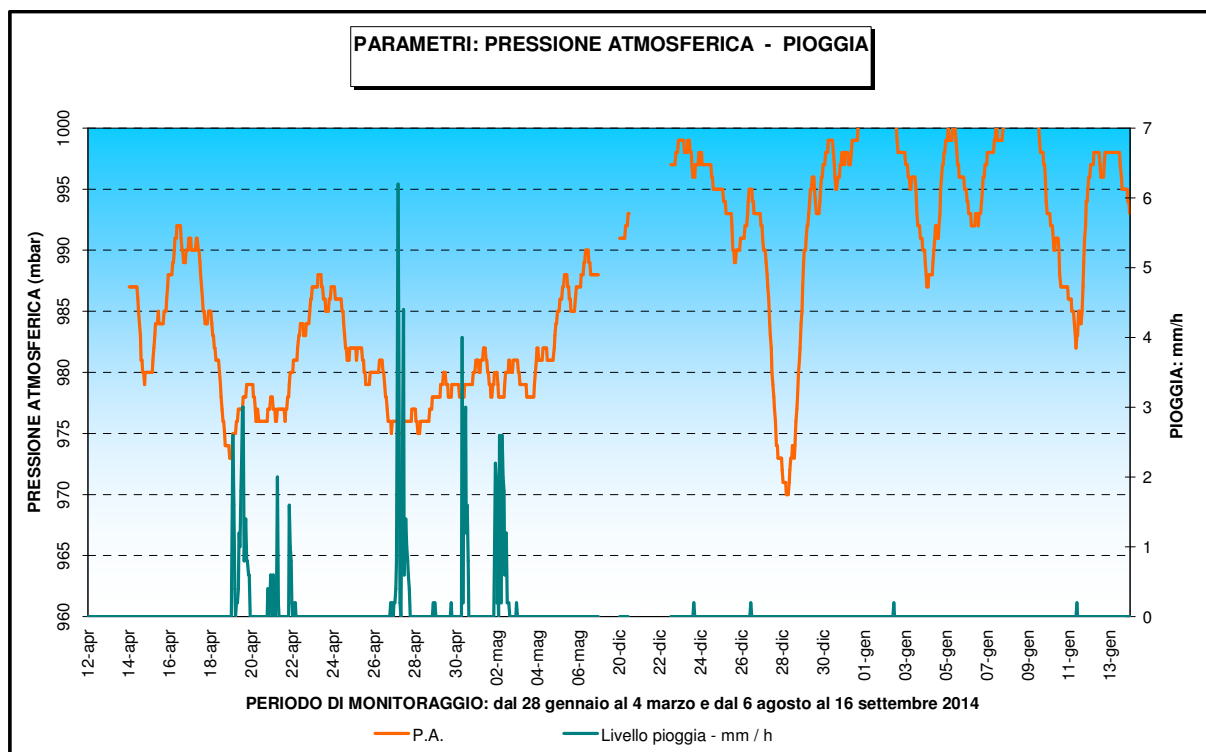
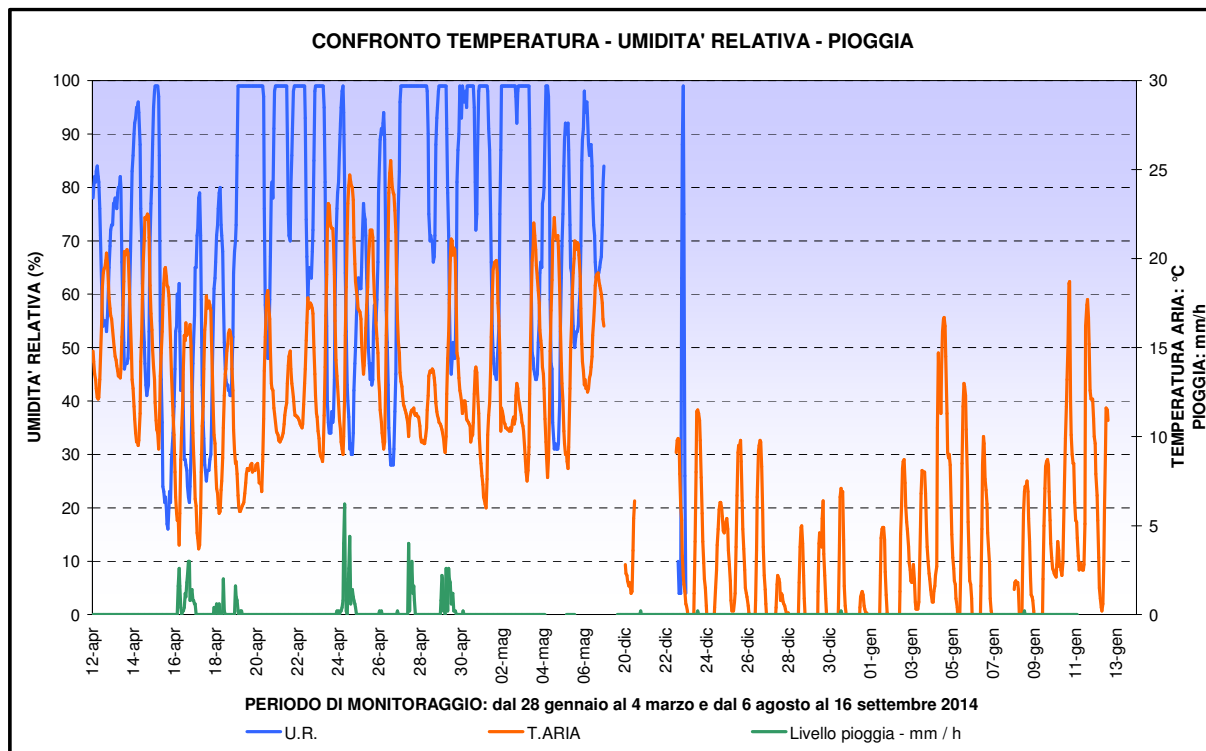


Figura 13: Umidità Relativa e Temperatura



Elaborazione statistiche e grafiche relative al monitoraggio nel comune di Venaria Reale

Nelle pagine seguenti vengono riportate le elaborazioni statistiche dei dati e i superamenti dei limiti di legge di inquinamento dell'aria registrati dagli analizzatori nel periodo di campionamento. Si riportano di seguito le formule chimiche degli inquinanti, utilizzate come abbreviazioni:

SO ₂	BIOSSIDO DI ZOLFO
NO ₂	BIOSSIDO DI AZOTO
NO	MONOSSIDO DI AZOTO
O ₃	OZONO
CO	MONOSSIDO DI CARBONIO
C ₆ H ₆	BENZENE
C ₆ H ₅ CH ₃	TOLUENE
PM ₁₀	PARTICOLATO SOSPESO PM ₁₀
PM _{2.5}	PARTICOLATO SOSPESO PM _{2.5}

Copia di tutti i dati acquisiti è conservata su supporto informatico presso il Dipartimento di Torino (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, previa registrazione dell'utente, per elaborazioni successive e/o per eventuali richieste di trasmissione da parte degli Enti interessati.

Andamento orario e giornaliero - Confronto con i limiti di legge

Per ogni inquinante è stata effettuata una elaborazione grafica che permette di visualizzare, in un diagramma concentrazione-tempo, l'andamento registrato durante il periodo di monitoraggio. La scala adottata per l'asse delle ordinate permette di evidenziare, laddove esistenti, i superamenti dei limiti.

Nel caso in cui i valori assunti dai parametri risultino nettamente inferiori ai limiti di legge, l'espansione dell'asse delle ordinate rende meno chiaro l'andamento orario delle concentrazioni. L'elaborazione oraria dettagliata è comunque disponibile presso lo scrivente servizio e può essere inviata su richiesta specifica.

Giorno medio

Per una corretta valutazione dell'andamento degli inquinanti durante le diverse ore del giorno è stato calcolato il giorno medio: questo si ottiene determinando, per ognuna delle 24 ore che costituiscono la giornata, la media aritmetica dei valori medi orari registrati nel periodo in esame. Ad esempio il valore dell'ora 1:00 è calcolato mediando i valori di concentrazione rilevati alle ore 1:00 di ciascun giorno del periodo di monitoraggio. In grafico vengono quindi rappresentati gli andamenti medi giornalieri delle concentrazioni per ognuno degli inquinanti.

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

Biossido di zolfo

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

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

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

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

La non problematicità di questo inquinante è confermata dai dati ottenuti durante la campagna di monitoraggio di Venaria; infatti i valori sia giornalieri sia orari sono ampiamente al di sotto dei limiti (**Tabella 6** e **Figura 14**). Il massimo valore giornaliero è pari a 15 µg/m³ in inverno e a 5 µg/m³ in primavera (calcolato come media giornaliera sulle 24 ore), di molto inferiore al limite per la protezione della salute di 125 µg/m³. La massima media oraria è pari a 26 µg/m³ in inverno e a 6 µg/m³ in primavera, rispettando ampiamente il livello orario per la protezione della salute fissato dal D.Lgs. 155/2010 in 350 µg/m³.

Dalla **Figura 16** notiamo che i valori medi del giorno medio per l'SO₂ del sito di Venaria sono simili ai valori delle altre centraline messe a confronto.

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

Tabella 6: Dati relativi al biossido di zolfo (SO_2) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Primavera	Inverno
Minima media giornaliera	3	4
Massima media giornaliera	5	15
Media delle medie giornaliere	4	10
Giorni validi	13	22
Percentuale giorni validi	52%	88%
Media dei valori orari	4	10
Massima media oraria	6	26
Ore valide	332	535
Percentuale ore valide	55%	89%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (350)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (350)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (125)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (500)</u>	0	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (500)</u>	0	0

Figura 14: SO_2 - confronto con il livello di protezione della salute (media giornaliera)

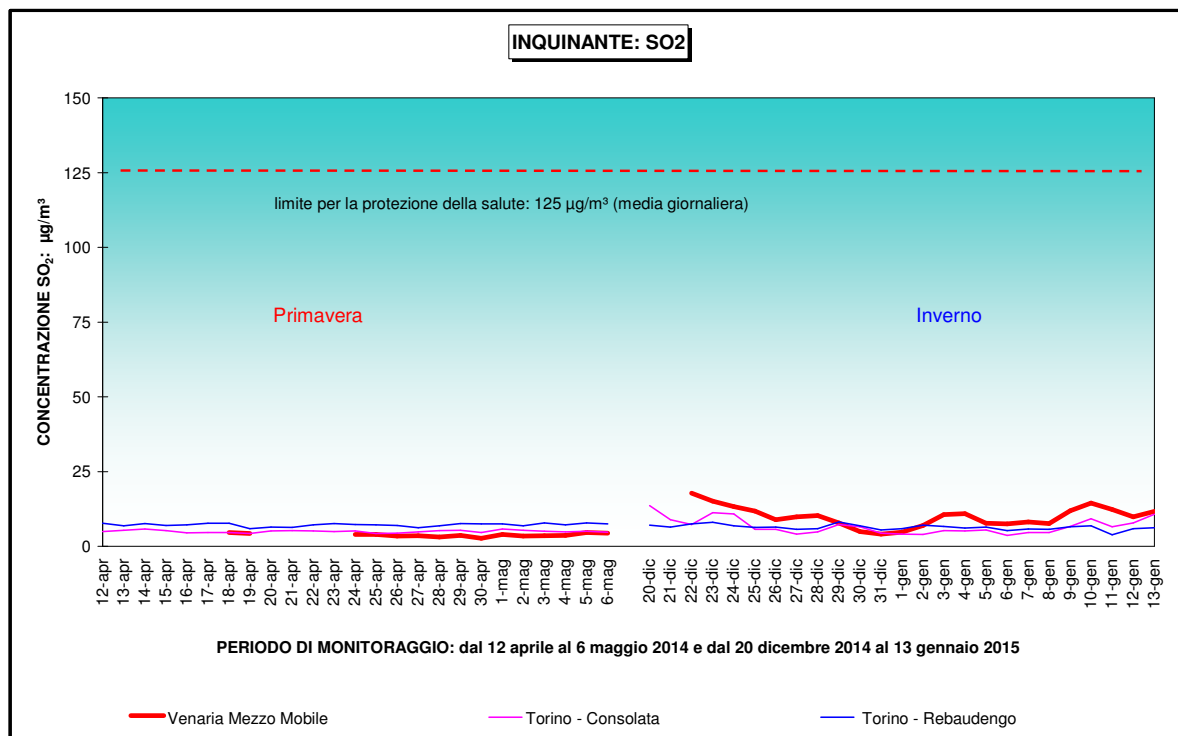


Figura 15: SO_2 - medie orarie confronto con alcune stazioni della rete fissa

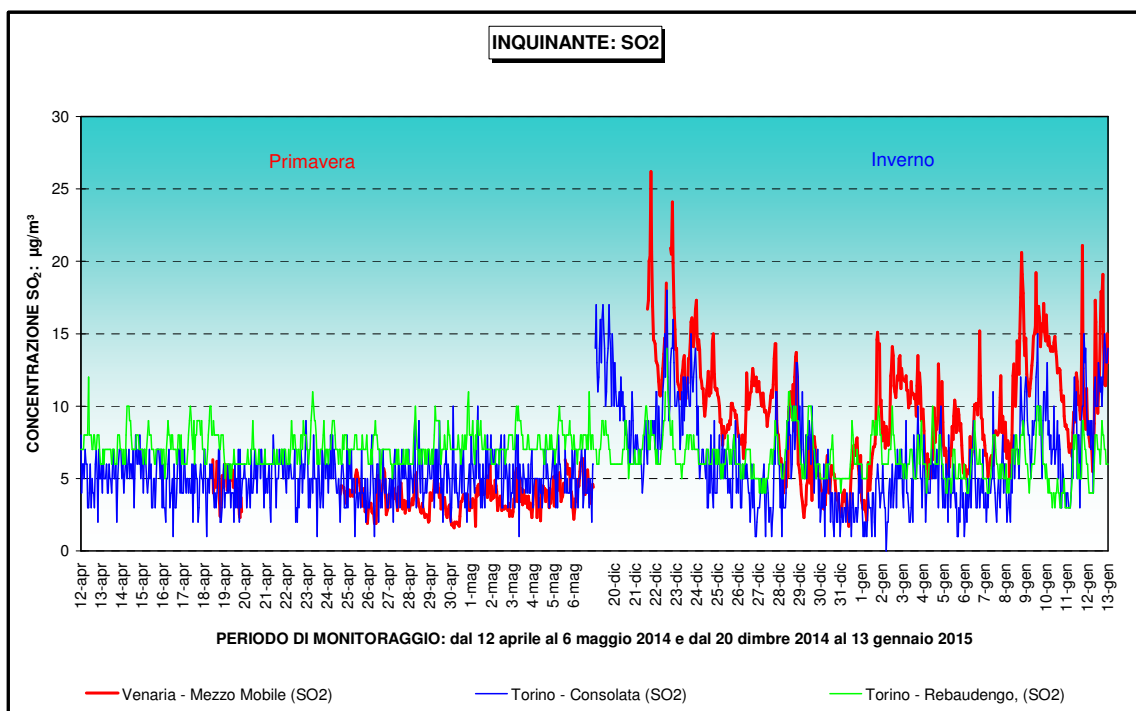
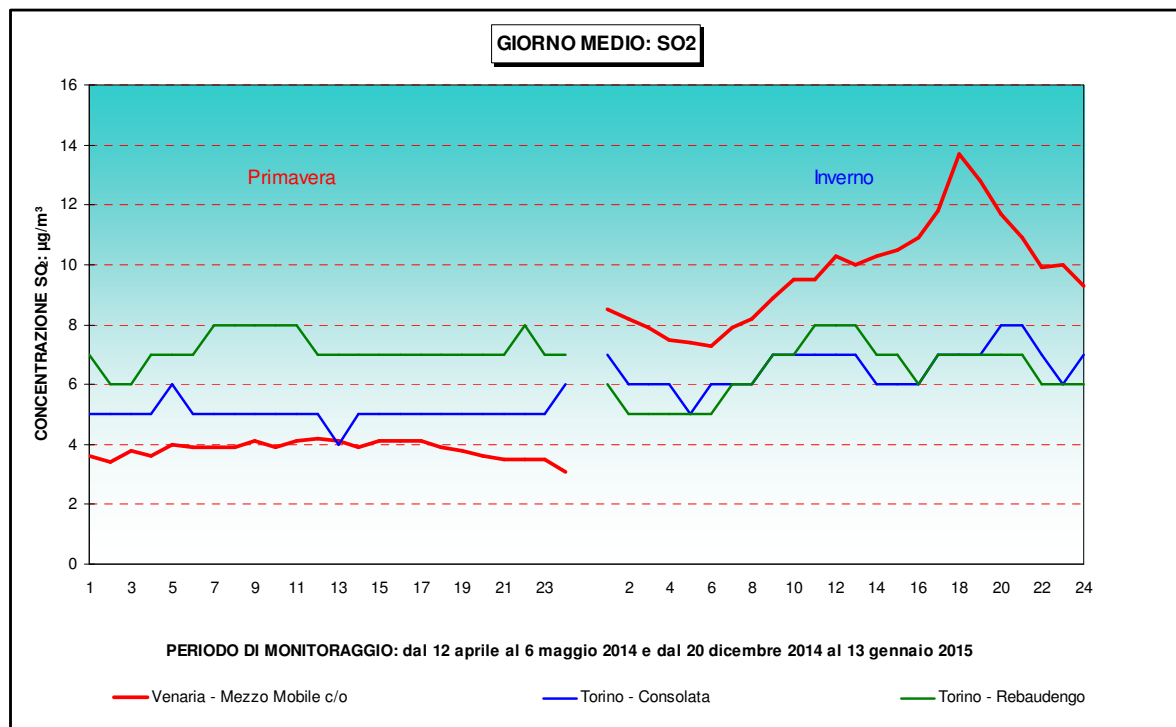


Figura 16: SO_2 - giorno medio confronto con alcune stazioni della rete fissa



Ossidi di Azoto

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

Monossido d'azoto

Il monossido di azoto, in relazione alla sua bassa tossicità, non è preso in considerazione dalla normativa in termini di valori di riferimento per la protezione della salute, ma viene comunque misurato in quanto partecipa ai fenomeni di inquinamento fotochimico e si trasforma in biossido di azoto in presenza di ossigeno e ozono.

I livelli di NO nel corso della campagna primaverile nel comune di Venaria (**Tabella 7**) sono risultati generalmente inferiori a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ad eccezione delle giornate del 23 e 29 aprile e del 3 maggio in cui sono stati superati i $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$; nei giorni 16 e 17 aprile sono stati superati come media oraria i $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre il giorno che ha registrato il dato più alto di media oraria è stato il 28 aprile con $106 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La media dei valori orari risulta pari a $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nel periodo invernale il massimo valore orario, pari a $395 \mu\text{g}/\text{m}^3$, si è registrato il 23 dicembre; la massima media giornaliera è stata di $134 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre il valore medio della campagna è stato di $69 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La **Figura 17** evidenzia per le due campagne messe a confronto, come sia l'andamento, sia i livelli di fondo di monossido di azoto presso il sito di monitoraggio nel comune di Venaria, sono in generale confrontabili con quelli della stazione di monitoraggio fissa ubicata a Settimo T.se, classificata di traffico urbano. L'andamento orario presenta una notevole escursione tra i valori massimi e minimi orari. I massimi orari sono dello stesso ordine di grandezza dei massimi di Torino Rebaudengo, mentre i valori minimi si sovrappongono ai livelli della stazione di Druento (ubicata all'interno del Parco regionale della Mandria), classificata di fondo rurale. La situazione che presenta maggiore analogia di valori massimi e minimi risulta quella della stazione di Settimo T.se. Le considerazioni di cui sopra sono valide in riferimento alle massime escursioni di concentrazione rilevate nel periodo.

Osservando i grafici del giorno medio della **Figura 19**, nel periodo primaverile il confronto con le altre stazioni prese a riferimento evidenzia una sostanziale sovrapposizione con quella di Settimo, valori superiori a Druento ed inferiori a Torino Rebaudengo, quest'ultima storicamente tra i siti con valori più alti della provincia; il periodo invernale mostra dei valori sempre più alti della stazione di fondo rurale, ma inferiori di quella di Settimo. Questa tendenza viene confermata nella **Figura 18**, nella quale vengono messe a confronto le medie del periodo delle campagne di monitoraggio primaverili ed invernale e le medie di tutto il 2014. Per la media annuale del mezzo mobile si tratta di un dato stimato ottenuto dal confronto tra le medie dei periodi di osservazione e le medie annuali delle stazioni fisse. In questo grafico risulta evidente che le medie del periodo siano confrontabili con quelle di Carmagnola e Beinasco, che presentano situazioni di traffico molto simili a quella del sito oggetto della presente relazione; le medie sono decisamente più basse rispetto a Settimo e Torino Rebaudengo.

L'andamento del giorno medio mostra il tipico aspetto con due massimi giornalieri, con i valori più elevati nelle ore in cui è maggiore il traffico autoveicolare (dalle 7 alle 10 al mattino e dalle 18 alle 20 nel pomeriggio). Dai dati del giorno medio di traffico veicolare del periodo invernale confrontati con i dati del giorno medio sia di NO che di NO₂ sempre del periodo estivo risulta evidente la correlazione tra le concentrazioni ossidi di azoto e i flussi di traffico veicolare vedi **Figura 8**.

La differenza di concentrazione tra la campagna invernale e quella estiva per tutte le stazioni di misura è molto evidente nel grafico del giorno medio. Per facilitare la lettura del doppio grafico si è deciso di mantenere invariata la scala delle unità di misura nei due periodi di campionamento, così i massimi del giorno medio primaverile risultano un po' meno evidenti rispetto al periodo invernale, ma sono comunque presenti soprattutto nelle ore del mattino, quando il traffico è maggiore. Questo si nota soprattutto presso la stazione di Torino-Rebaudengo, classificata di traffico, dove, in assenza di altri processi combustivi in atto, la fonte principale di NO è proprio il traffico veicolare.

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

	Inverno	Primavera
Minima media giornaliera	28	6
Massima media giornaliera	134	20
Media delle medie giornaliere	67	11
Giorni validi	22	25
Percentuale giorni validi	88%	100%
Media dei valori orari	69	11
Massima media oraria	395	106
Ore valide	547	598
Percentuale ore valide	91%	100%

Figura 17: NO - medie orarie confronto con alcune stazioni della rete fissa

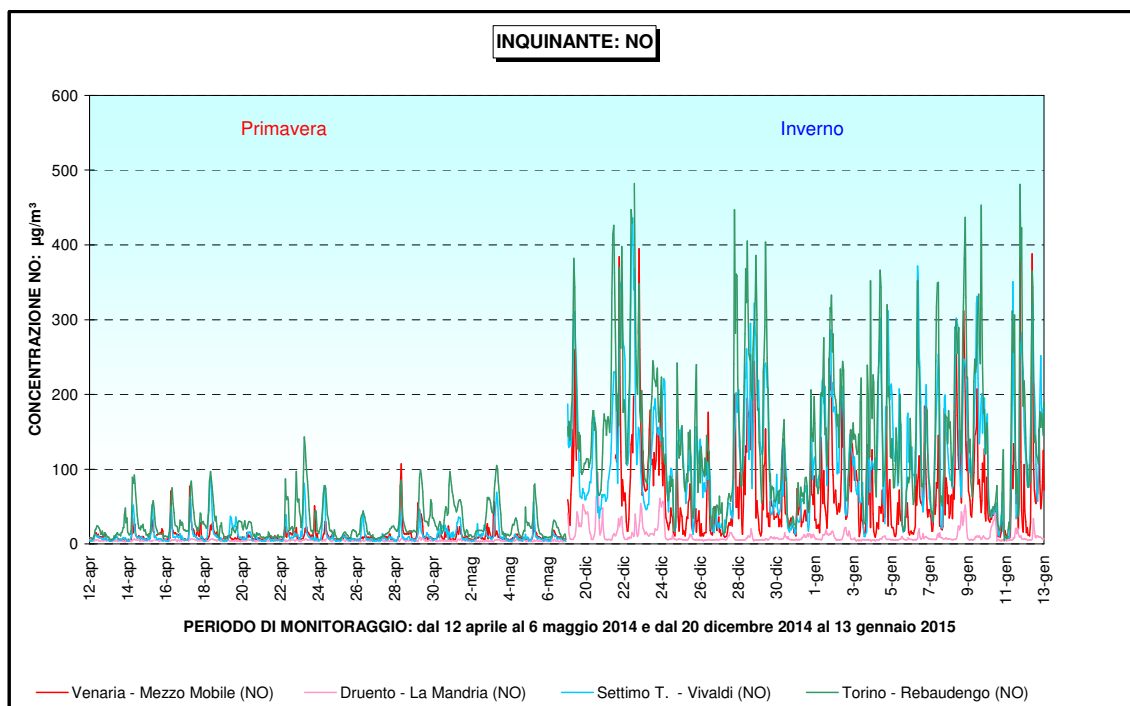


Figura 18: NO - confronto medie campagna invernale ed estiva con medie annuali 2014 nella provincia di Torino

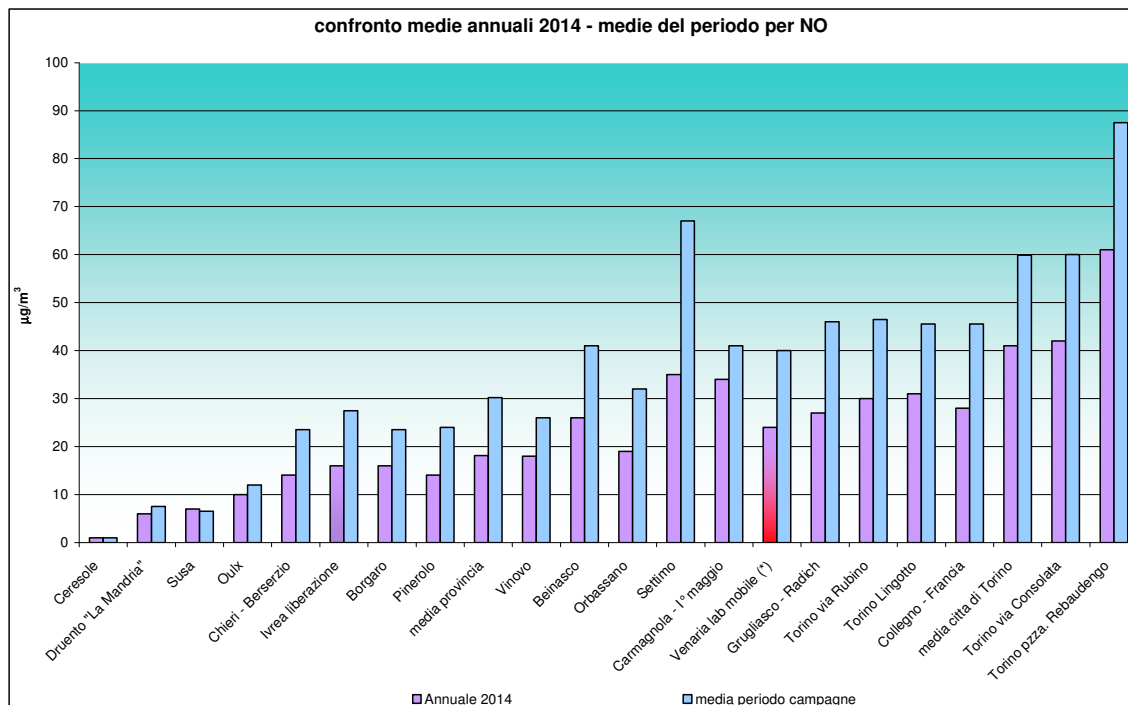
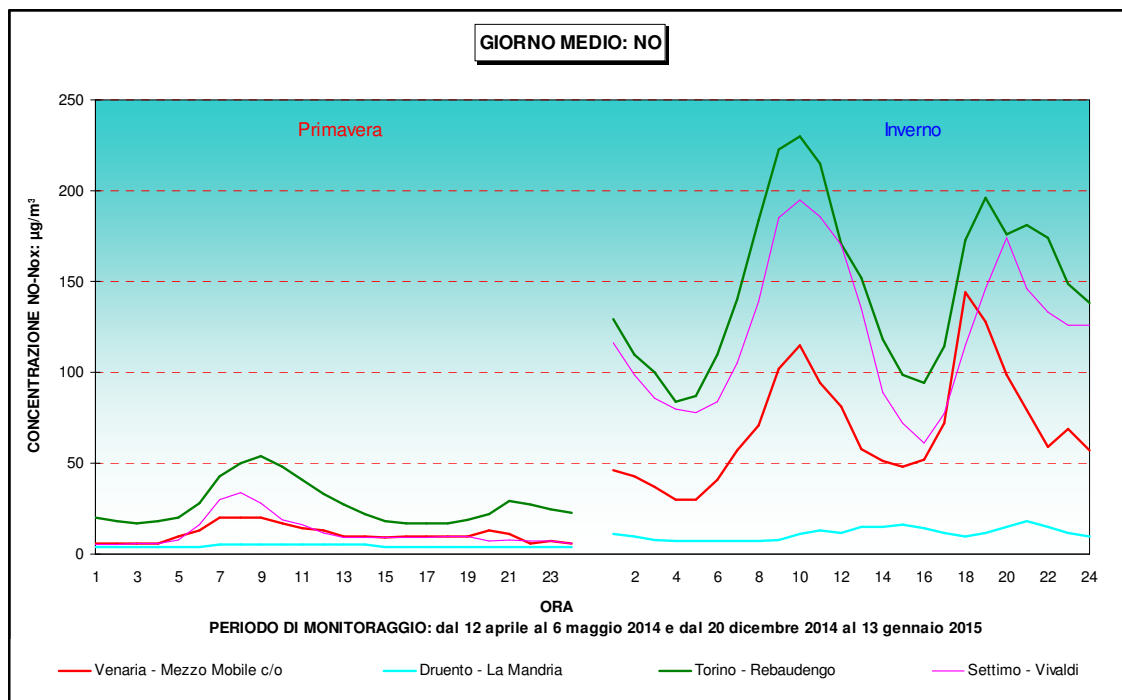


Figura 19: NO - giorno medio confronto con alcune stazioni della rete fissa



Biossido d'azoto

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

La formazione di NO_2 è piuttosto complessa. Infatti, oltre ad essere originato direttamente dal traffico veicolare soprattutto quando si raggiungono elevate velocità e la combustione nei motori è più completa, tale inquinante ha un'importante origine secondaria, essendo originato anche attraverso complesse reazioni fotochimiche che hanno luogo in aria ambiente.

Il contributo dell'inquinamento veicolare alle emissioni di ossidi di azoto è diverso a seconda del tipo di veicolo. A titolo di esempio, da una stima dell'Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici (*“Le emissioni atmosferiche da trasporto stradale in Italia dal 1990 al 2000”*, APAT 2003) risulta che nell'anno 2000 il fattore di emissione medio di NO_x (vale a dire la somma di monossido e biossido di azoto) su percorso urbano stimato per le autovetture ammontava a 1,070 g/veic*km, per i veicoli commerciali leggeri è 2,338 g/veic*km, mentre per i veicoli commerciali pesanti (>3,5 t) e i bus il fattore di emissione è pari a 12,014 g/veic*km.

Per quello che riguarda NO_2 (**Tabella 8**), durante la campagna di monitoraggio nel sito di Venaria non si sono registrati superamenti del limite orario di 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, né tantomeno del livello di allarme di 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, essendo la massima media oraria misurata nel sito di monitoraggio di 128 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in inverno e 140 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in primavera.

Le **Figure 20 e 21** permettono di confrontare i dati della campagna condotta con il mezzo mobile con quelli provenienti da alcune stazioni della rete fissa di monitoraggio: nel periodo primaverile risulta che le medie orarie e gli andamenti del giorno medio di Venaria R. sono molto simili a quelli di Settimo Tse., sito di traffico urbano, più alte di Druento (stazione di fondo rurale) e più basse di Torino-Rebaudengo (stazione di traffico urbano); nella campagna invernale i grafici mostrano un allineamento meno marcato con la stazione di Settimo, risultandone inferiore, e riconfermano le relazioni emerse con i siti di Druento e Torino-Rebaudengo. In particolare, il confronto del giorno medio del periodo invernale mostra che i valori di Venaria rimangono inferiori a quelli di Settimo, ad eccezione delle ore serali, con il picco delle 18.00 che supera il dato di Settimo per poi scendere nuovamente al di sotto dei valori questa stazione presa a riferimento.

Anche in questo caso la correlazione di questi andamenti con i flussi veicolari è verificata nella seconda campagna (vedi il capitolo sul traffico veicolare).

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

Applicando tale procedimento, la media annuale stimata è pari a 36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, valore inferiore al limite.

Data la pericolosità di questo inquinante, anche in qualità di precursore di altri inquinanti come l'ozono, si sottolinea che le politiche atte al controllo e alla limitazione delle concentrazioni di NO_2 nell'aria sono di primaria importanza su tutto il territorio provinciale.

Nota

Si sono calcolate le medie di NO₂, per il periodo della campagna, di tutte le stazioni della provincia con l'esclusione di quella di Ceresole quest'ultima tipica di una situazione non interessata da traffico; dal rapporto con la media dell'anno 2014 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne a Venaria permette di ricavare la stima annuale:

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

dove

m_c : media periodo campagne NO₂ Venaria

M_c : media anno stimata NO₂ Venaria

m_p : media periodo campagne NO₂ Provincia di Torino

M_p : media anno 2014 NO₂ Provincia di Torino

Tabella 8: NO₂, NO - confronto medie del periodo di monitoraggio con medie annuali 2014 nella provincia di Torino

	12/04/14 - 6/05/14		20/12/14 - 13/01/15		media periodo campagne		Annuale 2014	
	NO (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NO (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NO (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NO (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)
Ceresole	1	4	1	5	1	5	1	4
Druento "La Mandria"	4	8	11	25	8	17	6	15
Susa	4	17	9	27	7	22	7	20
Oulx	6	15	18	30	12	23	10	21
Chieri - Berserzio	4	13	43	44	24	29	14	23
Ivrea liberazione	7	14	48	45	28	30	16	24
Borgaro	6	14	41	40	24	27	16	26
Pinerolo	10	23	38	47	24	35	14	28
media provincia	7	22	53	44	30	33	18	28
Vinovo	6	20	46	42	26	31	18	29
Beinasco	6	22	76	47	41	35	26	31
Orbassano	5	26	59	55	32	41	19	32
Settimo	12	30	122	63	67	47	35	35
Carmagnola - I° maggio	14	35	68	46	41	41	34	35
Venaria lab mobile (*)	11	35	69	51	40	43	24	36
Grugliasco - Radich	8	29	84	63	46	46	27	37
Torino via Rubino	10	29	83	56	47	43	30	39
Torino Lingotto	11	31	80	56	46	44	31	41
Collegno - Francia	9	44	82	46	46	45	28	47
media città di Torino	16	45	104	67	60	56	41	52
Torino via Consolata	15	48	105	62	60	55	42	58
Torino pzza. Rebaudengo	27	70	148	95	88	83	61	70

(*)= media annuale (NO₂) stimata

Tabella 9: Dati relativi al biossido di azoto (NO_2) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - sito c/o parcheggio cimitero Altessano

	Inverno	Primavera
Minima media giornaliera	33	23
Massima media giornaliera	67	53
Media delle medie giornaliere	50	35
Giorni validi	21	25
Percentuale giorni validi	84%	100%
Media dei valori orari	51	35
Massima media oraria	128	140
Ore valide	522	598
Percentuale ore valide	87%	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

Figura 20: NO_2 confronto con i limiti di legge e con i dati delle stazioni fisse di Torino Rebaudengo, Settimo T.se e Druento "La Mandria"

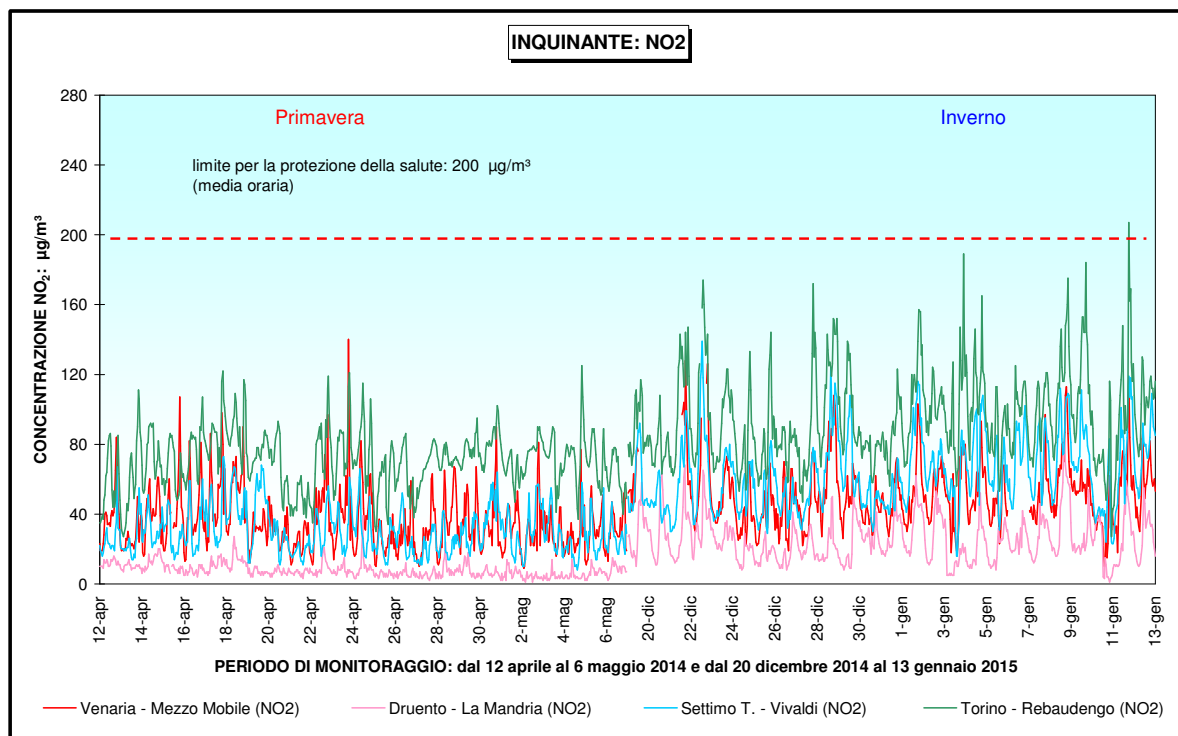


Figura21: NO₂ - andamento del giorno medio

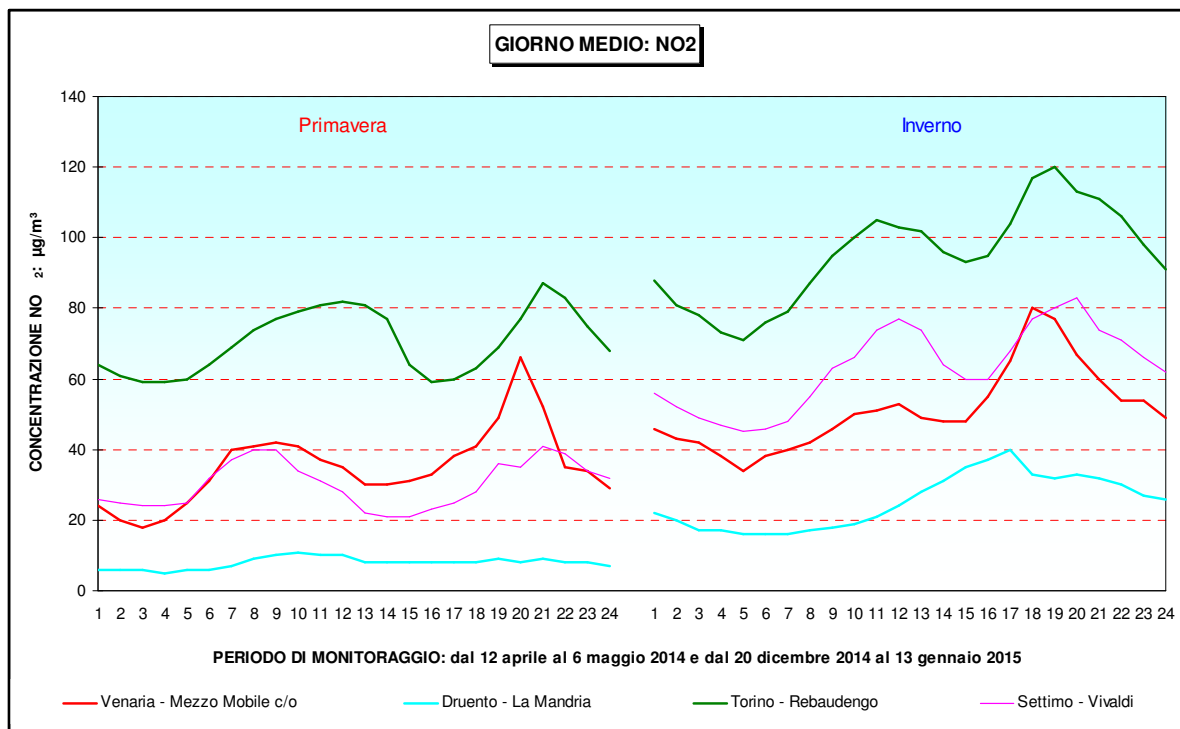
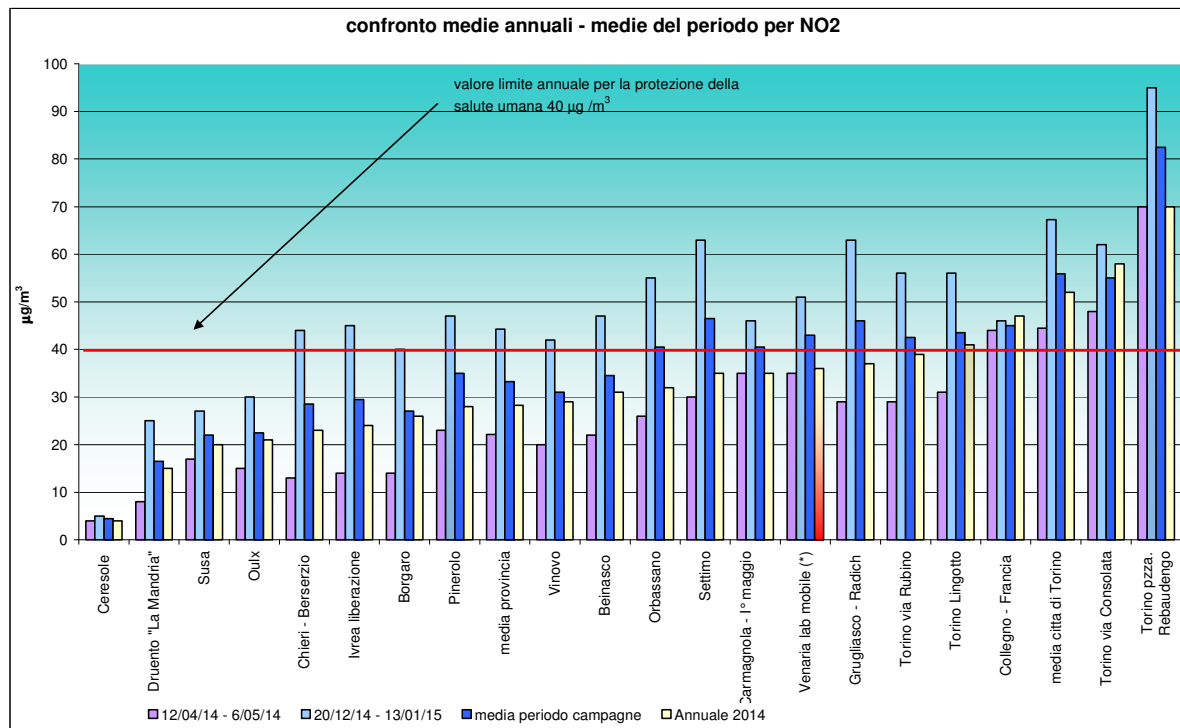


Figura 22: NO₂ - confronto medie annuali e medie del periodo nella provincia di Torino, la media annuale per il sito di Venaria è stata stimata



Monossido di Carbonio

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

Il monossido di carbonio è caratterizzato da un'elevata affinità con l'emoglobina presente nel sangue (circa 220 volte maggiore rispetto all'ossigeno), pertanto la presenza di questo gas comporta un peggioramento del normale trasporto di ossigeno nei diversi distretti corporei. Gli organi più colpiti sono il sistema nervoso centrale e il sistema cardiovascolare. Nei casi peggiori con concentrazioni elevatissime di CO si può arrivare anche alla morte per asfissia. La carbossiemoglobina, che si può formare in seguito ad inalazione del CO alle concentrazioni abitualmente rilevabili nell'atmosfera delle nostre città, non ha effetti sulla salute di carattere irreversibile e acuto, pur essendo per sua natura, un composto estremamente stabile.

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

I dati misurati durante la campagna di Venaria R. (**Tabella 10**) confermano tale andamento osservato su scala regionale. La normativa prevede un limite di $10 \text{ mg}/\text{m}^3$, calcolato come media su otto ore consecutive, il quale è ampiamente rispettato visto che il valore massimo su otto ore è pari a $2 \text{ mg}/\text{m}^3$ in inverno mentre in primavera il valore massimo su otto ore è di $0,7 \text{ mg}/\text{m}^3$ (**Figura 23**) e tale limite non è raggiunto neppure su base oraria (il massimo valore orario è pari a $2,3 \text{ mg}/\text{m}^3$ in inverno e di $0,7 \text{ mg}/\text{m}^3$ in primavera).

La **Figura 24** mostra l'andamento medio delle concentrazioni del CO nel corso della giornata nei due periodi di campionamento. Il confronto con i dati di alcune stazioni della rete provinciale indica che il sito di Venaria R. c/o il parcheggio del cimitero Altessano presenta in inverno valori inferiori alle stazioni di Torino Consolata e Settimo, ma molto simili alla centralina di Oulx; la stessa situazione si ripresenta in primavera rispetto alle stazioni di Consolata e Settimo, ma non rispetto a quella di Oulx che mostra valori inferiori.

Si può concludere che questo parametro non mostra alcuna criticità, poiché le azioni a livello nazionale per il miglioramento dei motori degli autoveicoli, l'introduzione delle marmitte catalitiche e l'utilizzo del metano per gli impianti di riscaldamento hanno dato i risultati attesi e le concentrazioni di CO 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 10: Dati relativi al monossido di carbonio (CO) (mg/m^3)

	Inverno	Primavera
Minima media giornaliera	0.7	0.4
Massima media giornaliera	1.3	0.7
Media delle medie giornaliere	0.9	0.5
Giorni validi	22	21
Percentuale giorni validi	88%	84%
Media dei valori orari	1.0	0.5
Massima media oraria	2.3	0.7
Ore valide	548	526
Percentuale ore valide	91%	88%
Minimo delle medie 8 ore	0.6	0.4
Media delle medie 8 ore	1.0	0.5
Massimo delle medie 8 ore	2.0	0.7
Percentuale medie 8 ore valide	90%	87%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore(10)</u>	0	0
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 10)</u>	0	0

Figura 23: CO - confronto con il limite di legge (media trascinata sulle 8 ore)

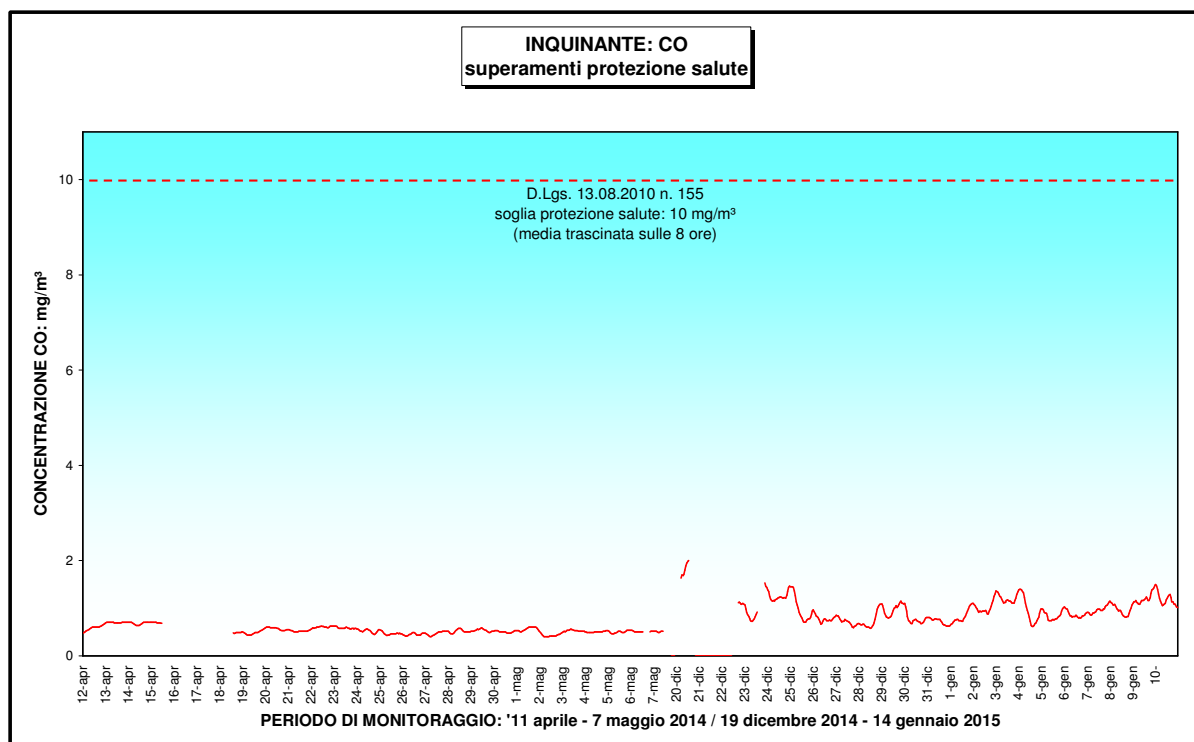


Figura 24: CO - andamento medie orarie

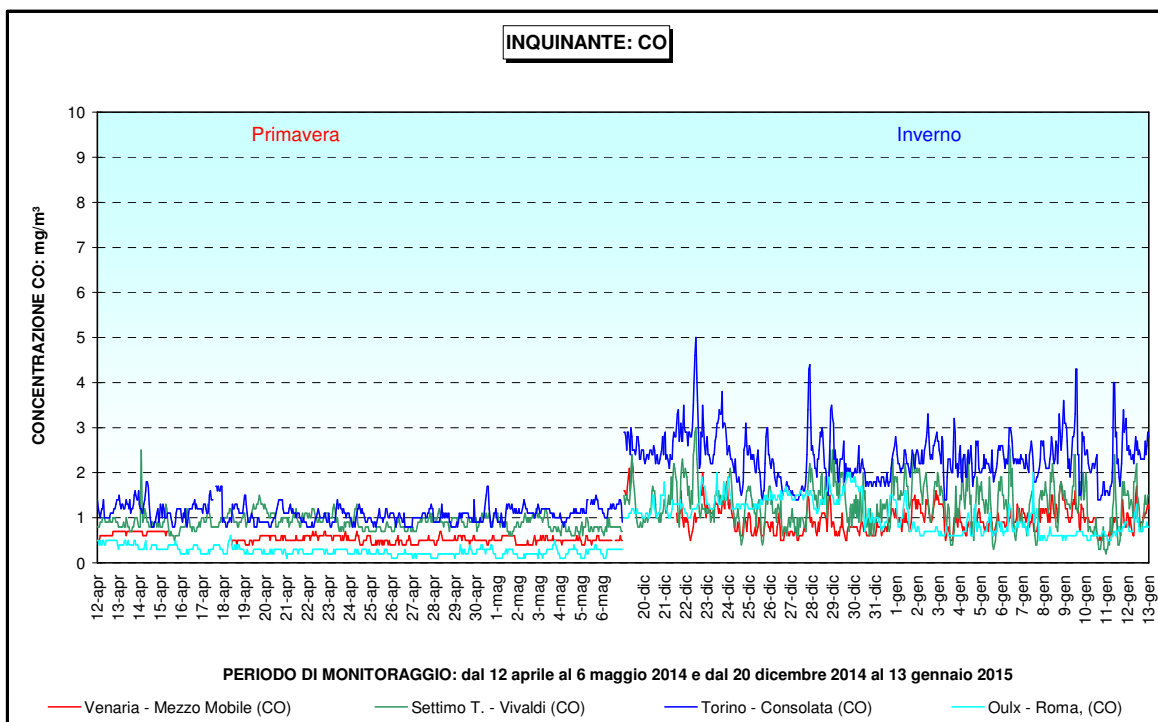
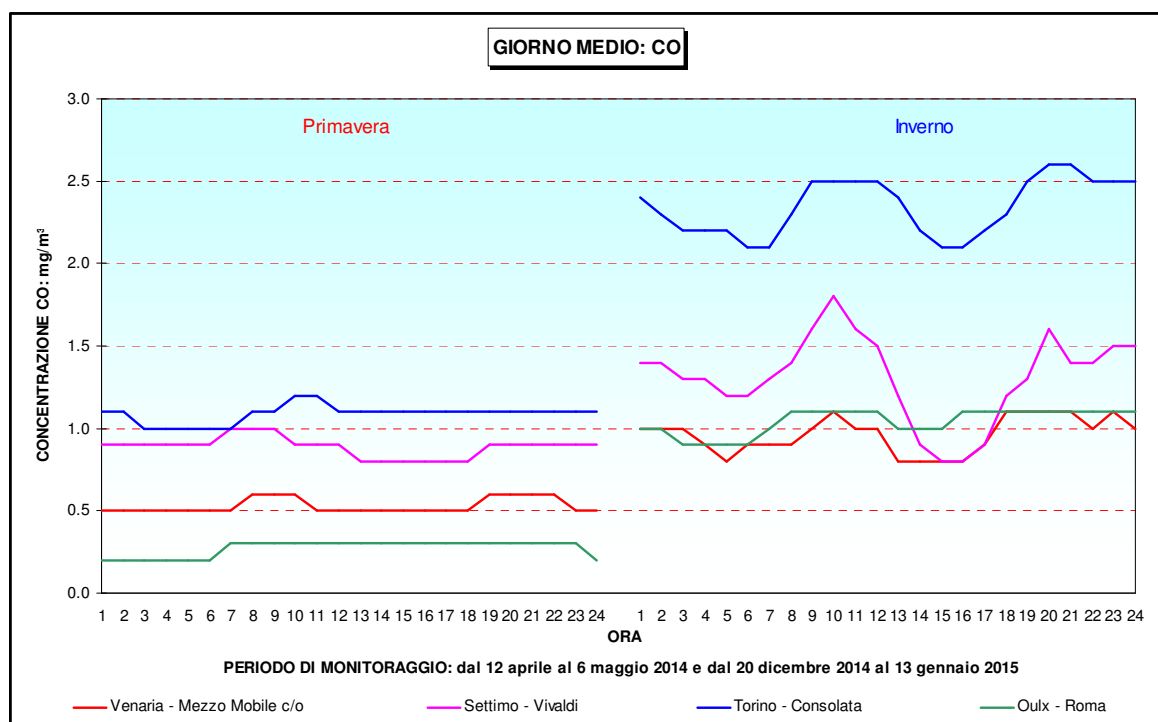


Figura 25: CO - andamento del giorno medio



Benzene e Toluene

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

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

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

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

Il benzene è una sostanza classificata:

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

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

Per quanto riguarda il toluene la normativa italiana non prevede alcun limite, ma le linee guida del 2000 dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) consigliano un valore guida di $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media settimanale.

Gli effetti del toluene sono stati studiati soprattutto in relazione all'esposizione lavorativa e sono stati dimostrati casi di disfunzioni del sistema nervoso centrale, ritardi nello sviluppo e anomalie congenite, oltre a sbilanci ormonali in donne e uomini.

Durante la campagna di monitoraggio nel Comune di Venaria è stata determinata per il benzene una concentrazione media pari a $3.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in inverno e $0.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in primavera con una media per i due periodi di $2.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come riportato in **Tabella 11**: dalla **Figura 26** e dalla **Figura 27** osserviamo che le concentrazioni orarie del benzene nel sito monitorato con il laboratorio mobile in inverno hanno un andamento simile a Torino Consolata, inferiore a Torino Rebaudengo e superiore a Borgaro; in primavera gli andamenti si mostrano più simili a quelli di Borgaro e inferiori sia a Torino Consolata che a Torino Rebaudengo.

L'andamento del giorno medio è simile a quello del monossido di carbonio avendo i due inquinanti la stessa sorgente. Trattandosi di un inquinante di origine prevalentemente autoveicolare, tale fenomeno è con tutta evidenza legato alle situazioni locali di traffico e alle caratteristiche del sito di monitoraggio (traffico urbano).

La normativa vigente (D.Lgs. 155/2010) prevede per il benzene un valore limite annuale di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ poiché la durata della campagna non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo, non è possibile un confronto diretto con le misure effettuate. Si può però considerare un valore stimato di media annuale ricavato dal rapporto fra la media delle medie giornaliere dei due periodi pari a $2.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e un fattore ricavato come descritto nella nota.

Applicando tale procedimento, la media annuale stimata è pari a $1.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, (vedi **Figura 28**) valore inferiore al limite.

Per il toluene la massima media giornaliera è risultata essere di $5.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in inverno e $3,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in estate (**Tabella 12**), ben al di sotto del valore guida consigliato dall'OMS.

Nota

Si sono calcolate le medie delle concentrazioni del benzene per i due periodi della campagna (invernale e estivo), di tutte le stazioni della provincia in cui viene monitorato tale parametro; dal rapporto con la media dell'anno 2014 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio della campagna a Venaria permette di ricavare la stima annuale:

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

dove

m_c : media periodo campagne benzene Venaria

M_c : media anno stimata benzene Venaria

m_p : media periodo campagne benzene Provincia di Torino

M_p : media anno 2014 benzene Provincia di Torino

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

	Inverno	Primavera
Minima media giornaliera	2.5	0.4
Massima media giornaliera	6.8	1.4
Media delle medie giornaliere	3.8	0.7
Giorni validi	22	24
Percentuale giorni validi	88%	96%
Media dei valori orari	3.9	0.7
Massima media oraria	12.1	3.9
Ore valide	532	571
Percentuale ore valide	89%	95%

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

	Inverno	Primavera
Minima media giornaliera	2.7	0.9
Massima media giornaliera	11.9	6.0
Media delle medie giornaliere	4.9	2.1
Giorni validi	22	25
Percentuale giorni validi	88%	100%
Media dei valori orari	5.2	2.1
Massima media oraria	28.5	19.6
Ore valide	532	595
Percentuale ore valide	89%	99%

Figura 26: Benzene - andamento orario e confronto con i dati delle stazioni di Borgaro e Torino Consolata

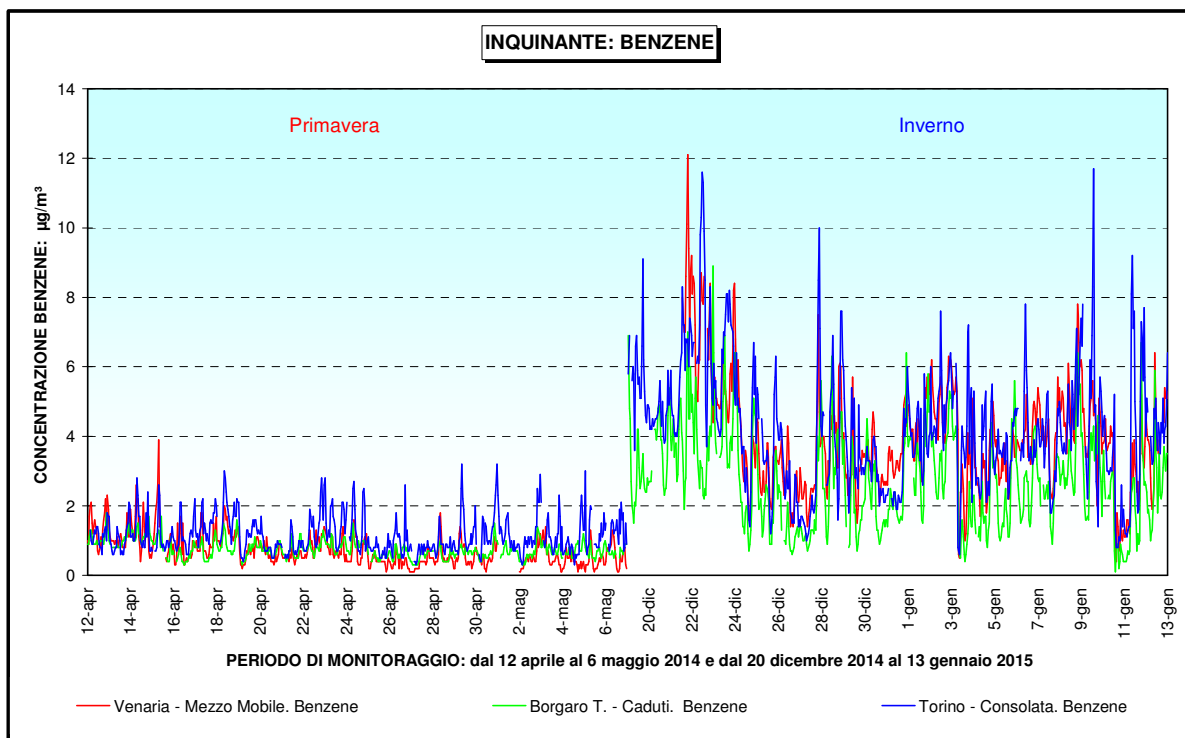


Figura 27: Benzene - giorno medio e confronto con i dati delle stazioni di Borgaro , Torino Consolata e Torino Rebaudengo

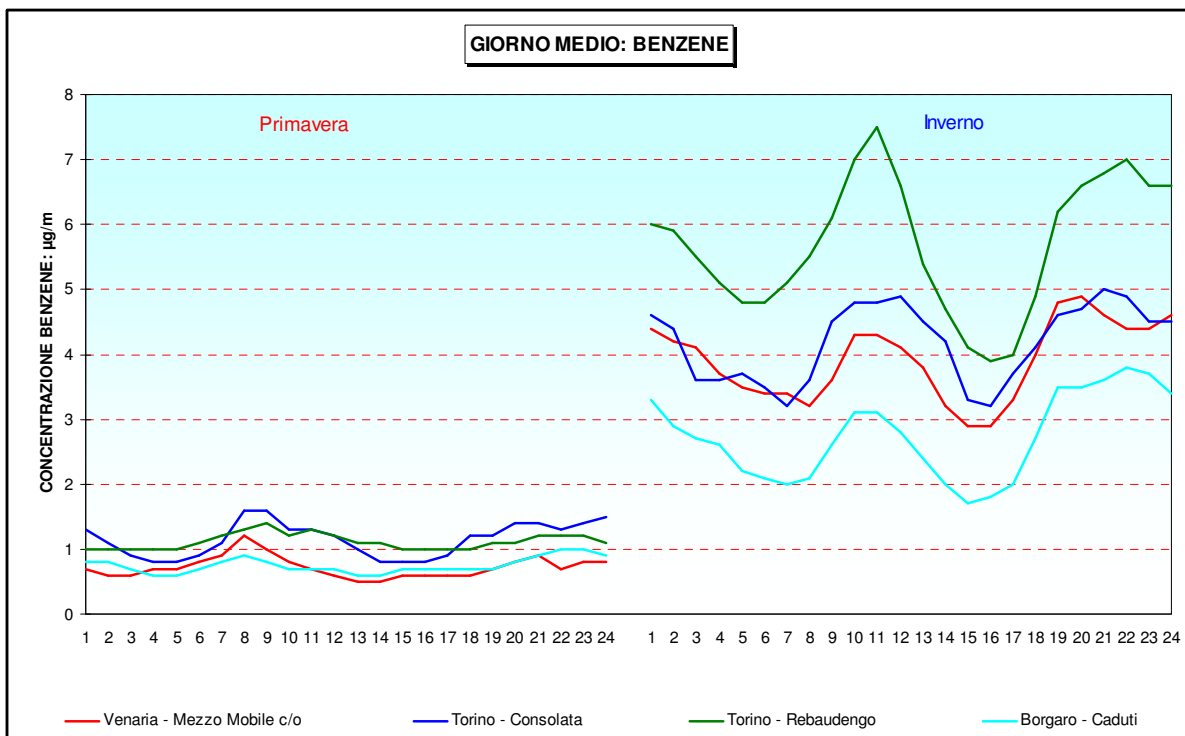
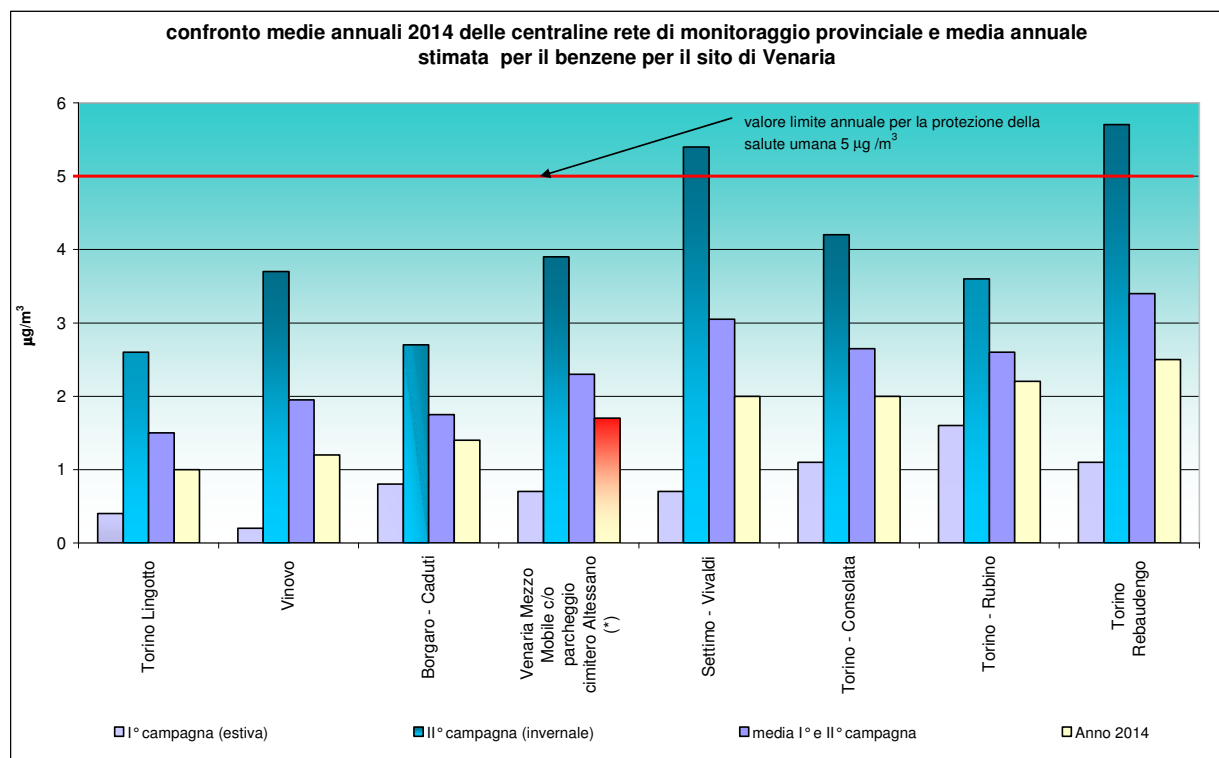


Figura 28: Benzene confronto media annuali 2014 e media del periodo



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

Il particolato sospeso è costituito dall'insieme di tutto il materiale non gassoso in sospensione nell'aria. La natura delle particelle aerodisperse è molto varia: ne fanno parte le polveri sospese, il materiale organico disperso dai vegetali, il materiale inorganico prodotto da agenti naturali, ecc... Nelle aree urbane il materiale può avere origine da lavorazioni industriali, dall'usura dell'asfalto, dei pneumatici, dei freni e dalle emissioni di scarico degli autoveicoli, in particolare quelli con motore diesel.

Il rischio sanitario legato a questo tipo di inquinamento dipende, oltre che dalla concentrazione, anche dalle dimensioni delle particelle stesse; infatti le particelle con dimensioni inferiori costituiscono un pericolo maggiore per la salute umana in quanto possono penetrare in profondità nell'apparato respiratorio. Diversi studi epidemiologici hanno mostrato una correlazione tra la concentrazioni di polveri nell'aria e la manifestazioni di malattie croniche alle vie respiratorie, a causa degli inquinanti che queste particelle veicolano e che possono essere rilasciate negli alveoli polmonari.

La legislazione italiana, recependo quella europea, non ha più posto limiti per il particolato sospeso totale (PTS), ma a partire dal D.M. 60/2002 ha previsto dei limiti esclusivamente per il particolato PM_{10} , cioè la frazione con diametro aerodinamico inferiore a $10\text{ }\mu\text{m}$, più pericolosa in quanto può raggiungere facilmente trachea e bronchi e mettere inoltre a contatto l'apparato respiratorio con sostanze ad elevata tossicità adsorbite sul particolato stesso.

Inoltre il D.Lgs. 155/2010 ha introdotto, come descritto nel capitolo relativo alla normativa, un valore limite e un valore obiettivo annuale anche per il $PM_{2.5}$ (particolato con diametro aerodinamico inferiore ai $2.5\text{ }\mu\text{m}$) .

PM_{10}

Durante il monitoraggio invernale eseguito nel comune di Venaria Reale vi sono stati per il particolato PM_{10} 12 superamenti del valore limite giornaliero di $50\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ su 25 giorni, pari al 48% dei giorni validi, mentre nel periodo primaverile non vi sono stati superamenti del limite nei 25 giorni validi di campionamento come indicato in **Tabella 13**, nelle **Figure 29** e **34**; dalla **Tabella 15** notiamo che, come è tipico dei mesi invernali, nel periodo considerato si sono avuti superamenti del limite giornaliero su tutte le stazioni di rilevamento della provincia a parte quelle di Susa ed Oulx, siti dove le condizioni anemologiche, caratterizzate da fenomeni come le brezze di monte e di valle presenti nelle valli alpine favoriscono quotidianamente la dispersione degli inquinanti atmosferici. Nel periodo primaverile non vi sono stati superamenti del limite giornaliero, ad eccezione delle centraline di monitoraggio Torino Grassi, Borgaro e Collegno che hanno registrato un unico superamento.

La **Figura 29** mostra come l'andamento e i livelli di PM_{10} determinati per il sito di Venaria siano simili alla stazione di fondo suburbano di Borgaro T.se; si osserva inoltre che la diminuzione dei valori medi di particolato si ha, com'è prevedibile, in corrispondenza dei giorni nei quali si sono presentate precipitazioni atmosferiche.

In **Figura 34** si osserva che, in termini percentuali, il numero di superamenti rilevati nel sito di Venaria Reale è uguale a quello di Ivrea, sito di fondo suburbano, di poco inferiore a siti di fondo urbano (Torino Lingotto e Torino Rubino) e inferiore a quello di siti da traffico (Carmagnola, Torino Consolata, Settimo T.se).

Rispetto al numero di superamenti nel corso dell'anno non è possibile effettuare stime che abbiano un'approssimazione statistica accettabile, come nel caso dei valori medi; vengono pertanto considerati per analogia le stazioni della rete fissa che, durante il periodo delle campagne, hanno registrato un numero di superamenti uguali o molto vicini. Nel caso oggetto di studio la stazione più

simile come numero di superamenti del livello giornaliero risulta Ivrea, che nel corso dell'anno ha avuto in totale 30 superamenti e pertanto non ha superato il limite di 35 stabilito dalla legge. Tuttavia la stima della media annuale del sito di Venaria ha evidenziato un valore di $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ superiore ai 23 di Ivrea e uguale a quella di Borgaro e Torino Rubino. In considerazione di questi dati e della posizione geografica si può affermare che la situazione del sito in cui è stata effettuata la campagna di monitoraggio sia più coerente con quella di Borgaro, dove nel corso del 2014 ci sono stati 44 giorni di superamento. È dunque presumibile che se si effettuasse un monitoraggio esteso all'intero anno anche nel sito di Venaria ci sarebbe stato il superamento di limite preso in esame.

Il valore medio del periodo rilevato nel sito di Venaria è pari a $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (**Tabella 15 e Figura 32**). In termini puramente numerici tale valore è inferiore al valore limite previsto dalla normativa per la protezione della salute umana ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) che però va calcolata su base annuale. Poiché la durata della campagna non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo, non è possibile un confronto diretto con le misure effettuate. Si può però considerare un valore stimato di media annuale ricavato come descritto nella nota.

Applicando tale procedimento, la media annuale stimata è pari a $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$, (vedi **Figura 32**).

Nota

Si sono calcolate le medie delle concentrazioni del PM_{10} per il periodo delle campagne, di tutte le stazioni della provincia in cui viene monitorato tale parametro ad eccezione della cabina di Ceresole in quanto stazione remota esente da apporti di particolato da traffico veicolare significativi; dal rapporto con la media dell'anno 2014 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne a Venaria permette di ricavare la stima annuale:

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

dove

m_c : media periodo campagne PM_{10} Venaria

M_c : media anno stimata PM_{10} Venaria

m_p : media periodo campagne PM_{10} Provincia di Torino

M_p : media anno 2014 PM_{10} Provincia di Torino

PM_{2.5}

Il parametro PM_{2.5} segue, come andamento temporale dei valori medi di concentrazione giornaliera, il PM₁₀ (vedi **Figura 31**); in media costituisce il 81 % e il 65% del PM₁₀, rispettivamente in inverno e in primavera.

Il valore medio del periodo invernale è stato di 43 µg/m³ ed in quello primaverile di 11 µg/m³. Dalla **Figura 30** e dalla **Figura 33** notiamo che, in termini relativi, i valori di PM_{2.5} nel sito di Venaria sono risultati mediamente comparabili a quelle delle altre stazioni provinciali in cui viene misurato questo inquinante, ad eccezione di Settimo. Tale fenomeno è dovuto al fatto che il PM_{2.5} è prevalentemente di origine secondaria: poiché i fenomeni di formazione secondaria del particolato avvengono a livello di area vasta le concentrazioni di questo inquinante presentano una maggiore omogeneità spaziale rispetto a quelle di PM₁₀.

In termini numerici la media dei due periodi di rilevamento misurata nel sito di Venaria Reale è pari a 27 µg /m³, superiore al limite annuale di 25 µg/m³ che però va calcolato su base annuale; si è quindi proceduto analogamente al PM₁₀ alla stima del valore medio annuale, che risulta essere di 22 µg/m³ (vedi **Tabella 16** e **Figura 33**) valore inferiore al limite fissato dal D.Lgs. 155/2010.

Occorre considerare che la campagna primaverile è stata caratterizzata da elevata piovosità ed è quindi presumibile che in condizioni meteorologiche medie il valore limite sia superato, come d'altra parte avviene di norma in tutto il territorio provinciale di pianura.

In termini generali per PM_{2.5} e PM₁₀, che sono due tra gli inquinanti più critici nell'intero bacino padano, sono necessari interventi strutturali a livello provinciale e regionale per la riduzione delle fonti primarie di polveri e dei precursori della componente secondaria del particolato.

Tuttavia anche interventi a livello locale in armonia con tale strategia possono dare un contributo importante per ottenere gli obiettivi indicati.

Tabella 13: Dati relativi al particolato sospeso PM_{10} ($\mu g/m^3$)

	Inverno	Primavera
Minima media giornaliera	30	5
Massima media giornaliera	93	43
Media delle medie giornaliere (b):	53	17
Giorni validi	25	25
Percentuale giorni validi	100%	100%
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)</u>	12	0

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

	Inverno	Primavera
Minima media giornaliera	20	5
Massima media giornaliera	74	26
Media delle medie giornaliere (b):	43	11
Giorni validi	25	18
Percentuale giorni validi	100%	72%

Tabella 15: PM_{10} ($\mu g/m^3$) confronto numero di superamenti limite giornaliero, concentrazioni medie del periodo e anno 2014

	periodo I° campagna (primaverile)		II° campagna (invernale)		periodo I° e II° campagna		anno 2014	
	media periodo [$\mu g/m^3$]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	media periodo [$\mu g/m^3$]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	media periodo [$\mu g/m^3$]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	media anno 2014 [$\mu g/m^3$]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)
Susa - Repubblica. PM_{10}	11	0	17	0	14	0	16	1
Oulx - Roma. PM_{10}	14	0	15	0	15	0	17	5
Druento - La Mandria. PM_{10}	12	0	29	2	21	2	19	11
Ivrea - Liberazione. PM_{10}	13	0	47	12	30	12	23	30
TO - Mezzo Mobile . PM_{10}	17	0	53	12	35	12	31	
Borgaro T. - Caduti. PM_{10}	20	1	54	12	37	13	31	44
Torino - Rubino. PM_{10}	16	0	58	13	37	13	31	58
Collegno - Francia. PM_{10}	18	1	55	13	37	14	32	61
Torino - Lingotto. PM_{10}	18	0	59	13	39	13	32	59
Settimo T. - Vivaldi. PM_{10}	17	0	74	22	46	22	34	81
Torino - Consolata. PM_{10}	19	0	65	16	42	16	35	75
Carmagnola - I Maggio. PM_{10}	20	0	52	17	36	17	36	82
Torino - Grassi. PM_{10}	26	1	61	2	44	3	43	77

(*) = media annuale stimata

Tabella 16: $PM_{2.5}$ ($\mu g/m^3$) confronto, concentrazioni medie del periodo e anno 2014

	periodo I° campagna (primaverile)	II° campagna (invernale)	media campagne	anno 2014
	media periodo [$\mu g/m^3$]	media periodo [$\mu g/m^3$]	media periodo [$\mu g/m^3$]	media periodo [$\mu g/m^3$]
Ivrea - Liberazione. $PM_{2.5}$	10	39	25	19
Chieri - Bersezio. $PM_{2.5}$	10	41	26	22
Borgaro T. - Caduti. $PM_{2.5}$	12	43	28	23
Torino - Lingotto. $PM_{2.5}$	11	43	27	24
TO - Mezzo Mobile . $PM_{2.5}$	11	43	27	22
Settimo T. - Vivaldi. $PM_{2.5}$	11	59	35	26

* = media annuale stimata

Figura 29: Particolato sospeso PM_{10} - confronto con il limite giornaliero per la protezione della salute e con i dati di alcune stazioni della rete fissa

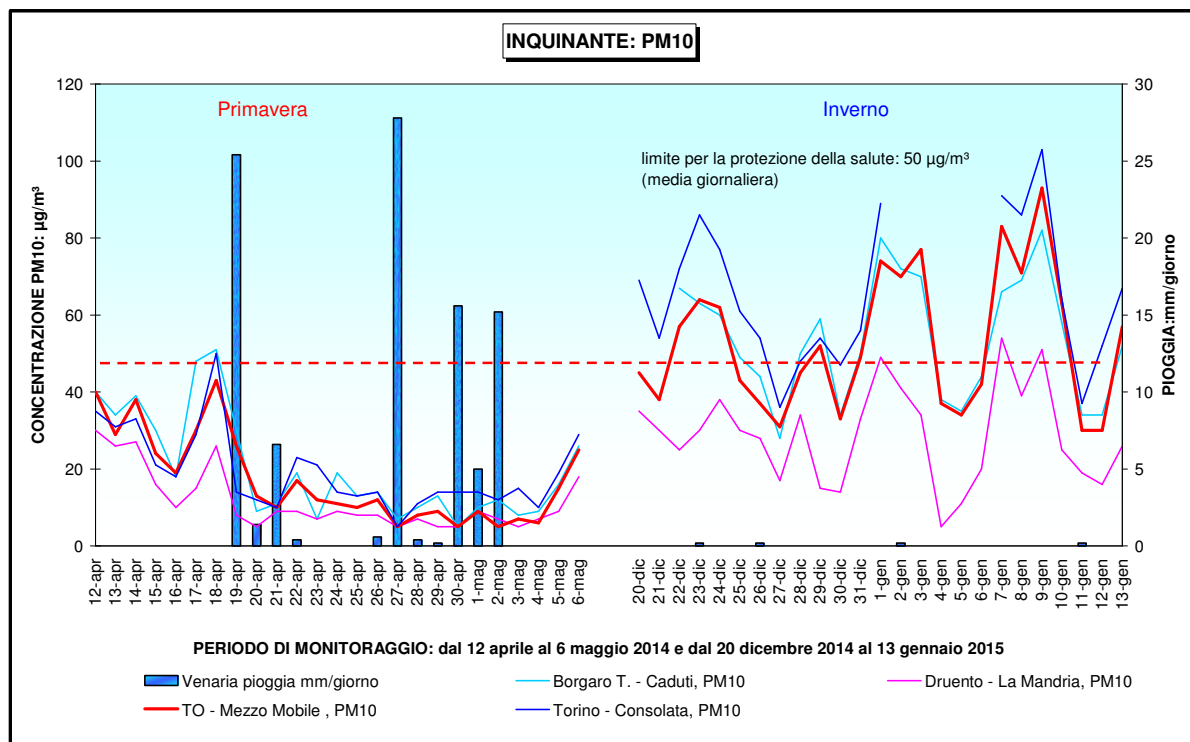


Figura 30: Particolato sospeso $PM_{2.5}$ - confronto con i dati di alcune stazioni della rete fissa

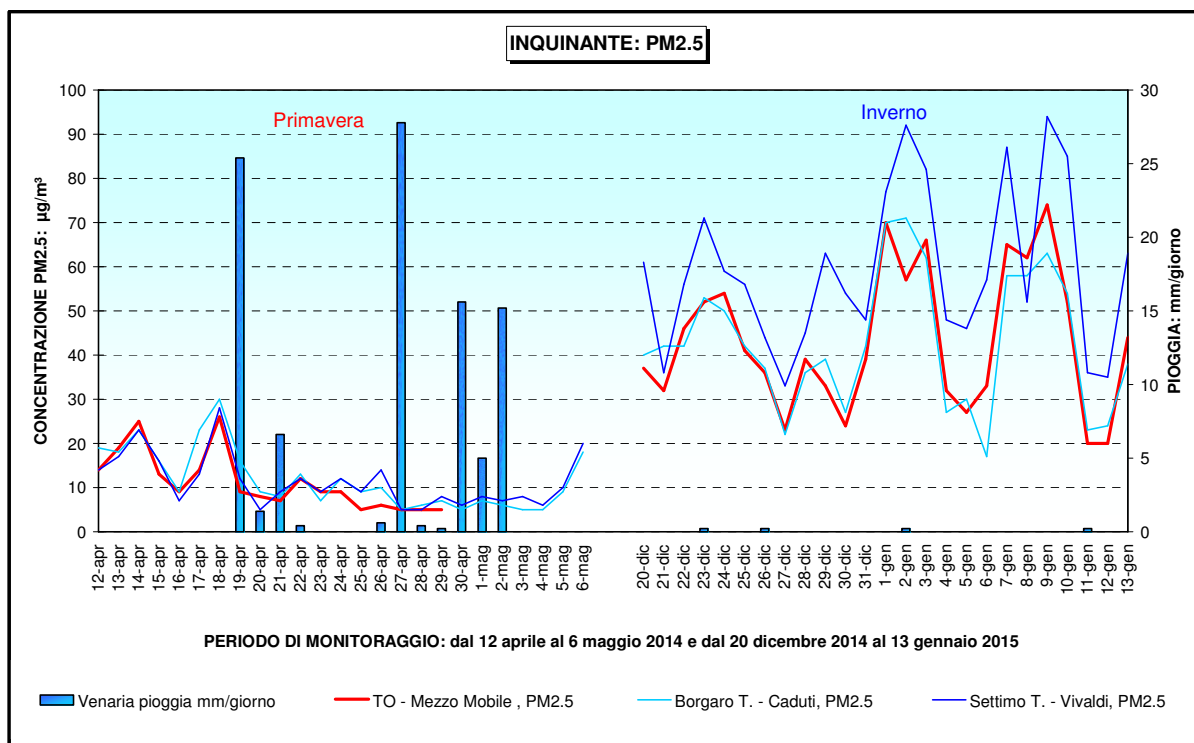


Figura 31: Particolato sospeso PM_{10} e $PM_{2.5}$ - confronto

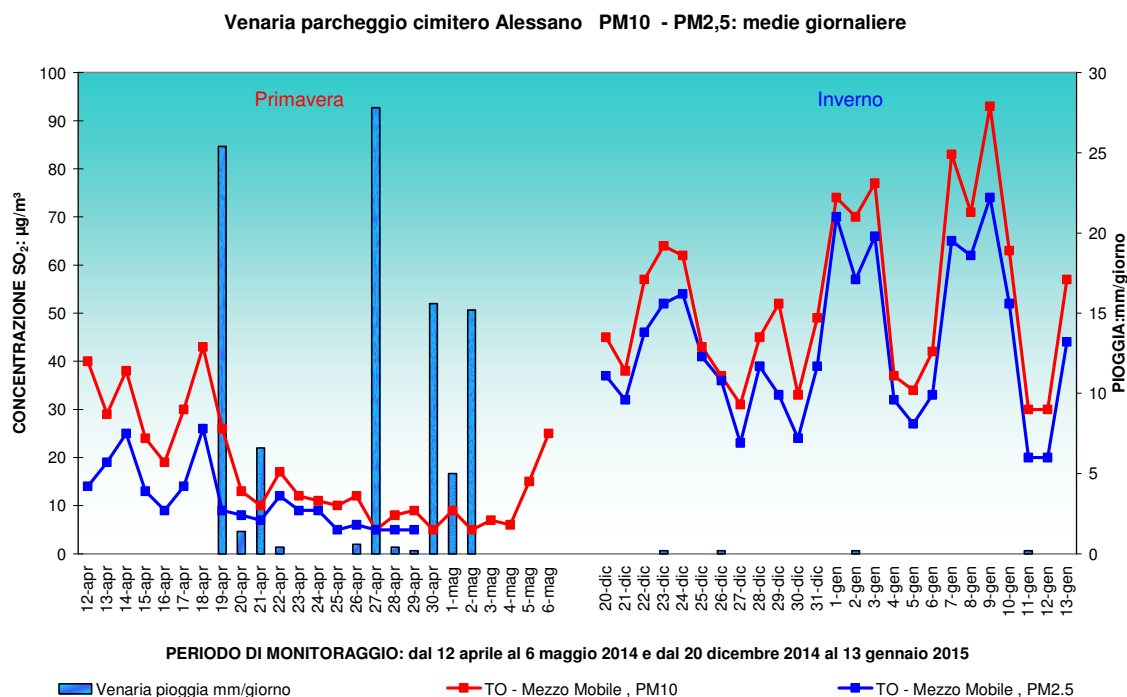


Figura 32: Particolato sospeso PM_{10} confronto medie anno 2014 e medie del periodo nella provincia di Torino

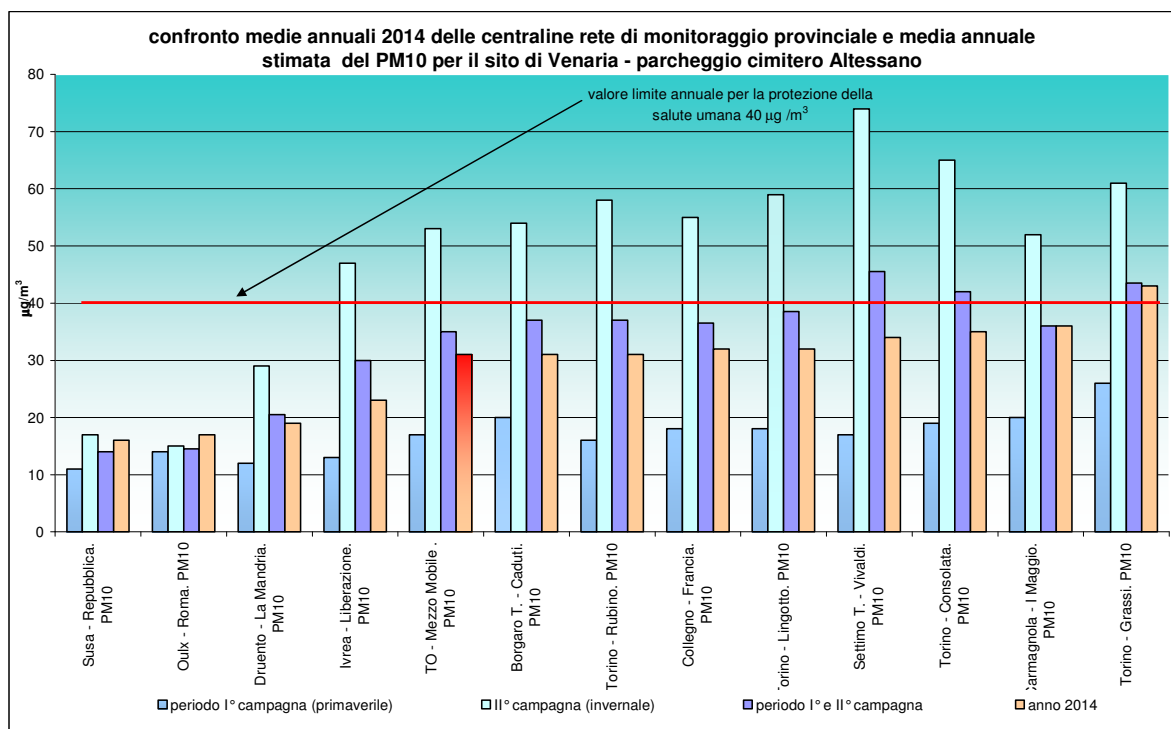


Figura 33: Particolato sospeso $PM_{2.5}$ confronto medie anno 2014 e medie del periodo nella provincia di Torino

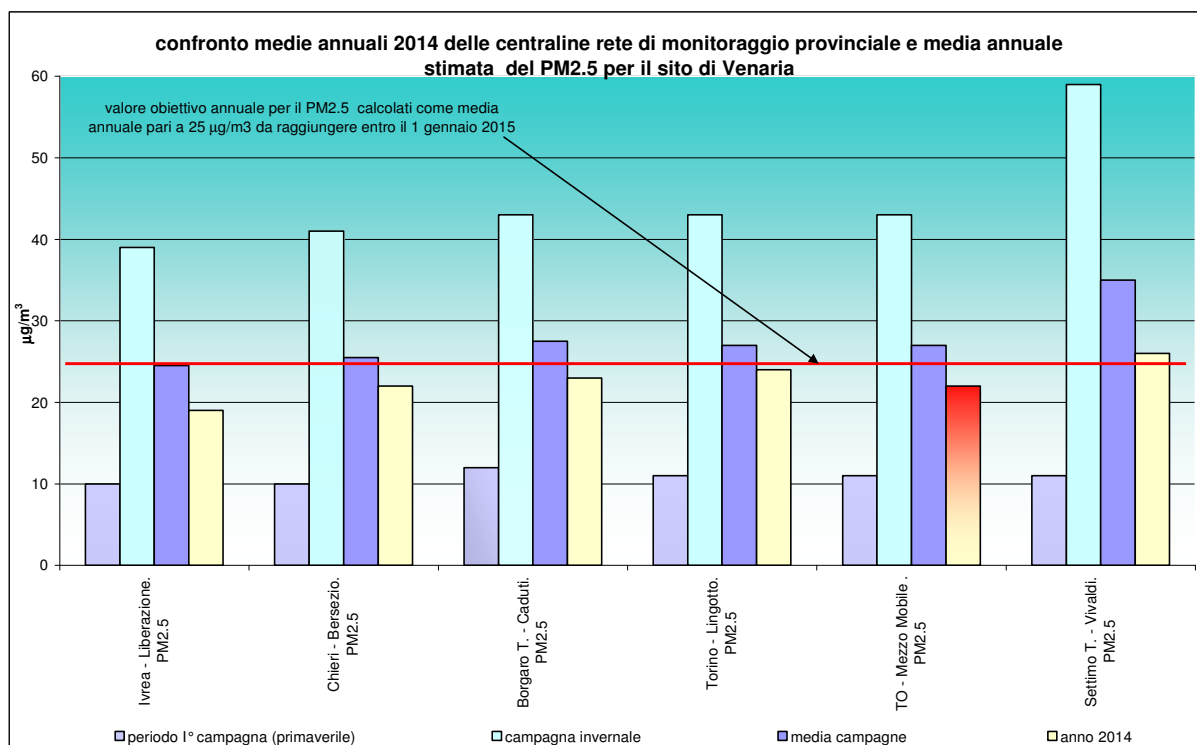
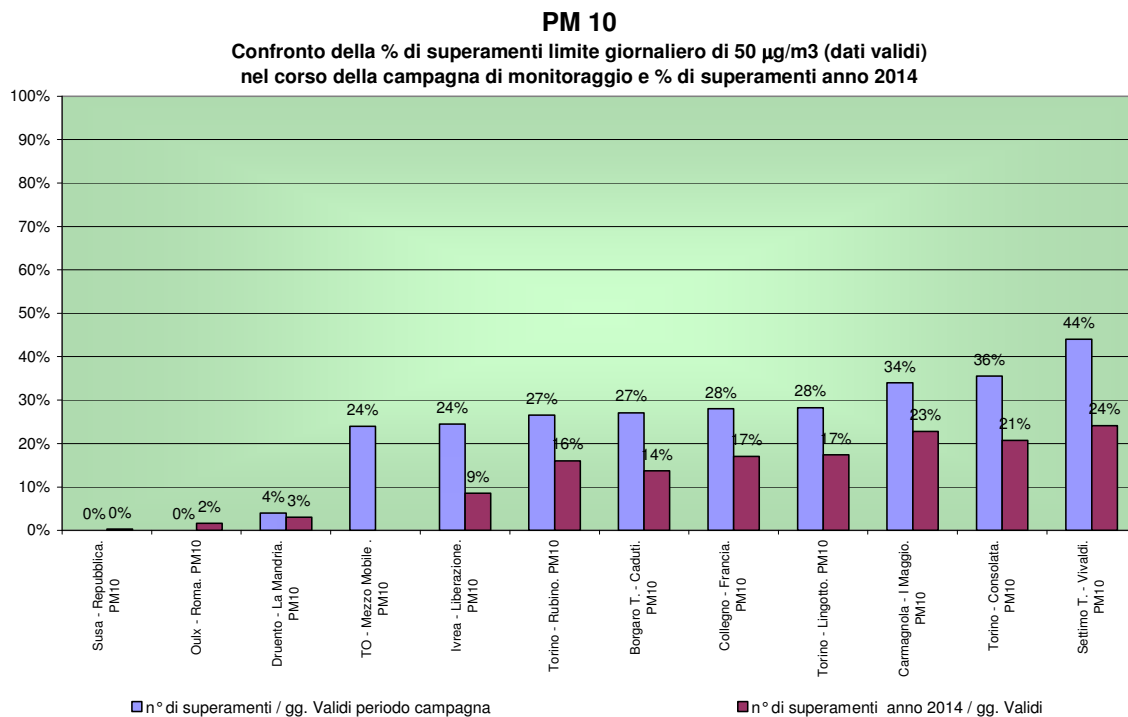


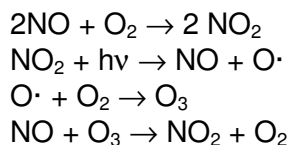
Figura 34: PM 10 - Confronto della % di superamenti limite giornaliero di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (dati validi) nel corso delle due campagne di monitoraggio e % di superamenti anno 2014



Ozono

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

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



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

Durante la campagna di primavera i livelli sono generalmente risultati inferiori a $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (**Tabella 17**). Si osservano diversi dati orari che superano la soglia dei $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ contribuendo al superamento del limite per la protezione della salute. Si sono registrati 3 superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ calcolata come massima media trascinata sulle 8 ore), e nessun superamento del livello d'informazione (pari a $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media oraria); inoltre non è mai stato superato il livello di allarme (pari a $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per almeno tre ore consecutive). La media dell'intero periodo è pari a $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con un valore massimo di media oraria di $139 \mu\text{g}/\text{m}^3$ raggiunto il 5 maggio.

Il superamento del limite per la protezione della salute ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ calcolata come massima media giornaliera trascinata sulle 8 ore), è strettamente legato alle condizioni meteorologiche che hanno caratterizzato la campagna di misura (**Figura 36**). Se da un lato le alte temperature e la radiazione solare hanno contribuito alla formazione dell'inquinante, dall'altro va osservato che la presenza di giornate caratterizzate da eventi pluviometrici significativi, ha inciso fortemente sulla riduzione dei livelli di ozono in atmosfera (che in assenza di questi fattori avrebbero potuto essere più elevati e determinare così un numero maggiore di superamenti del limite).

Nel corso della campagna invernale, il meno critico per questo inquinante a causa del minore irraggiamento solare, è stato rispettato il livello di allarme, non si sono registrati superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana e nessun superamento della soglia di informazione (vedi **Tabella 17**); la media dell'intero periodo è pari a $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con un valore massimo di media oraria di $95 \mu\text{g}/\text{m}^3$ raggiunto l'11 gennaio.

In **Figura 35** viene riportato l'andamento orario della concentrazione di ozono confrontato con le stazioni fisse di Druento e Borgaro, che risulta, durante la stagione primaverile, confrontabile con entrambe le stazioni. Il periodo invernale mostra un lieve discostamento dai valori della stazione di Druento, risultandone lievemente inferiori, e confermando invece l'allineamento con quelli di Borgaro. Poiché quest'ultima stazione, come peraltro tutti i punti di misura del territorio provinciale, supera il valore obiettivo per la protezione della salute umana, è presumibile che un monitoraggio esteso all'intero periodo estivo mostrerebbe lo stesso fenomeno anche nel sito di Venaria.

L'andamento del giorno medio indica la dipendenza della concentrazione di ozono dai valori di temperatura, presentando i valori massimi nel pomeriggio, tra le 13 e le 17. I minimi sono nelle ore di maggiore traffico veicolare del mattino, che corrispondono a condizioni di irraggiamento solare

relativamente basso e di elevata presenza di monossido di azoto, che è uno dei principali componenti dell'aria ambiente coinvolti nei complessi processi di distruzione dell'ozono (vedi **Figura 37** e **Figura 38**).

Va in ogni caso sottolineato che il sito in questione non è ottimale per la misura dell'ozono, in quanto la vicinanza agli assi stradali porta in generale a una sottostima di questo inquinante. La reazione con il monossido di azoto (prodotto in quantità relativamente elevate dagli autoveicoli, in particolare sui tratti stradali in cui le velocità sono medio alte) è infatti uno dei principali meccanismi che portano alla distruzione dell'ozono²

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

	Inverno	Primavera
Minima media giornaliera	4	43
Massima media giornaliera	36	98
Media delle medie giornaliere	10	70
Giorni validi	22	25
Percentuale giorni validi	88%	100%
Media dei valori orari	12	70
Massima media oraria	95	139
Ore valide	547	599
Percentuale ore valide	91%	100%
Minimo delle medie 8 ore	2	14
Media delle medie 8 ore	12	69
Massimo delle medie 8 ore	71	130
Percentuale medie 8 ore valide	90%	100%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (120)</u>	0	11
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 120)</u>	0	3
<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

² A tale proposito la normativa specifica che le stazioni fisse di monitoraggio dell'ozono devono essere posizionate a più di 10 metri dalla strada più vicina e tanto più lontano quanto maggiore è l'intensità del traffico

Figura 35: O_3 - confronto con i limiti di legge

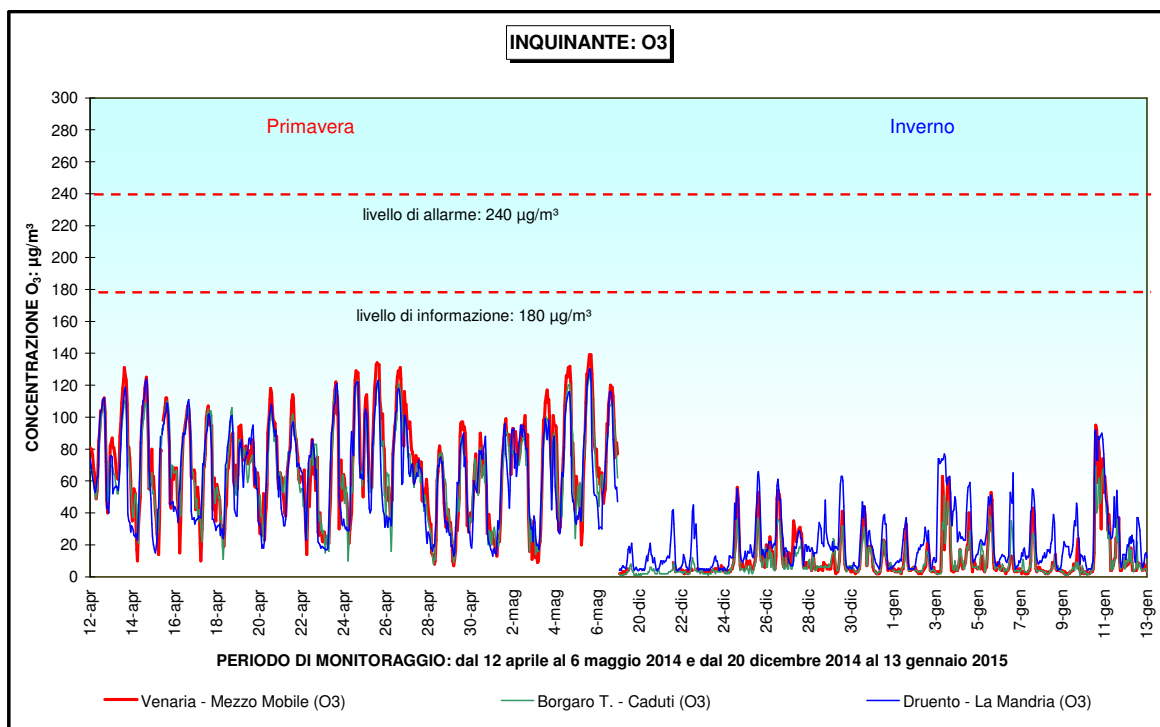


Figura 36: O_3 - superamenti protezione della salute umana

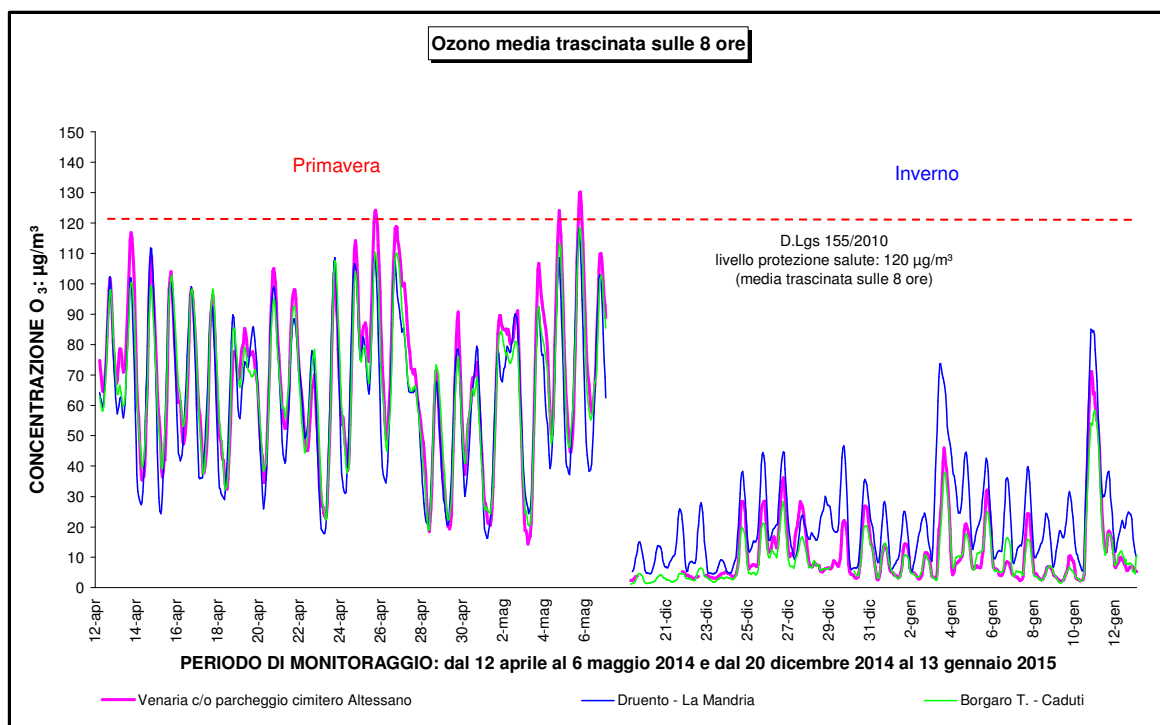


Figura 37: Ozono - giorno medio

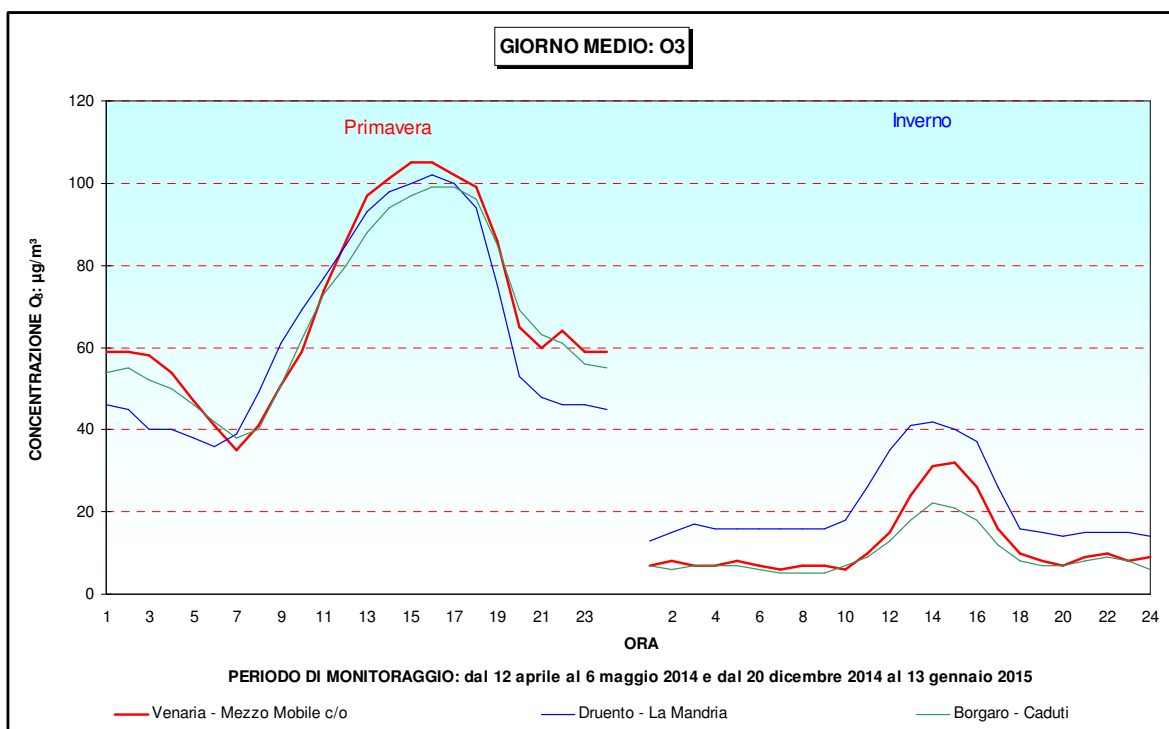
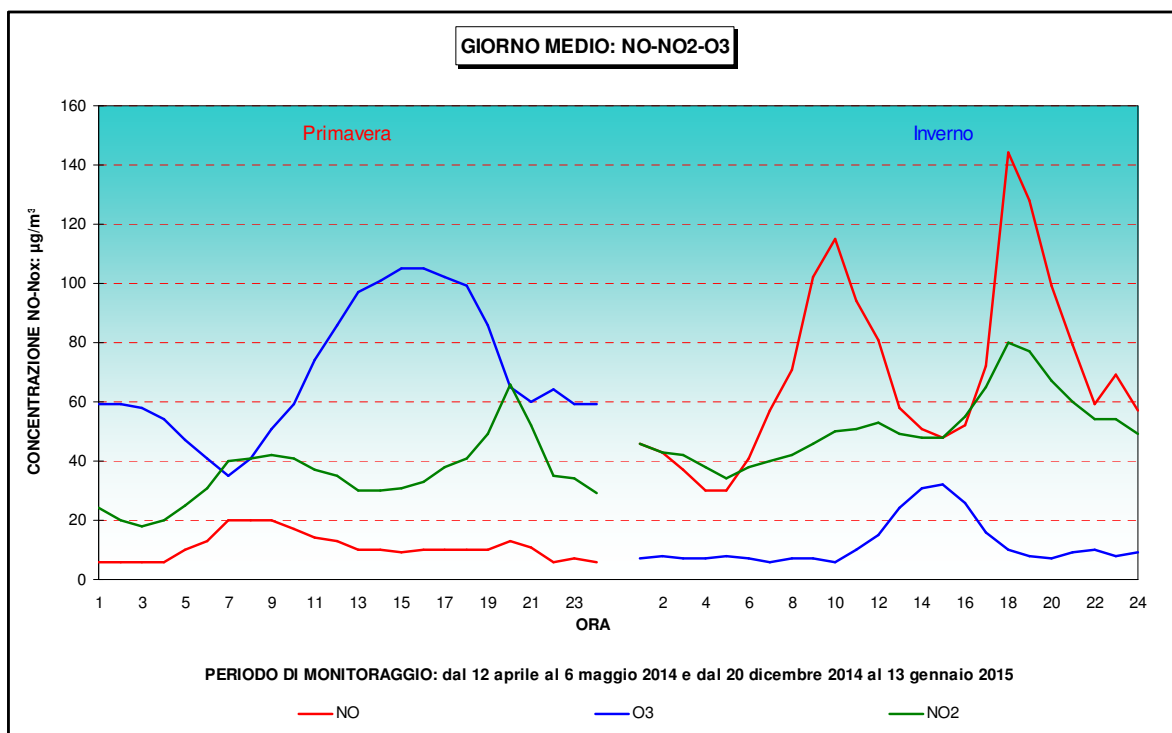


Figura 38: Ozono, NO, NO₂ - confronto giorno medio



Conclusioni

Rispetto ai valori rilevati nel corso della due campagne di monitoraggio mediante la stazione mobile nel sito di Venaria Reale sono in generale comparabili a quelli misurati in siti simili della provincia di Torino.

Le soglie di allarme non sono mai state superate per gli inquinanti per i quali la normativa prevede tale tipo di limite (biossido di zolfo, biossido di azoto e ozono); 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.

Per l'ozono sono stati registrati, nella prima campagna, 3 superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ calcolata come massima media trascinata sulle otto ore).

Il PM_{10} ha invece presentato 12 giorni di superamento (pari al 48%, dei giorni validi di misura nel corso della campagna invernale) e nessun superamento nel corso di quella primaverile del valore limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a fronte dei 35 giorni ammessi dalla normativa in un intero anno. Dal confronto con il numero di superamenti annui rilevati nel 2014 nelle stazioni fisse che presentano andamenti del PM_{10} analoghi a quelli del sito di Venaria Reale è presumibile che se si effettuasse un monitoraggio esteso all'intero anno anche in questo sito il numero massimo di giorni ammessi sarebbe superato, come peraltro accade in tutto il territorio provinciale di pianura (vedi **Tabella 15**).

Per quanto riguarda gli ossidi di azoto, che durante la campagna oggetto della presente indagine hanno evidenziato valori che mediamente si pongono tra quelli registrati presso cabine di fondo e quelle di traffico in ambito urbano, è emersa, dall'analisi dei dati di traffico autoveicolare misurati nel corso della seconda campagna, una significativa correlazione dei valori relativamente elevati degli ossidi di azoto con i flussi di traffico nell'intorno del sito di monitoraggio.

Per quanto riguarda i valori di riferimento di lungo periodo è stato stimato il rispetto del valore limite annuale per il benzene, il biossido di azoto, il PM_{10} ed il $\text{PM}_{2.5}$. I dati disponibili evidenziano in ogni caso che la frazione che compone il PM_{10} è costituita per una percentuale significativa da particolato secondario, come è peraltro caratteristico dell'area urbana torinese.

Nel periodo primaverile i dati presentati mostrano una situazione con criticità relativamente ridotte, con l'eccezione dell'ozono. Tale situazione trae in parte la sua origine dall'elevata piovosità registrata nel periodo di monitoraggio, a conferma della notevole influenza dei meccanismi di rimozione ad opera dei fenomeni meteorologici nel determinare i livelli degli inquinanti atmosferici. Per quanto concerne l'ozono va sottolineato che si tratta di un fenomeno di inquinamento atmosferico che nei mesi estivi interessa tutto il territorio provinciale e regionale e quindi non caratteristico del sito in esame; trattandosi di un inquinante secondario, non emesso direttamente da fonti antropiche e che può avere origine anche in zone lontane rispetto al sito di misura, la sua gestione, e la conseguente riduzione, deve essere attuata attraverso politiche ad ampia scala territoriale.

Il periodo invernale mostra invece una situazione negativa per quanto riguarda il particolato. Come già indicato nella disamina dei singoli inquinanti si ribadisce che, in termini generali, per il $\text{PM}_{2.5}$ ed il PM_{10} , occorrono misure strutturali a livello di territorio regionale finalizzate alla riduzione delle fonti primarie di polveri e dei precursori della componente secondaria del particolato. Tuttavia anche interventi a livello locale in armonia con tale strategia possono dare un contributo importante per ottenere gli obiettivi indicati.

APPENDICE - SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI

• Biossido di zolfo

API 100 E

Analizzatore a fluorescenza 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 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 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 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-PM2.5

TECORA CHARLIE AIR GUARD PM

Campionatore di particolato sospeso ; campionamento delle particelle sospese con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm in aria ambiente, con testa di prelievo a norma europea .

Analisi gravimetrica su filtri in fibra di quarzo di diametro 47 mm.

• Stazione meteorologica

LSI LASTEM

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

• Benzene, Toluene, Xileni

SINTECH SPECTRAS CG 855 serie 600

Gascromatografo con doppia colonna, rivelatore PID (fotoionizzazione)

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