

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 CARMAGNOLA RELAZIONE CONCLUSIVA (15 Gennaio -12

Febbraio e 19 settembre - 8 ottobre 2013)



Redazione	Funzione: Collaboratore Tecnico Professionale Nome: Giacomo Castrogiovanni	Data:	Firma:
Verifica e Approvazione	Funzione: Dirigente con incarico professionale presso la SS di produzione Nome: Dott. Francesco Lollobrigida	Data:	Firma:



L'organizzazione della campagna di monitoraggio, l'elaborazione dei dati e la stesura della presente relazione sono state curate dai tecnici del Gruppo di Lavoro di "Monitoraggio della Qualità dell'Aria" nel Dipartimento di Torino di Arpa Piemonte, d.ssa Annalisa Bruno, 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 Carmagnola 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	13
OBIETTIVI DELLA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO.....	14
<i>Elaborazione dei dati meteorologici</i>	<i>17</i>
<i>Elaborazione statistiche e grafiche relative al monitoraggio nel comune di Carmagnola.....</i>	<i>23</i>
<i>Andamento orario e giornaliero - Confronto con i limiti di legge.....</i>	<i>24</i>
<i>Giorno medio</i>	<i>24</i>
<i>Traffico veicolare.....</i>	<i>24</i>
<i>Biossido di zolfo.....</i>	<i>34</i>
<i>Ossidi di Azoto</i>	<i>37</i>
<i>Monossido d'azoto</i>	<i>37</i>
<i>Biossido d'azoto.....</i>	<i>40</i>
<i>Monossido di Carbonio.....</i>	<i>44</i>
<i>Benzene e Toluene</i>	<i>47</i>
<i>Particolato Sospeso (PM₁₀) e (PM_{2.5}).....</i>	<i>50</i>
<i>PM₁₀</i>	<i>51</i>
<i>PM_{2.5}.....</i>	<i>52</i>



Ozono	57
Conclusioni	62
APPENDICE - SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI	64



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 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 microgrammo per metro cubo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

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 2012", 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

<i>INQUINANTE</i>	<i>TRAFFICO AUTOVEICOLARE VEICOLI A BENZINA</i>	<i>TRAFFICO AUTOVEICOLARE VEICOLI DIESEL</i>	<i>EMISSIONI INDUSTRIALI</i>	<i>COMBUSTIONI FISSE ALIMENTATE CON COMBUSTIBILI LIQUIDI O SOLIDI</i>	<i>COMBUSTIONI FISSE ALIMENTATE CON COMBUSTIBILI GASSOSI</i>
<i>BIOSSIDO DI ZOLFO</i>					
<i>BIOSSIDO DI AZOTO</i>					
<i>BENZENE</i>					
<i>MONOSSIDO DI CARBONIO</i>					
<i>PARTICOLATO SOSPESO</i>					
<i>PIOMBO</i>					
<i>BENZO(a)PIRENE</i>					

 = fonti principali
 = fonti secondarie

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, 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 PM2.5 e in particolare :

- un **valore limite, espresso come media annuale** , pari 25 µg/m³ da raggiungere entro il 1 gennaio 2015;
- un **valore obiettivo , espresso come media annuale** , pari 25 µg/m³ da raggiungere entro il 1 gennaio 2010;



La nuova normativa prevede inoltre per il 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. 155/2011).

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 2012".

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

INQUINANTE	LIMITE	PARAMETRO	VALORE DI RIFERIMENTO	SUPERAMENTI CONCESSI	DATA PER IL RISPETTO DEL LIMITE
Ozono espresso come 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 QUALITA'	media mobile valori giornalieri (3)	1 ng/m ³ (4)	-	-

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

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

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

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

Tabella 3: valori limite per alcuni inquinanti atmosferici (D.Lgs. 13/08/2010 n.155)

INQUINANTE	LIMITE	PERIODO DI MEDIAZIONE	VALORE DI RIFERIMENTO	SUPERAMENTI CONCESSI	DATA PER IL RISPETTO DEL LIMITE
BIOSSIDO DI ZOLFO (SO ₂)	Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	350 µg/m ³	24 volte/anno civile	1-gen-2005
	Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	24 ore	125 µg/m ³	3 volte/ civile anno	1-gen-2005
	Valore limite per la protezione degli ecosistemi	anno civile	20 µg/m ³	--	19-lug-2001
		inverno (1 ott + 31 mar)			
Soglia di allarme	3 ore consecutive	500 µg/m ³	--	--	
BIOSSIDO DI AZOTO (NO ₂) e OSSIDI DI AZOTO (NO _x)	Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	200 µg/m ³ (NO ₂)	18 volte/anno civile	1-gen-2010
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 µg/m ³ (NO ₂)	--	1-gen-2010
	Soglia di allarme	3 ore consecutive	400 µg/m ³ (NO ₂)	--	--
	Valore limite annuale per la protezione della vegetazione	anno civile	30 µg/m ³ (NO _x)	--	19-lug-2001
MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)	Valore limite per la protezione della salute umana	media massima giornaliera su 8 ore	10 mg/m ³	---	1-gen-2005
PIOMBO (Pb)	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	0.5 µg/m ³	---	1-gen-2005
PARTICELLE (PM ₁₀)	Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	24 ore	50 µg/m ³	35 volte/anno civile	1-gen-2005
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 µg/m ³	---	1-gen-2005
PARTICELLE (PM _{2,5})	Obbligo di concentrazione dell'esposizione	anno civile	25 µg/m ³		1-gen-2015
BENZENE	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	5 µg/m ³	---	1-gen-2010

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

INQUINANTE	VALORI OBIETTIVO ⁽¹⁾ ⁽²⁾ ⁽³⁾
Arsenico	6 ng/m ³
Cadmio	5 ng/m ³
Nichel	20 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.

(2): La media annuale calcolata deve essere espressa con una cifra decimale.

(3): Il valore obiettivo si intende superato anche se pari a quello indicato nella tabella, ma seguito da una qualsiasi cifra decimale diversa da zero.



LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO

OBIETTIVI DELLA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO

La campagna di monitoraggio condotta nel Comune di Carmagnola da Arpa Piemonte - Dipartimento di Torino, è stata effettuata per verificare se e in che misura i valori elevati degli inquinanti monossido di azoto, biossido d'azoto e PM10 misurati dalla stazione fissa sita in via Piscina/P.zza I Maggio fossero rappresentativi dell'intero territorio comunale.

A tale scopo, in accordo con l'Amministrazione Comunale (nostro protocollo n° 116890 del 15/11/2012 inviata con posta certificata all'indirizzo protocollo.carmagnola@cert.legalmail.it con identificativo messaggio opec271.20121115104851.18599.09.1.18@pec.aruba.it) si è deciso di monitorare con l'uso del laboratorio mobile la qualità dell'aria in un sito di fondo urbano e confrontare i valori misurati con quelli ottenuti dalla centralina di via Piscina. Contemporaneamente ai rilievi sulla qualità dell'aria si sono misurati i flussi di traffico veicolare relativi al sito di via Piscina, allo scopo di caratterizzare il sito della stazione fissa per quanto riguarda la principale fonte di inquinanti atmosferici.

Nel corso del sopralluogo preliminare alla realizzazione della campagna di monitoraggio dell'inquinamento atmosferico è stato individuato come idoneo al posizionamento della stazione mobile il seguente sito: *Centro Sportivo Comunale Corso Roma, 24*

Nelle Figura 1 è riportata sulla cartografia del Comune di Carmagnola l'ubicazione del sito nel quale è stato posizionato il Laboratorio Mobile nel corso delle campagne di monitoraggio.

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

Una trattazione completa, secondo quanto previsto dalla normativa vigente (allegato I del D.Lgs. 155/2010), dovrebbe prevedere, infatti, campagne di monitoraggio caratterizzate da una durata tale da comprendere almeno il 14% annuo di misurazioni (una misurazione in un giorno 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).

I dati presentati forniscono quindi unicamente un quadro generale della situazione di inquinamento atmosferico del sito in esame; il confronto con i dati rilevati negli stessi periodi delle campagne 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.

Le campagne sono state condotte tra il **15 gennaio** e il **12 febbraio** e tra il **19 settembre** e il **8 ottobre 2013** (29 giorni la I° campagna e 20 giorni la II° per un totale di 49 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.

Figura 1: Postazione di monitoraggio del Laboratorio Mobile





● = sito di monitoraggio con il laboratorio mobile

● = sito di rilevamento con la centralina della rete di rilevamento regionale della qualità dell'aria di P.zza 1° maggio

○ = siti di rilevamento flussi di traffico veicolare

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

La [Figura 5](#) mostra l'andamento della radiazione solare globale e della pioggia nel corso delle due campagne di monitoraggio. La durata e l'intensità dell'irraggiamento sono quelli tipici dei periodi considerati, in inverno con valori massimi nelle ore centrali della giornata (450 - 650 W/m² ca.) ed in estate con valori massimi di 780 W/m². La stabilità atmosferica è interrotta nei giorni 20, 21, 24, 28, 29 e 30 gennaio e il 2, 3 e 11 febbraio 2013 nel corso della I° campagna mentre nella II° campagna il 30 settembre e dal 3 al 7 ottobre giorni caratterizzati da instabilità atmosferica con moderate precipitazioni e intensa copertura nuvolosa. Le [Figura 6](#) e [Figura 7](#) confermano le situazioni di instabilità atmosferica con diminuzioni della pressione e della temperatura e aumento della umidità relativa e della velocità del vento nei giorni sopra indicati.

La temperatura media del periodo invernale è stata di 1,7 °C, il valore minimo orario si è raggiunto il 12 febbraio (-6,7 °C), mentre il valore massimo è stato rilevato il 31 gennaio con 15,9 °C mentre in estate la temperatura media è stata di 16,5 °C. il valore minimo di 7,9 °C è stato misurato il 19 settembre mentre la media massima oraria di 26,3 °C si è raggiunta nei giorni 21, 23 e 24 settembre.

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 7](#)).

Durante il periodo di monitoraggio si è avuto, dal pomeriggio del 6 febbraio alle prime ore del 7 febbraio, anche un presumibile episodio di Fohn con innalzamento della velocità del vento (3,7 m/s), della temperatura (12,9 °C alle ore 16), dell'irraggiamento solare e abbassamento dei valori di Umidità relativa, il vento di Fohn proveniva da NW – NNW e ha contribuito ad abbassare i valori degli inquinanti atmosferici da traffico veicolare. Altri episodi di vento più intenso della media si sono verificati il 23 gennaio, il 1 febbraio e l'11 febbraio mentre nel periodo estivo non si sono avuti episodi di vento di Fohn.

Velocità e direzione del vento danno in generale una chiara indicazione della dinamicità atmosferica del territorio indagato. I dati di velocità del vento registrati durante la campagna di misura nel comune di Carmagnola risultano quelli tipici della pianura torinese (media delle medie giornaliere pari a 0,89 m/s, in inverno e 0,68 in estate vedi [Tabella 5](#)). La percentuale di

calme di vento (identificate convenzionalmente da una media oraria della velocità del vento inferiore a 0.5 m/s) è stata pari a 8,9% di giorno e 25.9% di notte in inverno mentre in estate la percentuale di calme di vento è stata di 28% di giorno e del 49,6 di notte come si evince dai dati il periodo estivo ha una stabilità maggiore rispetto al periodo invernale.

Le direzioni dominanti del vento sono da S - SSE sia durante il giorno che durante la notte in inverno mentre in estate sia durante il giorno che di notte il vento spira da ENE e da ESE ([Figura 2](#), [Figura 3](#) e **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).

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

	RADIAZIONE SOLARE GLOBALE		TEMPERATURA		UMIDITA' RELATIVA		PRESSIONE ATMOSFERICA		VELOCITA' VENTO	
	W/m ²		°C		%		hPa		m/s	
	Inverno	Estate	Inverno	Estate	Inverno	Estate	Inverno	Estate	Inverno	Estate
Minima media giornaliera	2	11	-2.5	12.8	44.3	70.3	967	976	0.51	0.44
Massima media giornaliera	148	210	6.2	20.6	99.0	99.0	995	998	1.60	1.44
Media delle medie giornaliere	89	110	1.7	16.5	79.3	84.6	980	988	0.89	0.68
Giorni validi	29	20	29	20	29	20	29	20	28	20
Percentuale giorni validi	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	97%	100%
Media dei valori orari	89	110	1.7	16.5	79.2	84.5	980	989	0.89	0.68
Massima media oraria	664	787	15.9	26.3	99.0	99.0	997	999	3.70	2.30
Ore valide	696	480	696	480	696	480	696	480	681	472
Percentuale ore valide	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	98%	98%

Figura 2: Distribuzione dati di vento in funzione della direzione e della classe di velocità totale invernale ed estiva

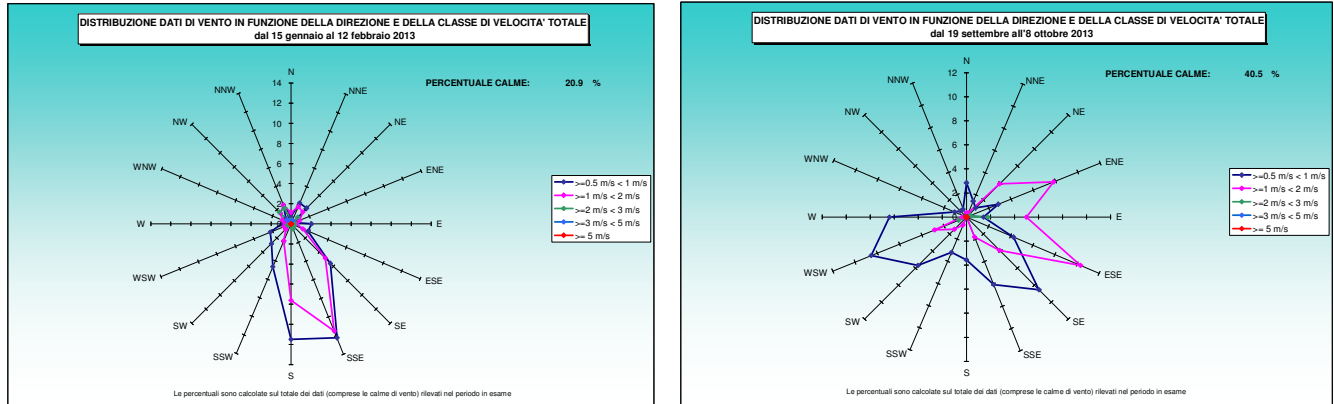


Figura 3: Distribuzione dati di vento in funzione della direzione e della classe di velocità diurna invernale ed estiva

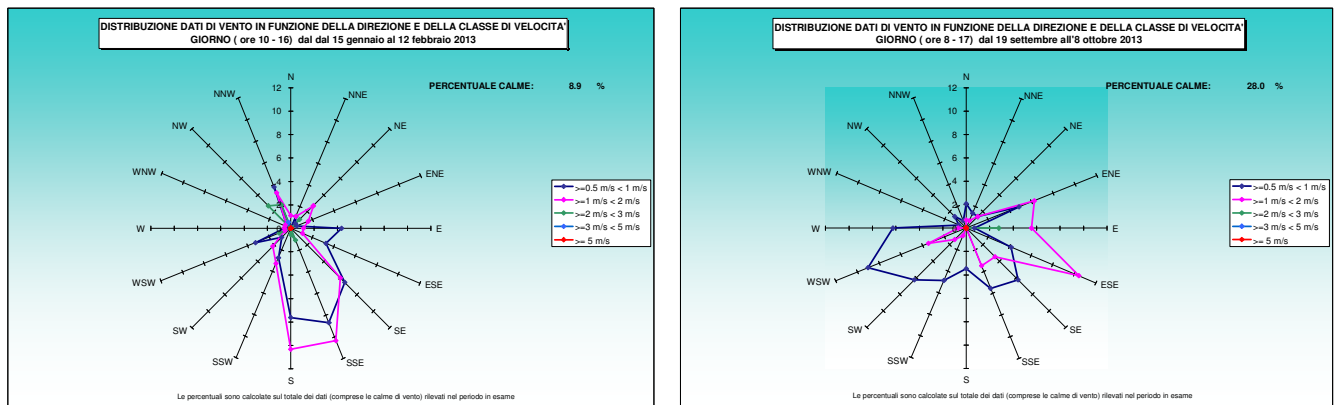
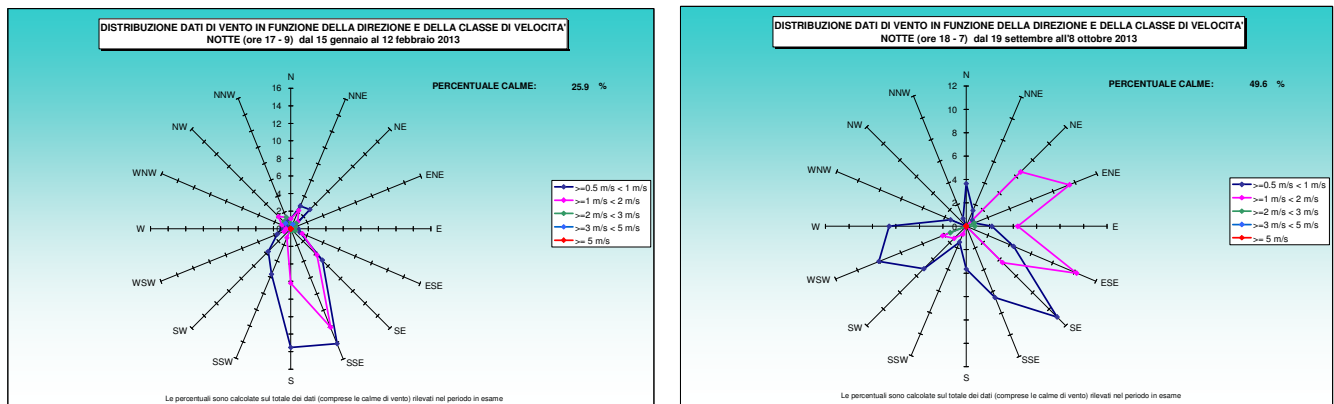


Figura 4: Distribuzione dati di vento in funzione della direzione e della classe di velocità notturna invernale ed estiva



Elaborazione statistiche e grafiche relative al monitoraggio nel comune di Carmagnola

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
PM10	PARTICOLATO SOSPESO PM10
PM2.5	PARTICOLATO SOSPESO PM2.5

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/datiarea2.htm> a disposizione per elaborazioni successive e/o per eventuali richieste di trasmissione da parte degli Enti interessati.

Andamento orario e giornaliero - Confronto con i limiti di legge

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

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

Giorno medio

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

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

Traffico veicolare

I rilievi di traffico veicolare effettuati nella seconda campagna (estiva) hanno confermato e avvalorato le considerazioni esposte nella relazione sulla prima campagna di monitoraggio; di seguito vengono esposti i dati dei rilievi eseguiti nel corso della seconda campagna di monitoraggio del traffico veicolare e integrati con i risultati dei rilievi effettuati nella prima campagna (invernale).

Per meglio comprendere la persistenza degli inquinanti da traffico veicolare nella centralina della rete di monitoraggio fissa di Carmagnola l° maggio si è provveduto di conteggiare i passaggi di veicoli leggeri e pesanti sui due assi stradali (SR 20 e SP129) che maggiormente possono influenzare i dati rilevati dalla stazione fissa.

In un primo tempo i rilievi dei flussi veicolari sono stati effettuati in un punto immediatamente adiacente alla stazione di monitoraggio in via Piscina; il rilevamento si è svolto tra il 15 gennaio e il 12 febbraio e tra il 18 settembre e il 10 ottobre in concomitanza con il periodo di analisi dei dati chimici e meteorologici della campagna di rilevamento della qualità dell'aria e ha fornito un'indicazione dell'intensità di traffico sulla direttrice dell'area cuneese (SR20). Successivamente si sono rilevati i flussi di traffico veicolare anche in via San Francesco di Sales; il punto scelto è a circa un centinaio di metri in linea d'aria dalla centralina della rete fissa e ci permette una valutazione del traffico veicolare sulla direttrice di Pinerolo. (SP129) i rilievi in questo sito si sono svolti tra il 15 febbraio e il 18 marzo e tra il 11 e il 18 ottobre 2013

Non disponendo di dati anemologici¹ nelle immediate vicinanze della rete di monitoraggio fissa non è possibile valutare in che misura la stazione fissa di trovi sottovento ai due assi stradali; la elevata vicinanza dei due assi stradali alla stazione fissa (alcuni metri nel caso della SR20 e un centinaio di metri nel caso della SP12) e le caratteristiche meteorologiche dell'area torinese - caratterizzata da venti deboli e da una alta frequenza di calme di vento - permettono comunque di

¹ I dati meteorologici riportati nel capitolo precedente sono stati rilevati nel sito di posizionamento del laboratorio mobile, che si trova in un'altra zona della città e non possono quindi essere considerati a priori rappresentativi dell'intero centro abitato

affermare che i due assi stradali hanno certamente un'influenza importante sui dati rilevati dalla stazione di Piazza I Maggio.

Il conta traffico utilizzato nei rilevamenti è della ditta Gmbh modello viacount II è sostanzialmente un apparecchio per il monitoraggio del traffico composto da un sensore radar "Doppler" da 24.165 GHz con memoria dati integrata, orologio in tempo reale, il sensore radar misura a scelta i movimenti dei veicoli di una corsia o direzione di marcia oppure di entrambe le direzioni di marcia; nel nostro caso le misure sono state eseguite conteggiando i veicoli in entrambe le direzioni di marcia. Il viacount II misura i seguenti parametri, 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 via Piscina è pari ad **12522** veicoli / giorno mentre in via San Francesco di Sales è di **10318** veicoli / giorno; come termine di confronto in Torino in corso Vittorio Emanuele II° - una arteria stradale con tre corsie per senso di marcia- all'altezza di C.so Inghilterra i passaggi giornalieri medi sono pari ad **16070** veicoli / giorno.

Dall'analisi dei dati di traffico nel corso delle due campagne di monitoraggio si possono trarre le seguenti considerazioni:

- 1) il traffico veicolare in via Piscina è un traffico lento in cui i veicoli sostano in coda essendo presente un semaforo all'incrocio di via Piscina con via avvocato Ferrero: infatti il tempo di passaggio medio tra un veicolo e l'altro è di 12,72 secondi mentre la percentuale della circolazione in colonna è del 45,81 %. La combustione dei motori dei veicoli genera percentualmente più monossido di azoto (NO) che biossido di azoto (NO₂) ma va comunque considerato che, una volta immesso in atmosfera, il monossido di azoto si trasforma in parte per ossidazione in biossido di azoto, per cui la quantità di quest'ultimo in aria ambiente è molto maggiore di quella che sarebbe prevedibile sulla base della sola emissione diretta; l'emissione di ossidi di azoto è inoltre significativamente più alta per i veicoli diesel
- 2) la percentuale di veicoli pesanti che transitano in via Piscina è decisamente maggiore in termini percentuali di via San Francesco di Sales e simile a Torino – c.so Vittorio Emanuele II sito in cui il passaggio degli autobus di linea della vicina stazione di autobus interregionale e interregionale contribuisce ad aumentare i flussi di traffico pesante, (15,1% in via piscina , 6,59% in via San Francesco di Sales, 15,3% in Torino corso Vittorio Emanuele), vedi [Figura 8](#), [Figura 9](#) e [Figura 10](#). Anche la percentuale di transporter (che di norma hanno motori diesel) è significativa in entrambi i siti
- 3) L'andamento temporale medio giornaliero dei flussi veicolari totali in via Piscina mostra una certa costanza nelle ore centrali della giornata ed è analogo a quello delle concentrazioni di biossido di azoto misurate dalla stazione fissa ; il flusso dei veicoli leggeri (autoveicoli e furgoni) è massimo nelle ore serali, mentre quello dei veicoli pesanti è massimo in quelle della mattina vedi [Figura 17](#) [Figura 18](#) [Figura 19](#) [Figura 20](#)
- 4) la presenza di una elevata percentuale di veicoli pesanti ha un effetto significativo sull'inquinamento atmosferico per quanto riguarda particolato e ossidi di azoto. A titolo di

esempio² 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

- 5) il sabato e la domenica i flussi di traffico veicolare diminuiscono ma in proporzione le classi che decrescono di più sono gli autocarri e autotreni (vedi [Figura 15](#)) a conferma di un traffico, sulla SR20 verso Cuneo di natura commerciale percentualmente elevato nei giorni feriali (**2452** veicoli pesanti/giorno feriale) contro **786** veicoli pesanti/giorno feriale del sito di via San Francesco da Sales.

² 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 8: valutazione di frequenza delle classi di veicoli transitanti in Carmagnola via Piscina dal 15 gennaio al 12 febbraio e dal 19 settembre al 9 ottobre 2013

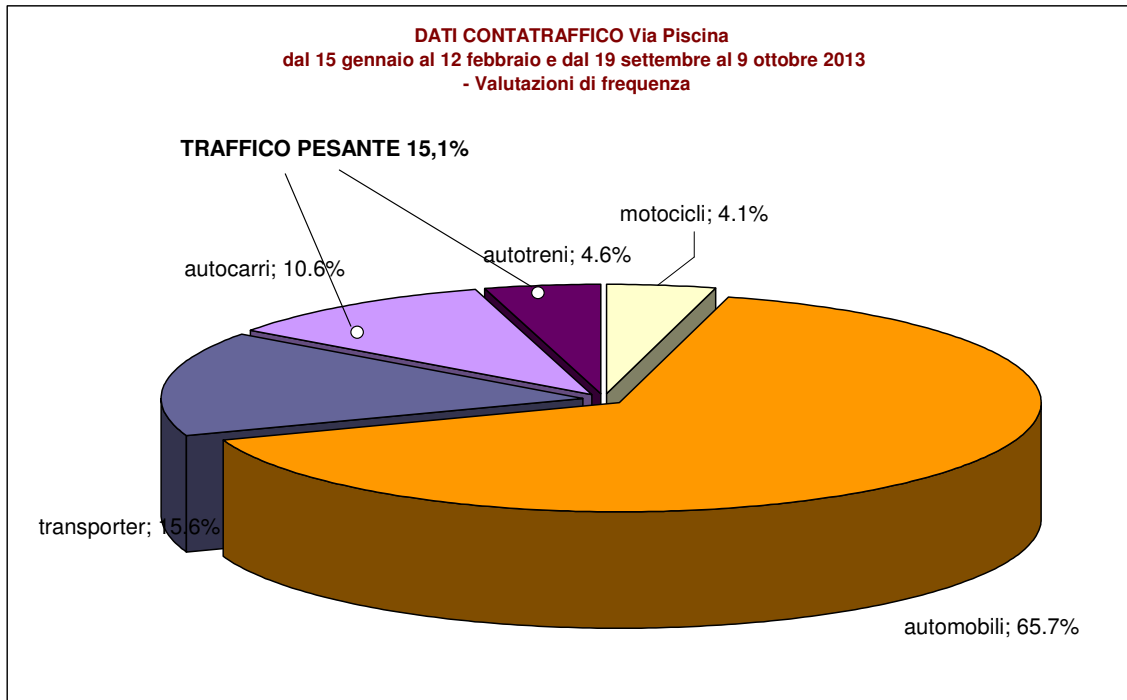


Figura 9: valutazione di frequenza delle classi di veicoli transitanti in Carmagnola via san Francesco di Sales dal 15 febbraio al 18 marzo e dal 11 al 18 ottobre 2013

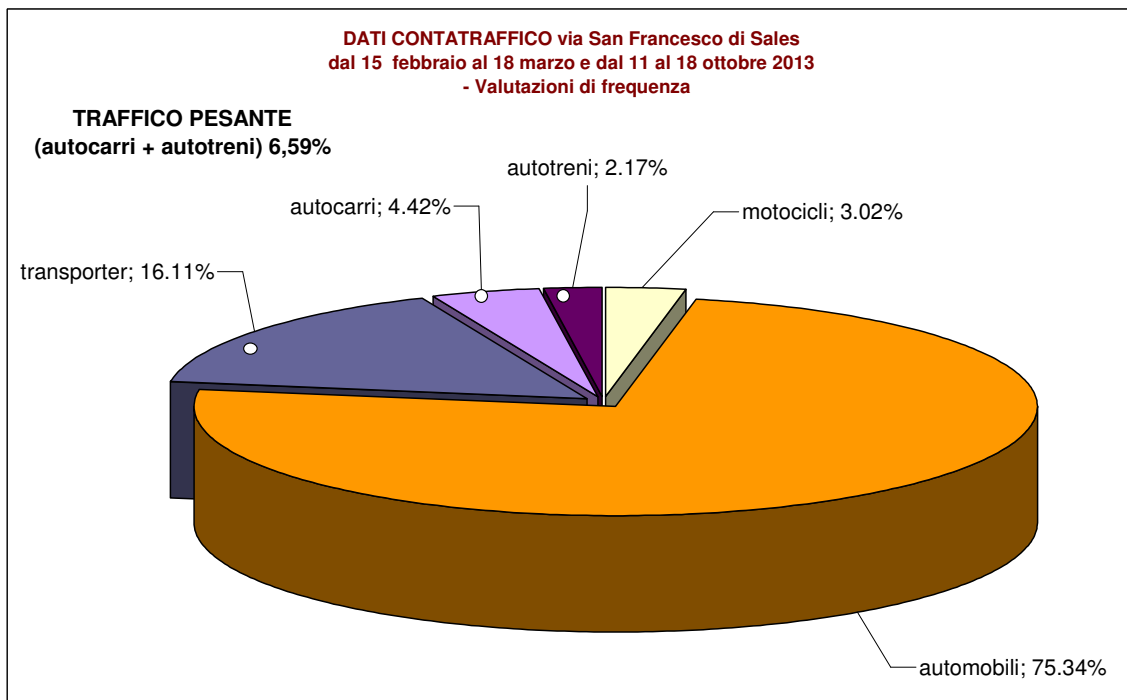


Figura 10: valutazione di frequenza delle classi di veicoli passanti in Torino corso Vittorio Emanuele II° dal 22 giugno al 4 luglio 2011

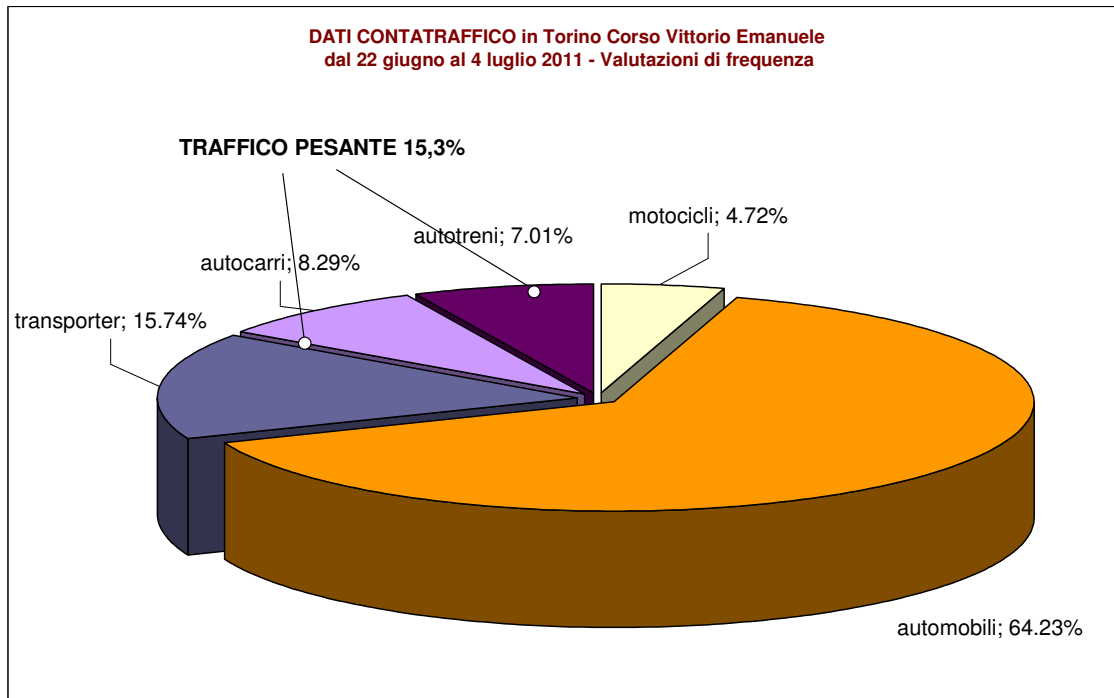


Figura 11: flussi di traffico veicolare in Carmagnola - via piscina andamento orario

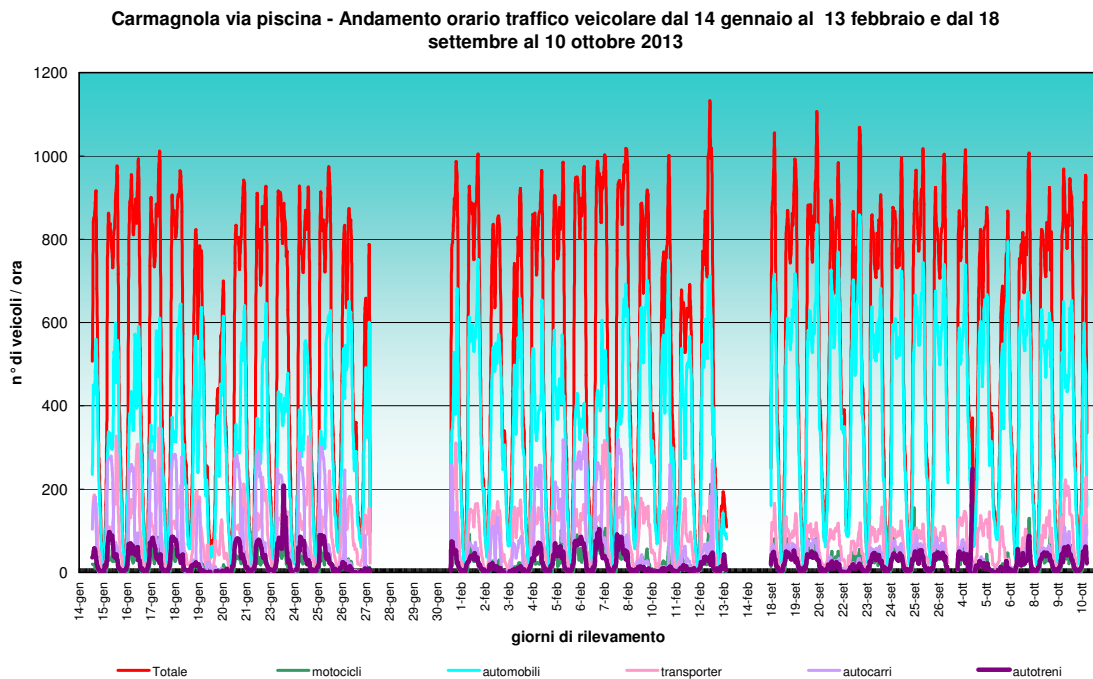


Figura 12: flussi di traffico veicolare in Carmagnola via San Francesco da Sales andamento orario

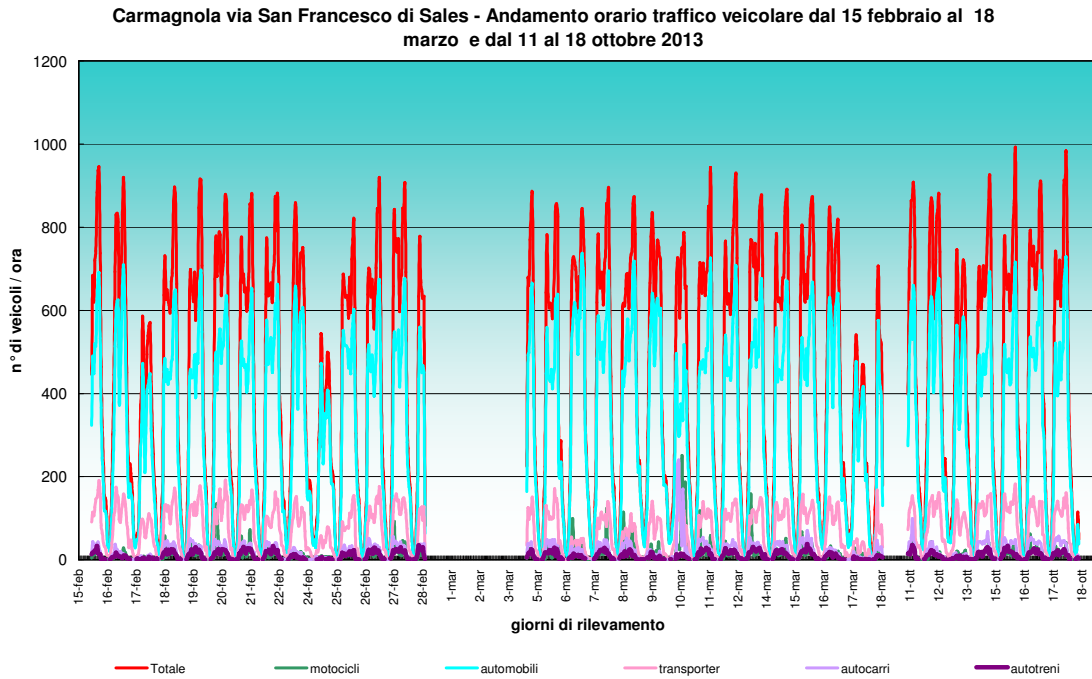


Figura 13: flussi di traffico veicolare in Carmagnola - via piscina andamento giornaliero (solo giorni completi)

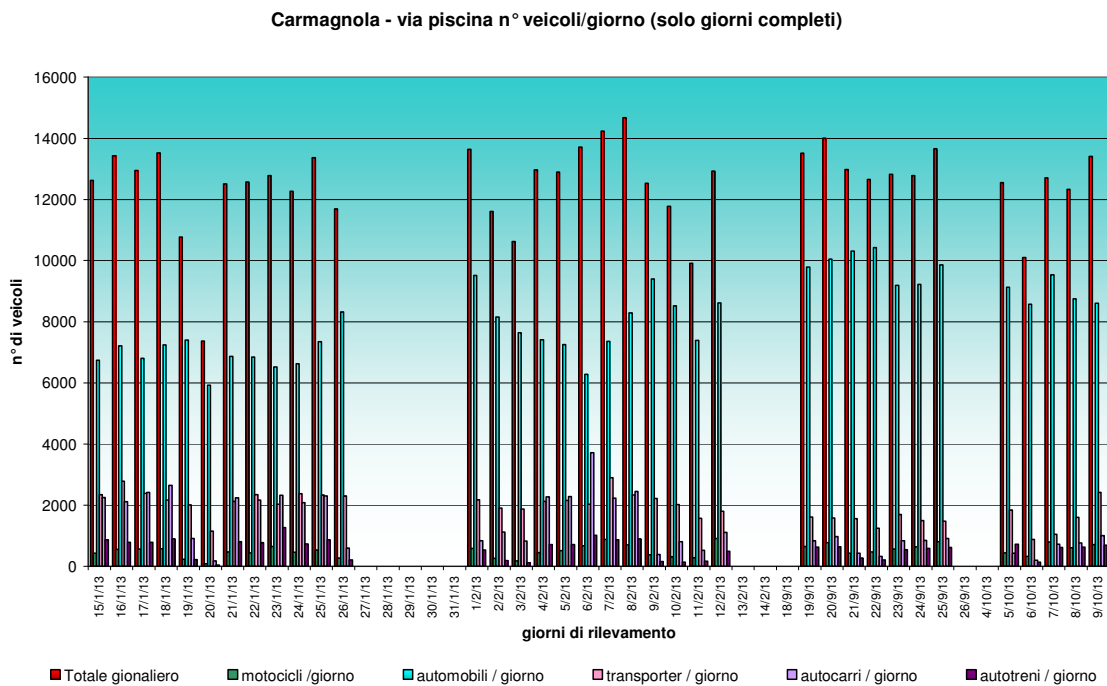


Figura 14: flussi di traffico veicolare in Carmagnola - via San Francesco da Sales andamento giornaliero (solo giorni completi)

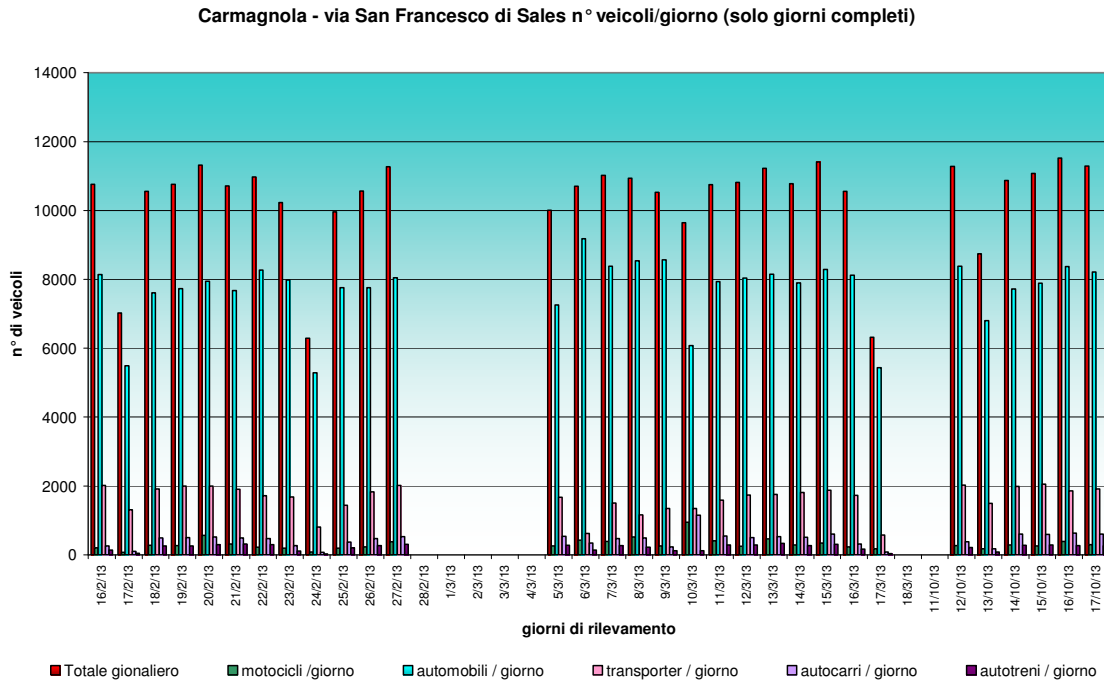


Figura 15: flussi di traffico veicolare in Carmagnola - via Piscina- andamento giorni della settimana (solo giorni completi)

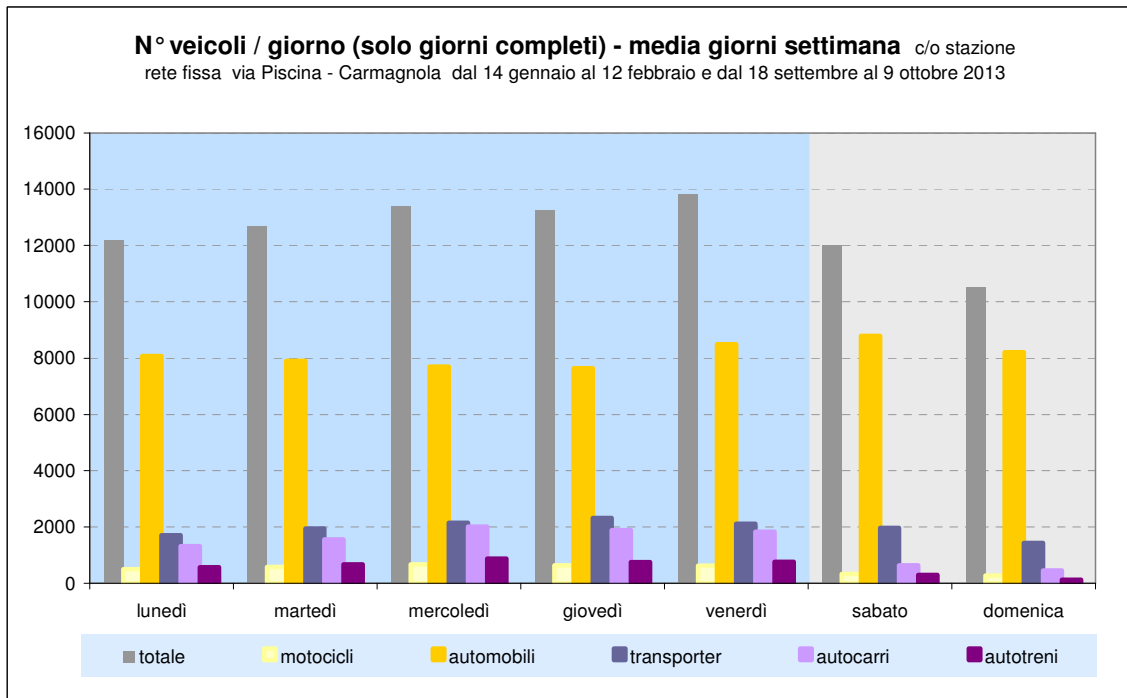


Figura 16: flussi di traffico veicolare in Carmagnola - via San Francesco da Sales- andamento giorni della settimana (solo giorni completi)

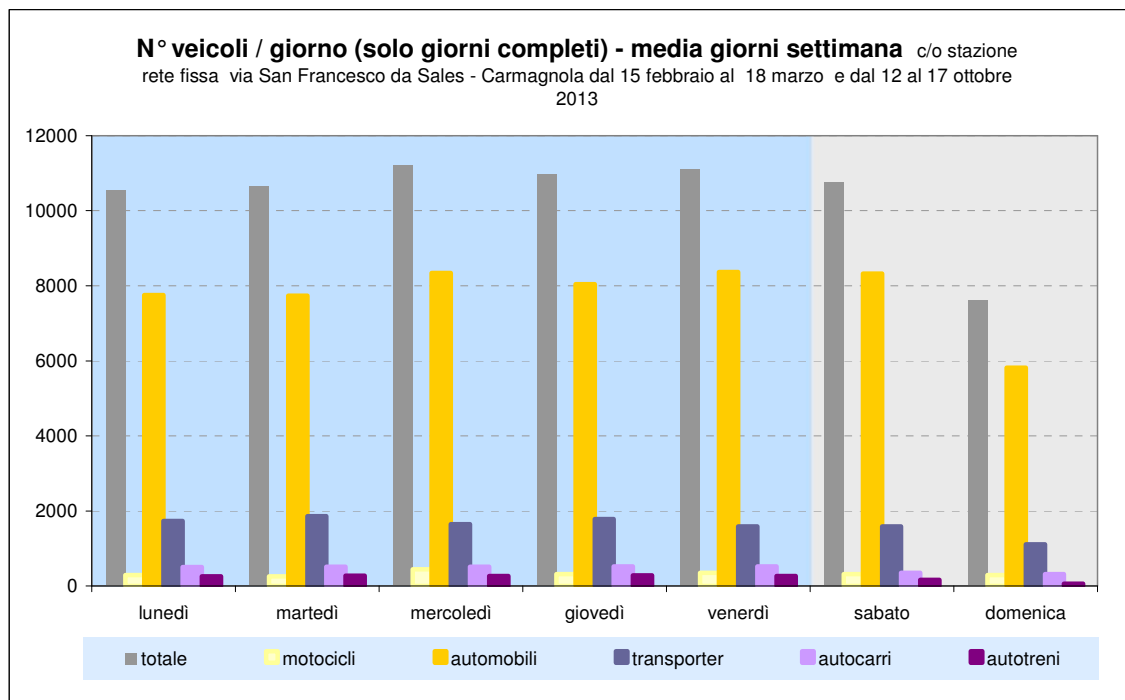


Figura 17: giorno medio flussi di traffico veicolare suddiviso in classi di veicoli in Carmagnola via piscina

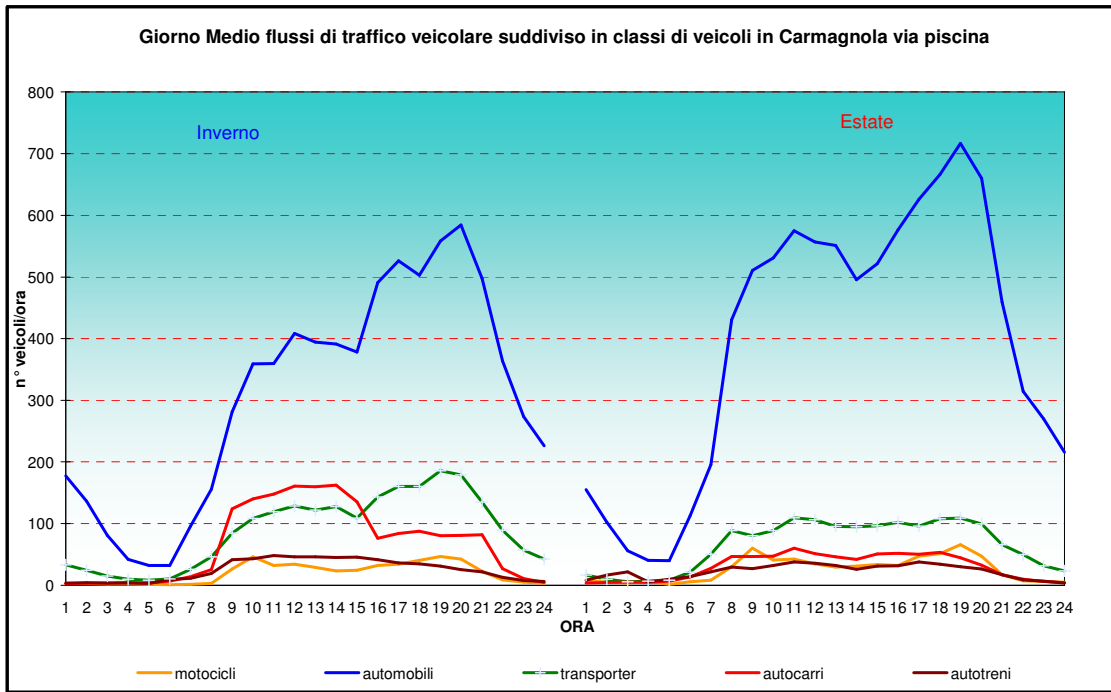


Figura 18: confronto giorno medio veicoli totali con giorno medio degli ossidi di azoto in Carmagnola via piscina

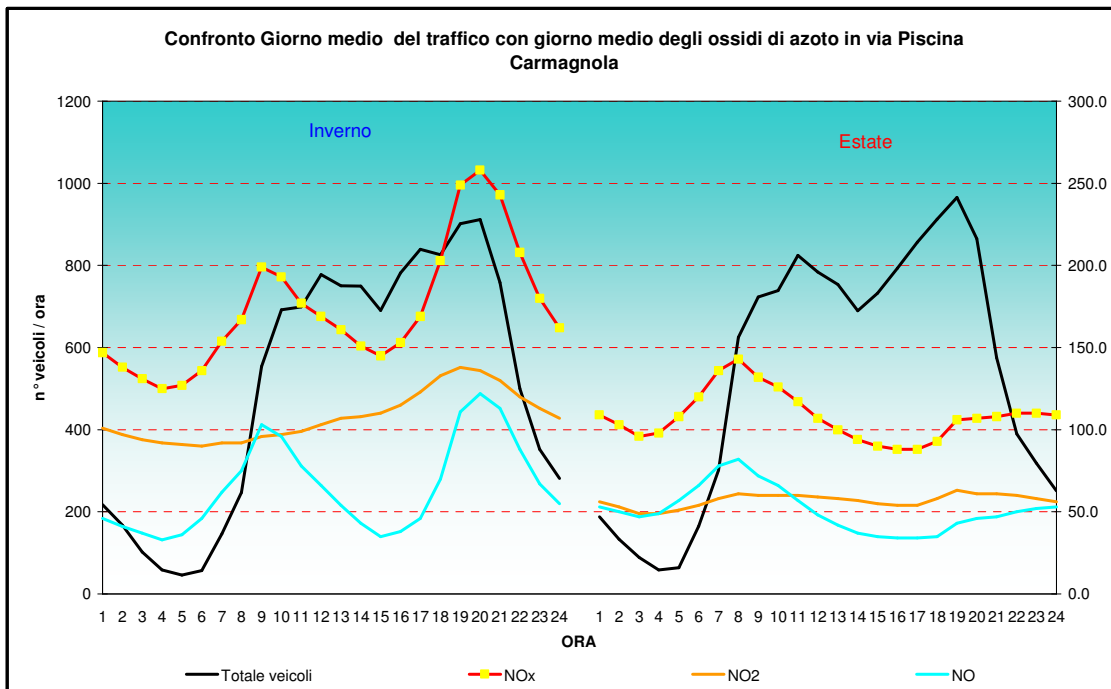


Figura 19: confronto giorno medio veicoli pesanti (autocarri più autotreni) con giorno medio ossidi di azoto in Carmagnola via piscina

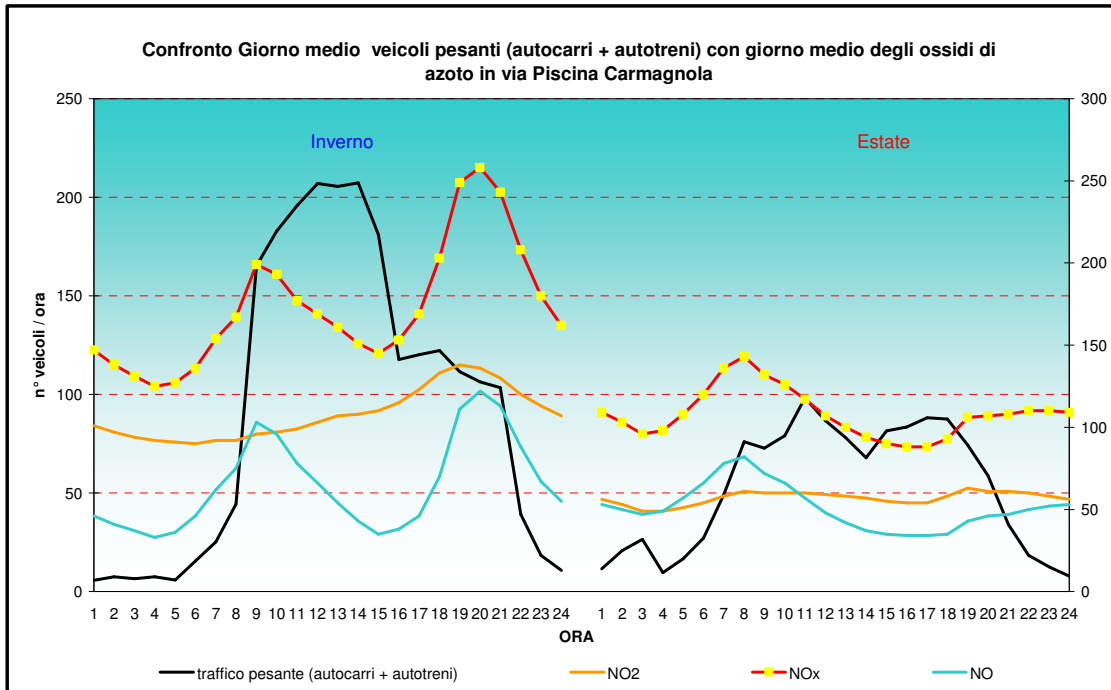
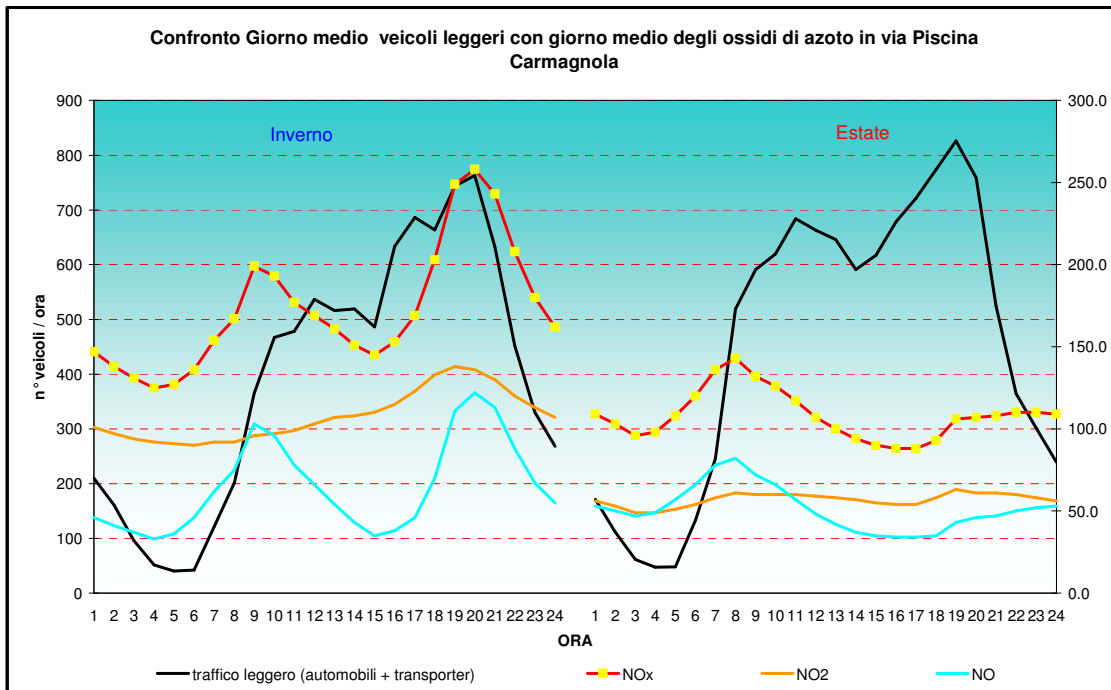


Figura 20: confronto giorno medio veicoli leggeri con giorno medio degli ossidi di azoto in Carmagnola via piscina



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.

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

La non problematicità di questo inquinante è confermata dai dati ottenuti durante le campagne di monitoraggio di Carmagnola, infatti i valori sia giornalieri sia orari sono ampiamente al di sotto dei limiti (Tabella 6 e Figura 21). Il massimo valore giornaliero è pari a 7,8 µg/m³ in inverno mentre in estate è di 6,9 µg/m³ (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 12 µg/m³, in inverno e di 9,1 in estate quindi è ampiamente rispettato il livello orario per la protezione della salute fissato dal D.Lgs 155/2010 in 350 µg/m³.

Dalla Figura 23 notiamo che i valori medi del giorno medio per l'SO₂ del sito di Carmagnola c/o impianti sportivi comunali sono inferiori 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 (SO₂) (µg/ m³)

	Inv.	Est.
Minima media giornaliera	3.1	4.8
Massima media giornaliera	7.8	6.9
Media delle medie giornaliere	4.8	6.0
Giorni validi	29	9
Percentuale giorni validi	100%	45%
Media dei valori orari	4.8	6.1
Massima media oraria	11.8	9.1
Ore valide	693	239
Percentuale ore valide	100%	50%
<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 21: SO₂: confronto con il livello di protezione della salute (media giornaliera)

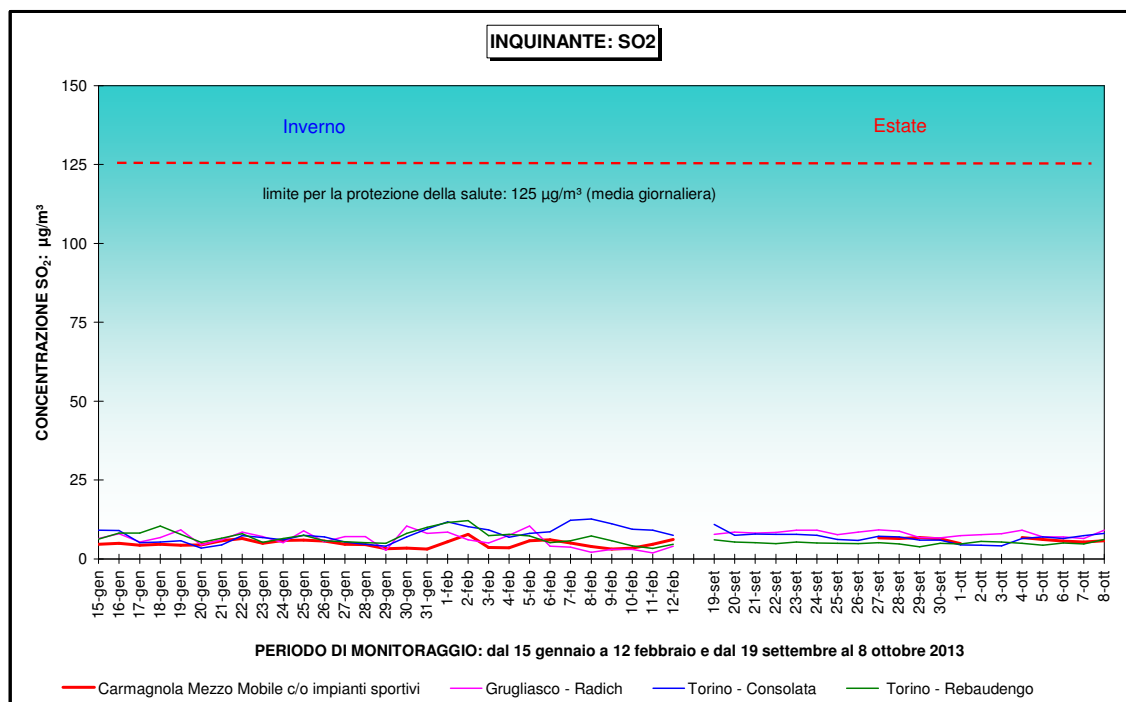


Figura 22:SO₂: medie orarie confronto con alcune stazioni della rete fissa

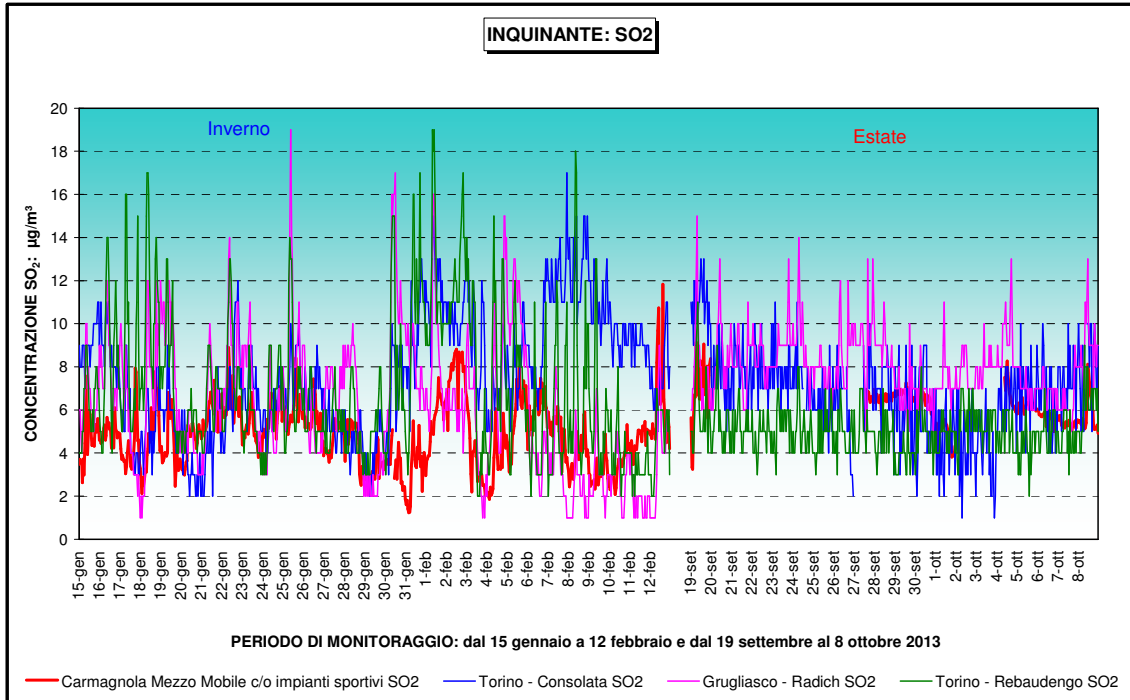
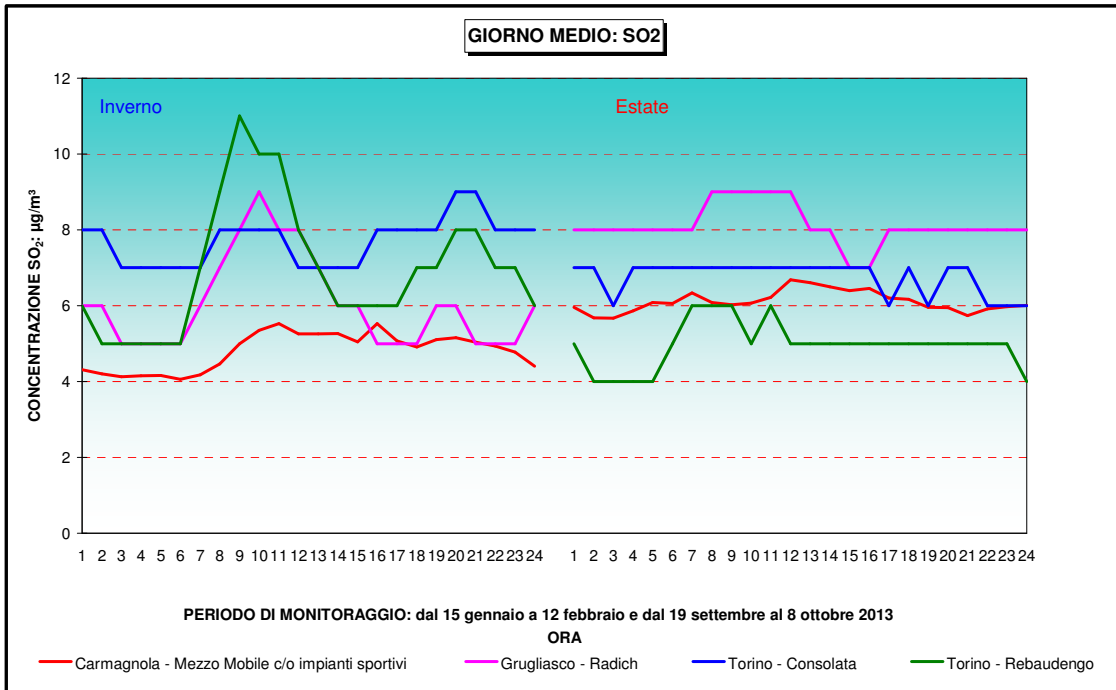


Figura 23:SO₂: giorno medio confronto con alcune stazioni della rete fissa



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 non è tossico in considerazione della normativa, ma viene 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; si può tuttavia osservare che nel Comune di Carmagnola nel periodo considerato (campagna invernale e estiva) si sono misurati valori di concentrazioni tra i più elevati della provincia nel sito di rilevamento della centralina della rete della qualità dell'aria di Carmagnola 1° maggio di via Piscina, infatti il sito monitorato dalla centralina è adiacente a due arterie automobilistiche ad intenso traffico veicolare lento; in queste condizioni i motori dei veicoli generano percentualmente più NO che NO₂ in quanto l'ossidazione dell'azoto atmosferico nei cilindri dei motori non è così spinta a causa dei bassi regimi; va comunque considerato che, una volta immesso in atmosfera, il monossido di azoto si trasforma per ossidazione in biossido di azoto, per cui la quantità di quest'ultimo in aria ambiente è molto maggiore di quella che sarebbe prevedibile sulla base della sola emissione diretta.

Nel sito di rilevamento con il laboratorio mobile adiacente agli impianti sportivi di corso Roma i valori di NO sono significativamente inferiori e simili ai valori di altre centraline della rete di monitoraggio di fondo suburbano o urbano come Vinovo - Volontari o Chieri - Bersezio, il massimo valore registrato nel sito del laboratorio mobile (media oraria) è pari a 135 µg/m³ in inverno e 57 µg/m³ in estate la massima media giornaliera è di 32 µg/m³ in inverno e 19 µg/m³ in estate, il valore medio della campagna estiva è di 19 µg/m³ e 8 µg/m³ in estate per una media complessiva di 14 µg/m³.

Dalla [Figura 26](#) notiamo come dal confronto del giorno medio misurato nel sito di monitoraggio con il laboratorio mobile con il giorno medio di alcune centraline della rete fissa, i valori misurati nel sito in esame sono significativamente inferiori ai valori della centralina di Carmagnola 1° Maggio, Torino Consolata e di Torino Rebaudengo, quest'ultima storicamente tra i siti con valori più alti della provincia. In [Figura 25](#) e [Tabella 8](#) vengono messi a confronto le medie del periodo con le medie annuali 2012 di tutte le centraline della provincia, i valori del sito in esame sono tra i più bassi dell'intera provincia superiori solo a siti remoti come Ceresole e Druento o a siti vallivi come Susa ed Oulx siti dove le caratteristiche anemologiche tipiche delle valli alpine, in particolare la presenza di brezze di monte e di valle, favorisce quotidianamente la dispersione degli inquinanti atmosferici.

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

	Inv.	Est.
Minima media giornaliera	6	5
Massima media giornaliera	32	19
Media delle medie giornaliere	19	8
Giorni validi	29	20
Percentuale giorni validi	100%	100%
Media dei valori orari	19	8
Massima media oraria	135	57
Ore valide	692	479
Percentuale ore valide	99%	100%

Figura 24: NO medie orarie confronto con alcune stazioni della rete fissa

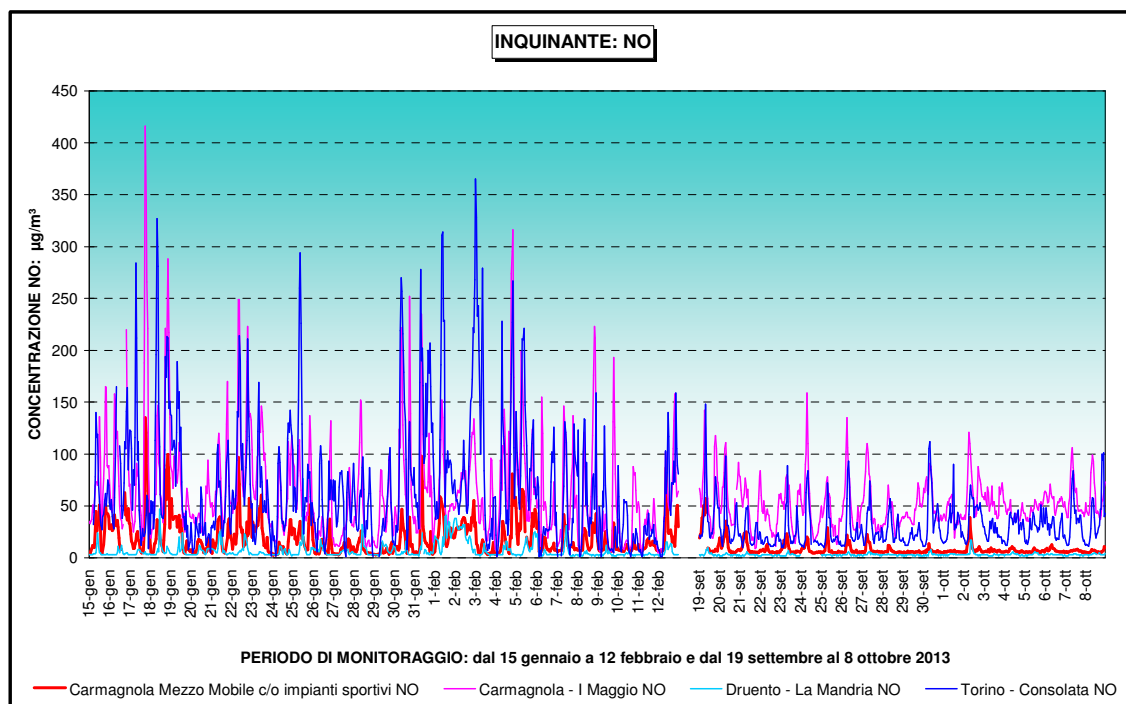


Figura 25: NO, confronto medie del periodo campagne con medie annuali 2012 nella provincia di Torino

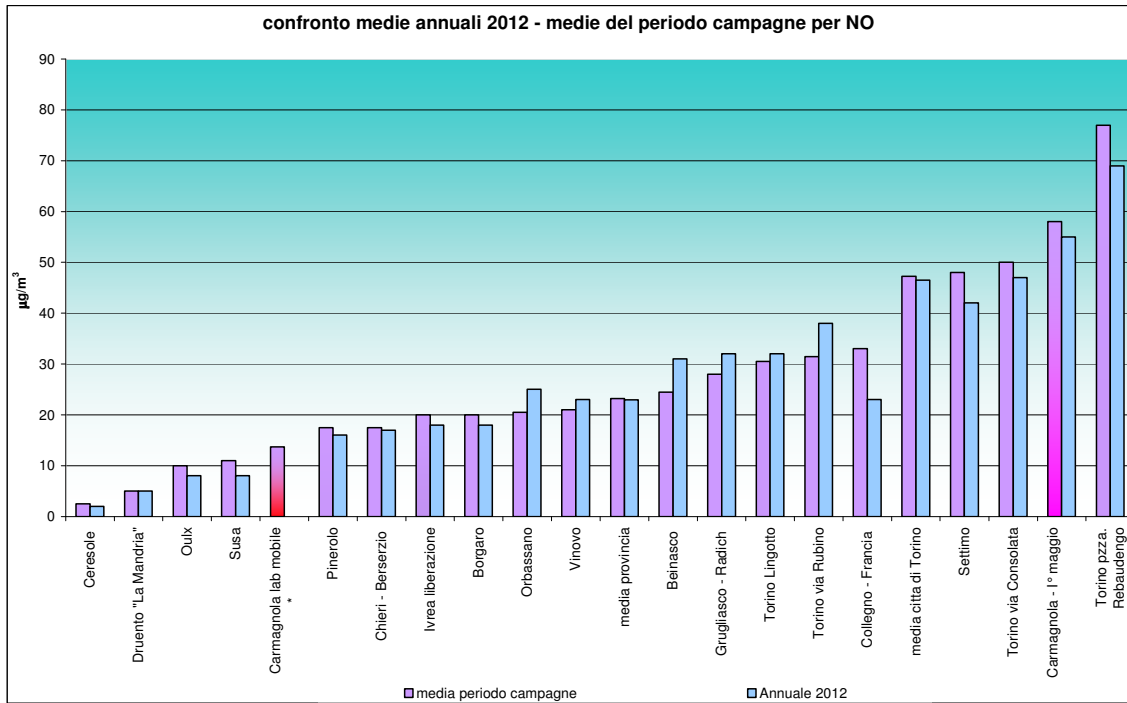
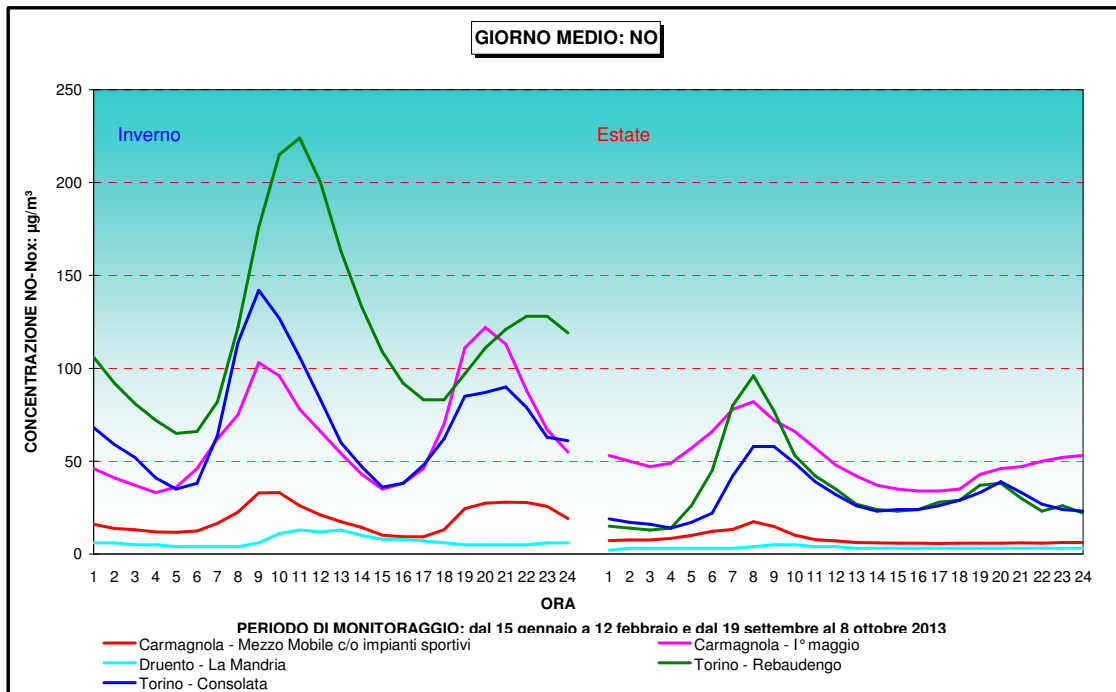


Figura 26: NO giorno medio confronto con alcune stazioni della rete fissa



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 NO₂ 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 reazioni fotochimiche che hanno luogo in aria ambiente.

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

Questo studio conferma i valori elevati di monossido e biossido d'azoto misurati dalla centralina della rete fissa di monitoraggio della qualità dell'aria di Carmagnola I° maggio considerato l'alto volume di traffico veicolare pesante misurato in via Piscina.

Per quello che riguarda NO₂ (Tabella 9), durante la campagna di monitoraggio nel sito di Carmagnola c/o impianti sportivi non si sono registrati superamenti del limite orario di 200 µg/m³ né tantomeno del livello di allarme di 400 µg/m³, essendo la massima media oraria misurata nel sito di monitoraggio di 107 µg/m³ in inverno e 81 µg/m³ in estate nello stesso periodo la stazione fissa di P.zza I Maggio ha presentato un'ora di superamento del valore limite orario in inverno e nessun superamento in estate.

Le Figura 27 e Figura 28 permettono di confrontare i dati delle campagne condotte con il mezzo mobile con quelli provenienti da alcune stazioni della rete fissa di monitoraggio nel corso sia della campagna invernale che di quella estiva: dal confronto è evidente che sia le medie orarie che il giorno medio di Carmagnola c/o impianti sportivi presentano concentrazioni superiori a Druento "La Mandria" - catalogata come sito rurale non interessata dal traffico veicolare diretto - e nettamente inferiori a Torino Consolata, Torino Rebaudengo e Carmagnola I° maggio, quest'ultimi siti da intenso traffico veicolare.

Dalla Figura 27 si evidenzia che, mentre nel sito in cui è stato posizionato il mobilab i valori minimi di biossido di azoto nel corso della campagna sono risultati in media dell'ordine di 20 µg/m³, nel sito della stazione fissa di P.zza I Maggio sono circa cinque volte più elevati e superiori anche a quelli delle stazioni fisse da traffico della città di Torino.

Il D.Lgs 155/2010 prevede 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. Si può però considerare un valore stimato di media annuale ricavato dal rapporto fra la media delle medie giornaliere del periodo, pari a 36 µg/m³, e un fattore ricavato come descritto nella nota.

Applicando tale procedimento, la media annuale stimata è pari a 33 µg/m³, valore significativamente inferiore al limite. Tale stima annuale è coerente con le concentrazioni annuali 2012 registrate nelle stazioni fisse di Vinovo e Beinasco, aventi caratteristiche d'inquinamento analoghe al sito della presente relazione vedi Tabella 8 e Figura 29. Si osservi per confronto che nel sito di P.zza I° Maggio la media annuale di biossido di azoto è di 79 µg/m³.

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 2012 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio della campagna a Carmagnola permette di ricavare la stima annuale:

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

dove

m_c : media periodo campagne NO₂ Carmagnola c/o impianti sportivi

M_c : media anno stimata NO₂ Carmagnola c/o impianti sportivi

m_p : media periodo campagne NO₂ Provincia di Torino

M_p : media anno 2012 NO₂ Provincia di Torino

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 NO₂ nell'aria sono di primaria importanza su tutto il territorio provinciale.

Tabella 8: NO₂ , NO confronto medie del periodo di monitoraggio con medie annuali 2012 nella provincia di Torino

	15/01/13 - 12/02/13		19/09/13 - 08/10/13		media periodo campagne		Annuale 2012	
	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	3	5	2	6	3	6	2	7
Druento "La Mandria"	7	24	3	8	5	16	5	18
Susa	14	28	8	17	11	23	8	22
Oulx	11	26	9	20	10	23	8	21
Ivrea liberazione	30	45	10	22	20	34	18	25
Vinovo	30	43	12	25	21	34	23	34
Pinerolo	23	42	12	28	18	35	16	31
Carmagnola lab mobile *	19	41	8	31	14	36		33
Chieri - Berserzio	30	58	5	19	18	39	17	33
Beinasco	38	38	11	39	25	39	31	33
Orbassano	31	50	10	27	21	39	25	35
media provincia	33	49	13	29	23	39	23	35
Borgaro	32	58	8	22	20	40	18	32
Grugliasco - Radich	42	47	14	36	28	42	32	45
Torino via Rubino	46	56	17	40	32	48	38	49
Collegno - Francia	51	67	15	37	33	52	23	40
Settimo	77	67	19	40	48	54	42	49
media città di Torino	68	72	27	47	47	60	47	55
Torino Lingotto	36	82	25	40	31	61	32	43
Torino via Consolata	70	70	30	56	50	63	47	59
Torino pzza. Rebaudengo	119	81	35	51	77	66	69	70
Carmagnola - 1° maggio	65	108	51	57	58	83	55	79

* = media annuale stimata

Tabella 9: Dati relativi al biossido di azoto (NO₂) (µg/ m³) sito c/o impianti sportivi comunali

	Inv.	Est.
Minima media giornaliera	31.8	20.7
Massima media giornaliera	61.3	40.7
Media delle medie giornaliere	40.7	30.8
Giorni validi	29	20
Percentuale giorni validi	100%	100%
Media dei valori orari	40.8	30.8
Massima media oraria	107.1	81.5
Ore valide	692	479
Percentuale ore valide	99%	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 27: NO₂ : confronto con i limiti di legge e con i dati delle stazioni fisse di Carmagnola 1° maggio Druento “La Mandria” e Torino Consolata

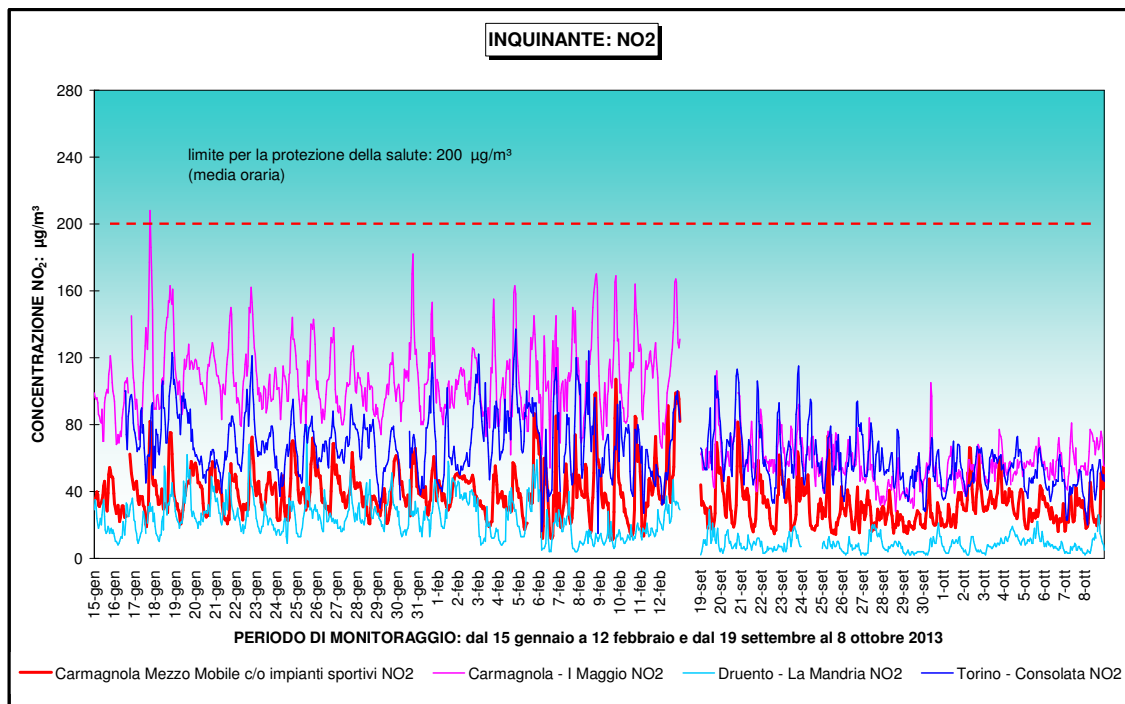


Figura 28: NO₂: andamento del giorno medio

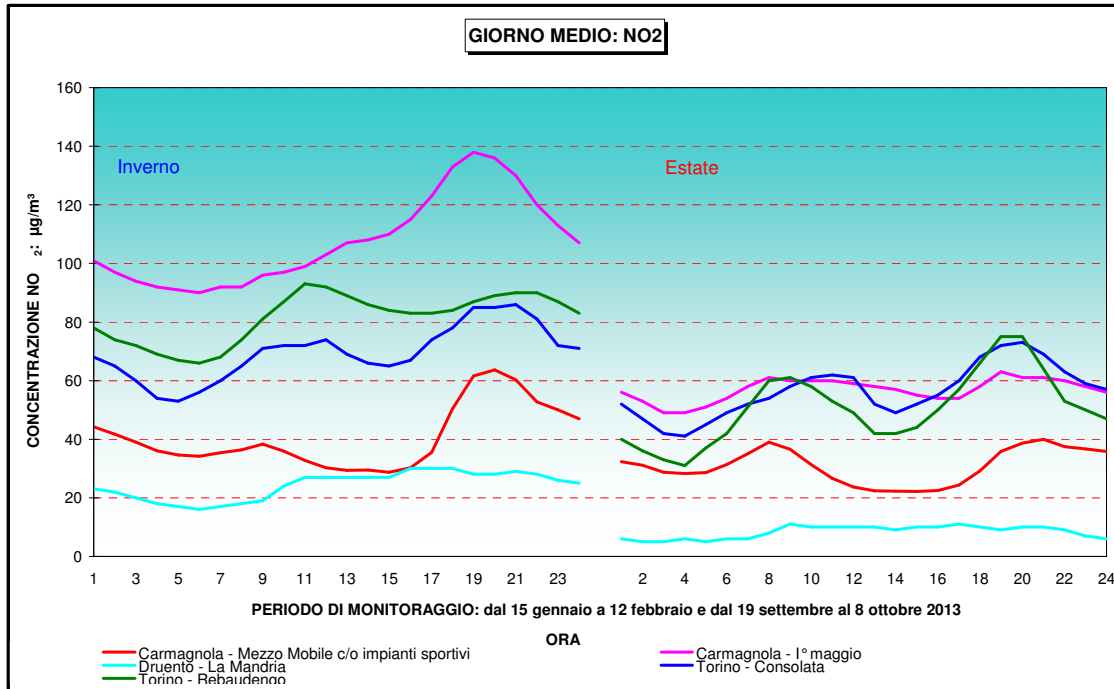
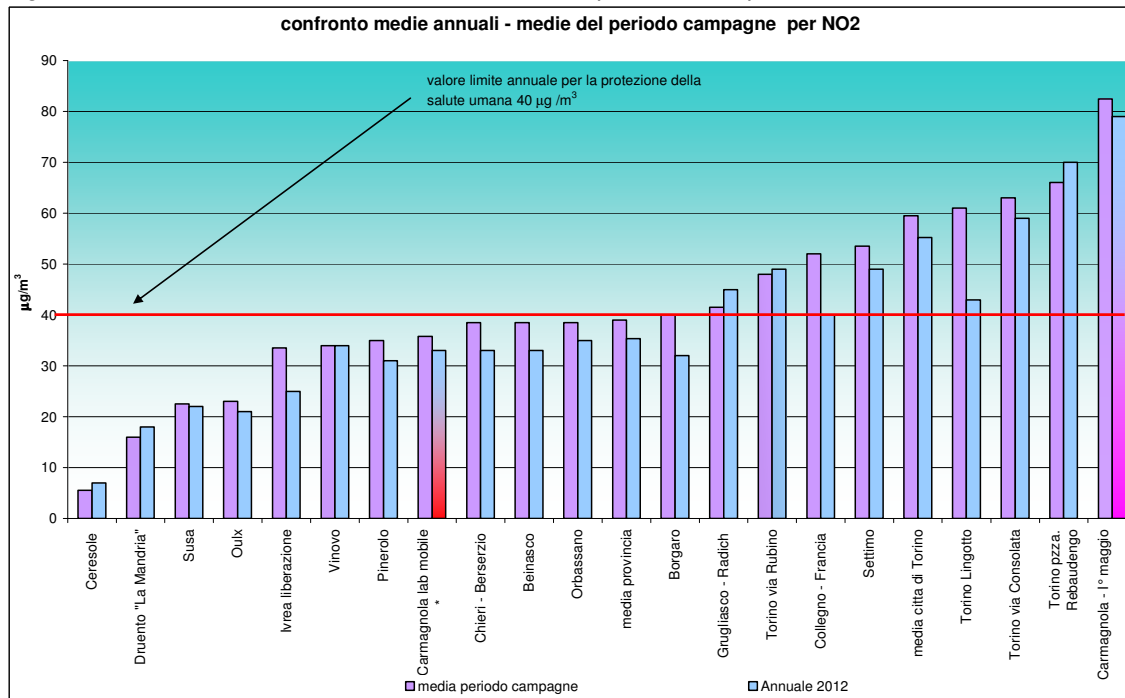


Figura 29: NO₂: confronto medie annuali e medie del periodo nella provincia di Torino



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 Carmagnola c/o impianti sportivi comunali 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 $1.6 \text{ mg}/\text{m}^3$ in inverno e 1.1 in estate (Figura 30) e tale limite non è raggiunto neppure su base oraria (il massimo valore orario è pari a $1.8 \text{ mg}/\text{m}^3$) nel corso della campagna invernale e di $1.2 \text{ mg}/\text{m}^3$ nel corso di quella estiva .

La Figura 32 mostra l'andamento medio delle concentrazioni del CO nel corso della giornata. Il confronto con i dati di alcune stazioni della rete provinciale indica che il sito di Carmagnola c/o impianti sportivi presenta valori inferiori a alle stazioni di Torino e simili alla centralina di Oulx e Carmagnola I° maggio.

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/m³)

	Inv.	Est.
Minima media giornaliera	0.6	0.5
Massima media giornaliera	1.5	1.1
Media delle medie giornaliere	1.0	0.9
Giorni validi	27	19
Percentuale giorni validi	93%	95%
Media dei valori orari	1.0	0.9
Massima media oraria	1.8	1.2
Ore valide	668	470
Percentuale ore valide	96%	98%
Minimo delle medie 8 ore	0.6	0.5
Media delle medie 8 ore	1.0	0.9
Massimo delle medie 8 ore	1.6	1.1
Percentuale medie 8 ore valide	95%	97%
<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 30: CO: confronto con il limite di legge (media trascinata sulle 8 ore)

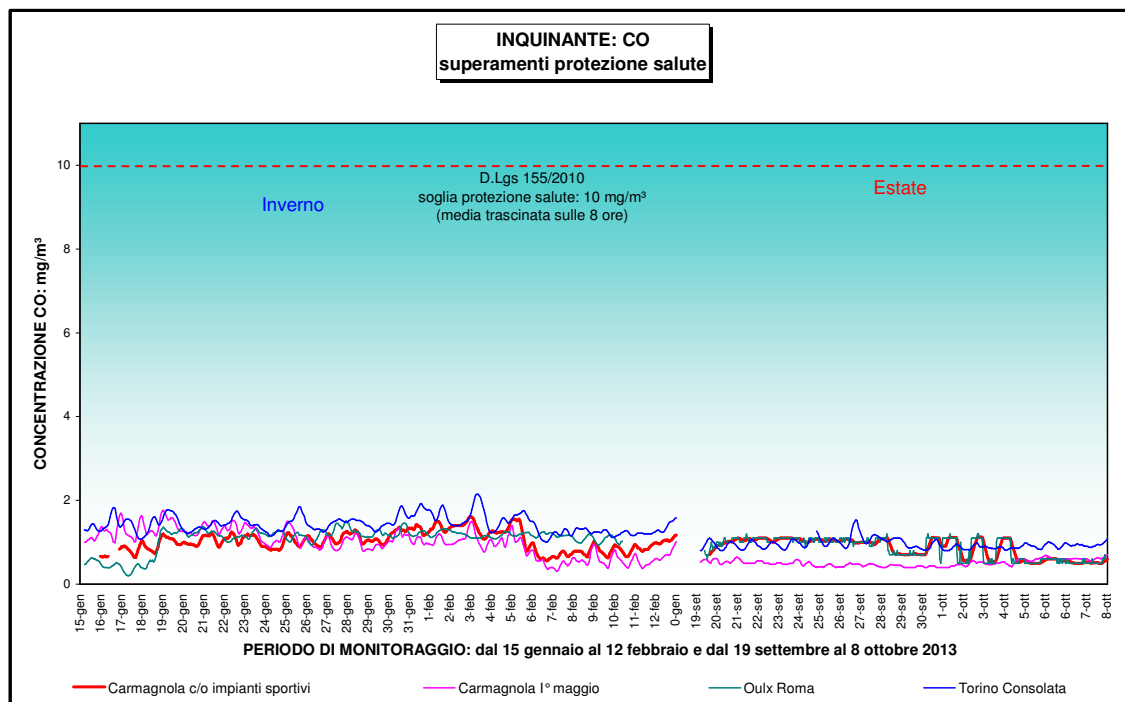


Figura 31: CO andamento medie orarie

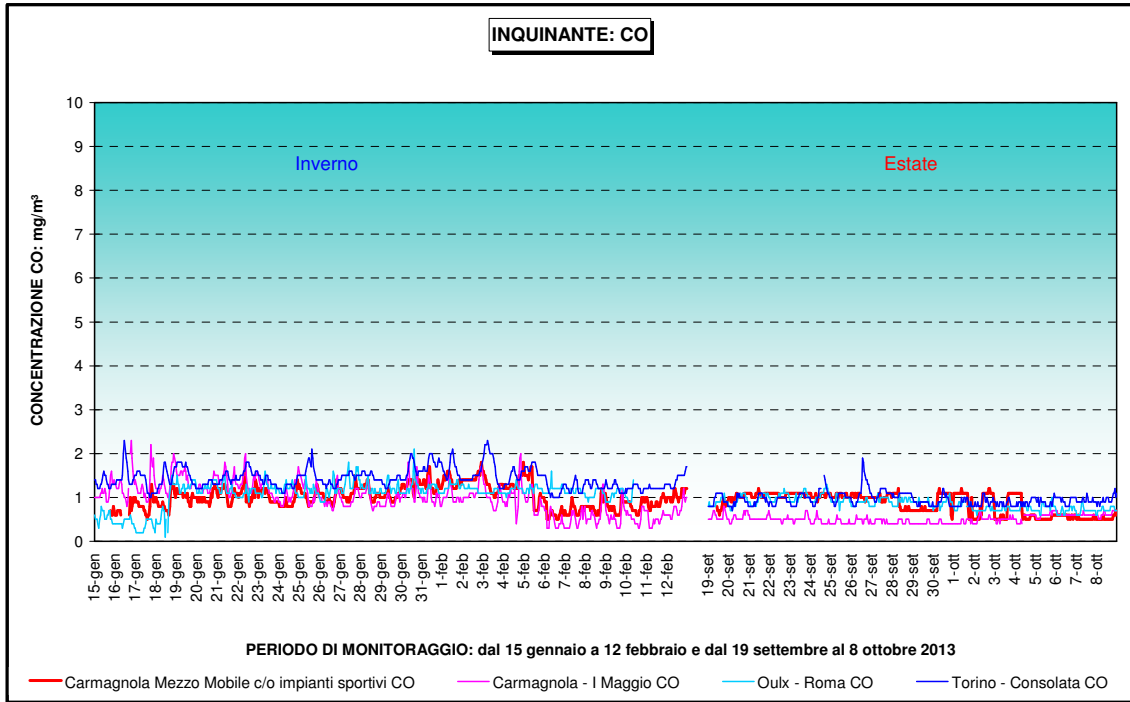
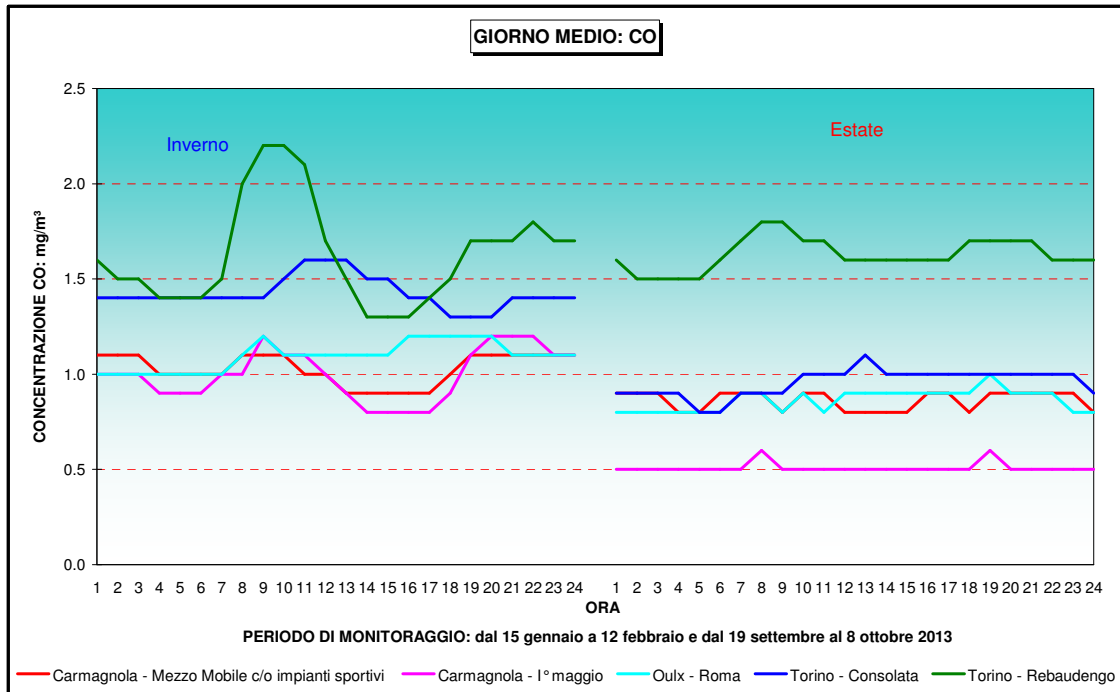


Figura 32: CO: andamento del giorno medio



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 Carmagnola è stata determinata una concentrazione media pari a $1.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nel corso della campagna invernale (la più critica per questo inquinante) e 1.1 in estate (media delle medie giornaliere), come riportato in [Tabella 11](#): dalla [Figura 33](#) e dalla [Figura 34](#) osserviamo che le concentrazioni orarie del benzene nel sito monitorato con il laboratorio mobile hanno un andamento significativamente inferiore a tutte le stazioni messe a confronto; 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 scarso traffico e alle caratteristiche del sito di monitoraggio (fondo 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 delle due campagne di monitoraggio, pari a $1,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, e un fattore ricavato come descritto nella nota.

Applicando tale procedimento, la media annuale stimata è pari a $1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, (vedi [Figura 35](#)) valore inferiore al limite.

Nota

Si sono calcolate le medie delle concentrazioni del benzene per il periodo delle due campagne, di tutte le stazioni della provincia in cui viene monitorato tale parametro; dal rapporto con la media dell'anno 2012 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne a Carmagnola permette di ricavare la stima annuale:

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

dove

m_c : media periodo campagne benzene Carmagnola

M_c : media anno stimata benzene Carmagnola

m_p : media periodo campagne benzene Provincia di Torino

M_p : media anno 2012 benzene Provincia di Torino

Per il toluene la massima media giornaliera è risultata essere di 2.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in inverno e 2.3 in estate (Tabella 12), ben al di sotto del valore guida consigliato dall'OMS di 260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ come media settimanale.

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

	Inv.	Es.t
Minima media giornaliera	1.1	0.7
Massima media giornaliera	2.6	1.5
Media delle medie giornaliere	1.7	1.1
Giorni validi	25	19
Percentuale giorni validi	86%	95%
Media dei valori orari	1.7	1.1
Massima media oraria	3.4	2.9
Ore valide	635	469
Percentuale ore valide	91%	98%

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

	Inv.	Est.
Minima media giornaliera	0.7	0.5
Massima media giornaliera	2.8	2.3
Media delle medie giornaliere	1.4	1.1
Giorni validi	23	17
Percentuale giorni validi	79%	85%
Media dei valori orari	1.5	1.1
Massima media oraria	11.7	5.3
Ore valide	591	421
Percentuale ore valide	85%	88%

Figura 33: Benzene: andamento orario e confronto con i dati delle stazioni di Borgaro, Torino – Consolata e Vinovo.

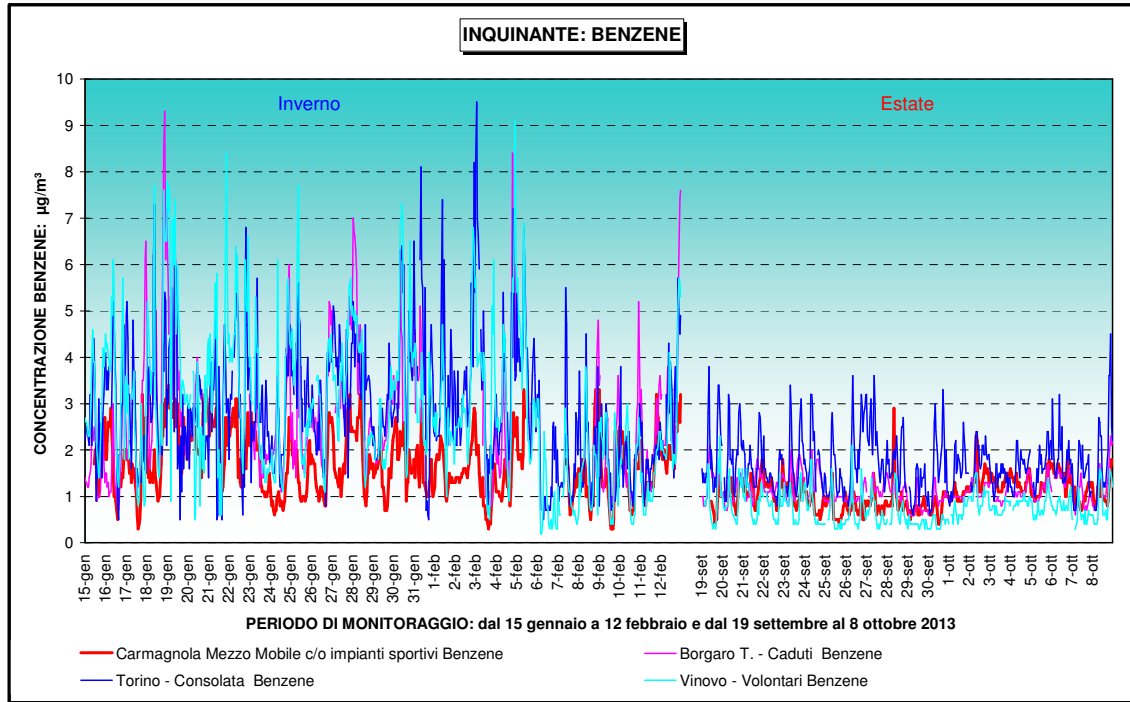


Figura 34: Benzene: giorno medio e confronto con i dati delle stazioni di Torino – Consolata, Torino – Rebaudengo, Borgaro e Vinovo.

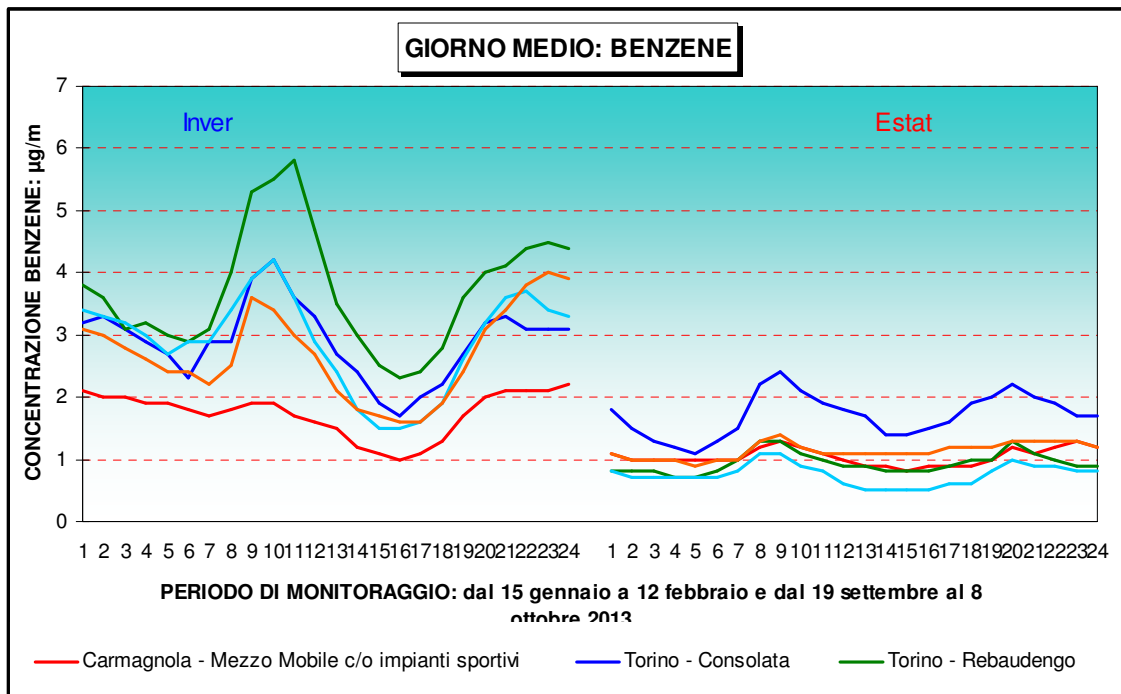
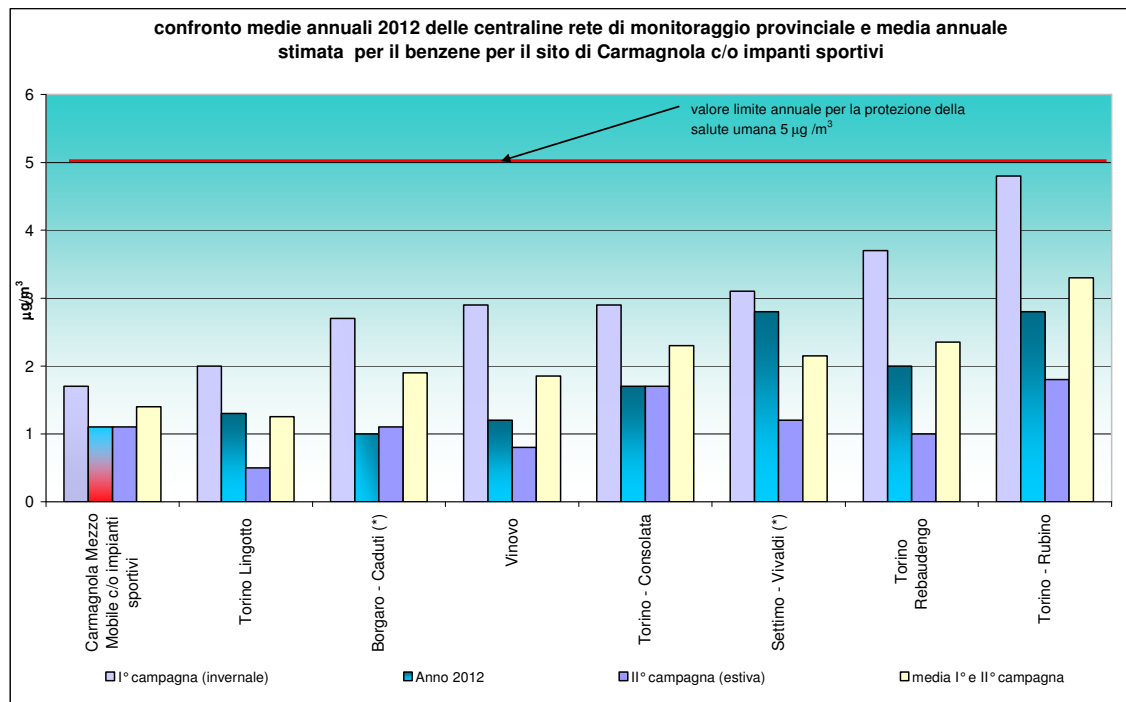


Figura 35: Benzene confronto media annuali 2012 e media del periodo.



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. Una percentuale significativa del particolato urbano è inoltre originata da processi secondari che portano alla trasformazione in particolato di inquinanti originariamente messi come gas.

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 DM 60/2002 ha previsto dei limiti esclusivamente per il particolato PM_{10} , cioè la frazione con diametro aerodinamico inferiore a $10 \mu m$, 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 DLgs 155/2010 ha introdotto , come descritto nel capitolo relativo alla normativa, un valore limite e un valore obiettivo annuale anche per il PM_{2.5} (particolato con diametro aerodinamico inferiore ai 2.5 µm) .

PM₁₀

Nel monitoraggio eseguito nel comune di Carmagnola c/o impianti sportivi vi sono stati, (per il particolato PM₁₀) nel corso della campagna invernale, 10 superamenti del valore limite giornaliero di 50 µg/m³ su 21 giorni validi pari al 48 %, mentre durante la campagna estiva non vi sono stati superamenti, come indicato in Tabella 13 , in Figura 36 e **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, 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 anche in stazioni non interessate da traffico veicolare come la stazione di Druento “La Mandria”, posizionata all’interno del omonimo parco regionale o Susa ed Oulx siti dove le caratteristiche anemologiche come le brezze di monte e di valle presenti nelle valli alpine favoriscono quotidianamente la dispersione degli inquinanti atmosferici.

Nello stesso periodo nella centralina di piazza I° maggio si sono calcolati 18 superamenti del limite giornaliero di 50 µg/m³ in inverno e 5 in estate ad avvalorare la tesi che il maggior numero di autoveicoli pesanti (autocarri e autotreni) e in generale i veicoli diesel (transporter) producono un maggior quantitativo di PM₁₀ e PM_{2.5} rispetto ai veicoli leggeri ; come riportato nel capitolo dedicato ai rilievi eseguiti con il conta traffico nel sito di via Piscina il numero dei veicoli pesanti (2452 veicoli pesanti/giorno) e di transporter (1940 transporter/giorno) è elevato..

Il valore medio dei due periodi nel corso delle due campagne di monitoraggio rilevato nel sito di Carmagnola c/o impianti sportivi è pari a 40 µg/m³ (Tabella 15 e Figura 39), In termini assoluti tale valore è pari al valore limite previsto dalla normativa per la protezione della salute umana (40 µg /m³) 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 dal rapporto fra la media delle medie giornaliere del periodo e un fattore ricavato come descritto nella nota.

Applicando tale procedimento, la media annuale stimata è pari a 38 µg/m³, (vedi Figura 39) valore prossimo al limite. Si osservi per confronto che nel sito di P.zza I° Maggio la media annuale di biossido di azoto è di 50 µg/m³.

Nota

Si sono calcolate le medie delle concentrazioni del PM₁₀ per il periodo delle due 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 2012 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne a Carmagnola c/o impianti sportivi permette di ricavare la stima annuale:

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

dove

m_c : media periodo campagne PM₁₀ Carmagnola impianti sportivi

M_c : media anno stimata PM₁₀ Carmagnola impianti sportivi

m_p : media periodo campagne PM₁₀ Provincia di Torino

M_p : media anno 2012 PM₁₀ Provincia di Torino

La

Figura 36 mostra come l'andamento e i livelli di PM_{10} determinati per il sito di Carmagnola c/o impianti sportivi siano inferiori alle stazioni della città di Torino, di Carmagnola 1° maggio e superiori alle altre centraline messe a confronto; 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 o era presente vento con velocità sostenute.

$PM_{2.5}$

Il parametro $PM_{2.5}$ segue, come andamento temporale e valori medi di concentrazione giornaliera, il PM_{10} (vedi Figura 38).

Il valore medio del periodo è $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in inverno e $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in estate e una media dei due periodi di $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dalla Figura 37 e dalla Figura 40 notiamo che, in termini relativi, i valori di $PM_{2.5}$ nel sito di Carmagnola c/o impianti sportivi sono risultati mediamente comparabili a quelle delle altre stazioni provinciali in cui viene misurato questo inquinante, ad eccezione di Ceresole Reale. In termini assoluti tale valore è superiore al valore obiettivo previsto dalla normativa pari a $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ che però va calcolato su base annuale; si è quindi proceduto analogamente al PM_{10} alla stima del valore medio annuale, che risulta essere di $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (vedi Tabella 16 e Figura 40) valore significativamente superiore al limite fissato dal DLgs 155/2010. Si osservi a questo proposito che il limite annuale per il $PM_{2.5}$ viene superato in tutte le stazioni fisse di pianura in cui viene misurato questo inquinante.

I dati evidenziano inoltre che il PM_{10} è in realtà costituito in gran parte da $PM_{2.5}$. La concentrazione media nel periodo di monitoraggio del $PM_{2.5}$ è infatti circa l'87% del PM_{10} . Questo fenomeno è tipico dei siti di fondo urbano e indica che il PM_{10} è prevalentemente di origine secondaria, vale a dire non messo direttamente da una o più tipologie di fonti ma originato da fenomeni chimico-fisici che avvengono in atmosfera e portano alla trasformazione in particolato di sostanze originariamente emesse in forma gassosa.

In termini generali per $PM_{2.5}$ e PM_{10} , che sono due tra gli inquinanti più critici nell'intero bacino padano, sono necessari interventi strutturali a livello provinciale e regionale per la riduzione delle fonti primarie di polveri e dei precursori della componente secondaria del particolato. Tuttavia anche interventi a livello locale in armonia con tale strategia possono dare un contributo importante per ottenere gli obiettivi indicati.

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

	Inv.	Est.
Minima media giornaliera	17	12
Massima media giornaliera	71	50
Media delle medie giornaliere (b):	46	33
Giorni validi	21	20
Percentuale giorni validi	72%	100%
Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	10	0

Tabella 14: Dati relativi al particolato sospeso PM_{2,5} (µg/m³)

	Inv.	Est.
Minima media giornaliera	13	9
Massima media giornaliera	68	38
Media delle medie giornaliere (b):	41	24
Giorni validi	22	20
Percentuale giorni validi	76%	100%

Tabella 15: PM₁₀ (µg/m³) confronto numero di superamenti limite giornaliero, concentrazioni medie del periodo e anno 2012

	periodo I° campagna (invernale)		II° campagna (estiva)		periodo I° e II° campagna		anno 2012	
	media periodo [µg/m ³]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	media periodo [µg/m ³]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	media periodo [µg/m ³]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	media anno 2012 [µg/m ³]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)
Oulx - Roma	19	2	19	0	19	2	22	2
Susa - Repubblica, PM10	22	3	25	2	24	5	21	15
Druento - La Mandria, PM10	34	6	28	1	31	7	28	45
Pinerolo - Alpini, PM10	34	4	33	1	34	5	29	54
Ivrea - Liberazione, PM10	42	9	25	0	34	9	34	71
Carmagnola Mezzo Mobile c/o impianti sportivi, PM10 (*)	47	10	33	0	40	10	38	
Torino - Rubino, PM10	49	15	34	1	42	16	40	83
Torino - Lingotto, PM10	50	14	34	2	42	16	42	94
Borgaro T. - Caduti, PM10	53	14	37	3	45	17	42	90
Settimo T. - Vivaldi, PM10 (**)	62	20	29	0	46	20	44	111
Torino - Consolata, PM10	55	16	37	1	46	17	48	118
Collegno - Francia, PM10	50	11	46	4	48	15	33	50
Carmagnola - I Maggio, PM10	58	18	39	5	49	23	50	137
Torino - Grassi, PM10	67	17	44	3	56	20	60	103

(*)=media annuale stimata

Tabella 16: : PM_{2.5} (µg/m³) confronto, concentrazioni medie del periodo e anno 2012

	periodo I° campagna (invernale)	II° campagna (estiva)	periodo I° e II° campagna	anno 2012
Ivrea - Liberazione, PM2.5	40	17	29	27
Torino - Lingotto, PM2.5	41	22	32	33
Carmagnola Mezzo Mobile c/o impianti sportivi, PM2.5 (*)	41	24	33	36
Chieri Bersezio PM2.5	45	21	33	43
Borgaro T. - Caduti, PM2.5	43	24	34	31
Settimo T. - Vivaldi, PM2.5	50	18	34	37

(*)= media annuale stimata

Figura 36: Particolato sospeso PM₁₀: confronto con il limite giornaliero per la protezione della salute e con i dati di alcune stazioni della rete fissa

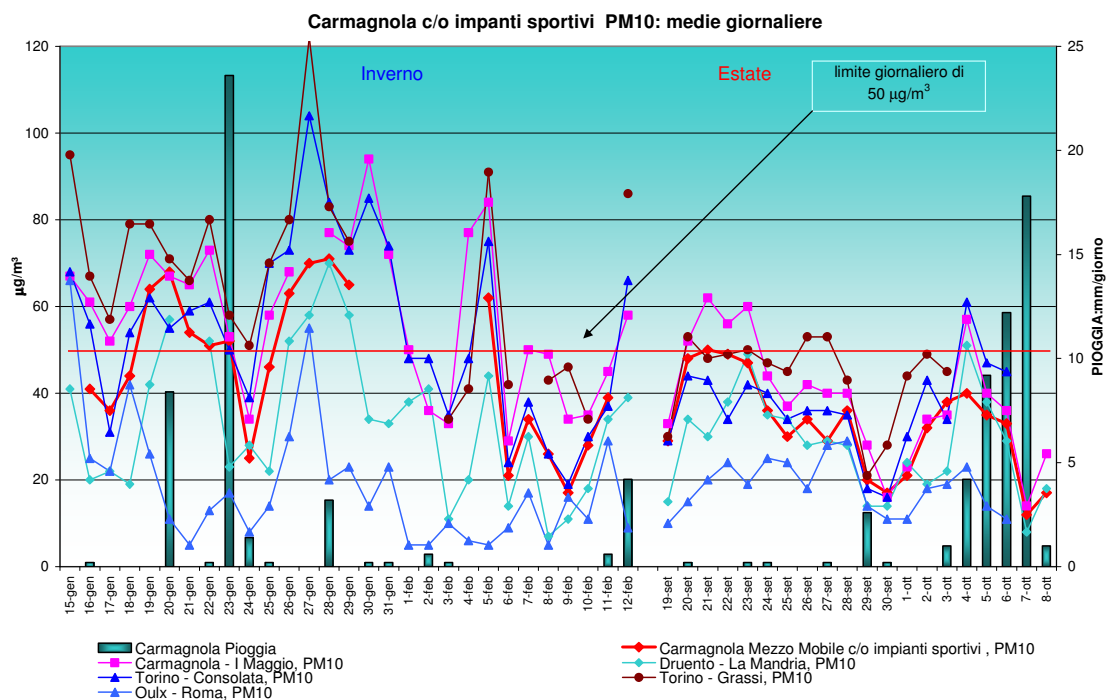


Figura 37: Particolato sospeso PM_{2,5}: confronto con i dati di alcune stazioni della rete fissa

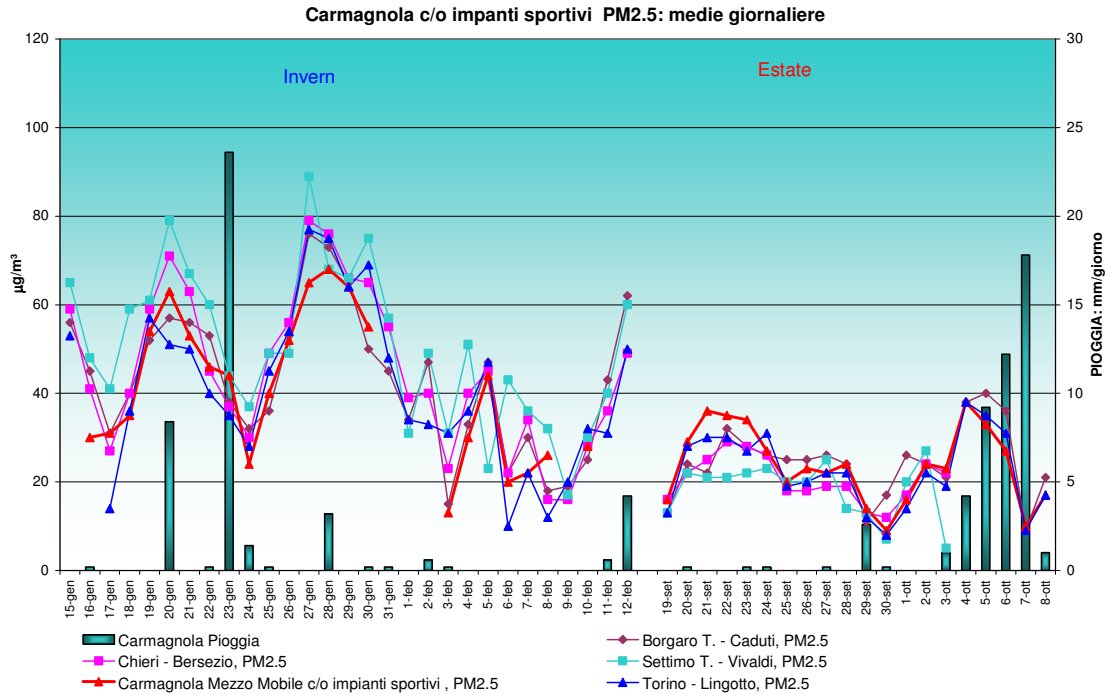


Figura 38: Particolato sospeso PM₁₀ e PM_{2,5}: confronto

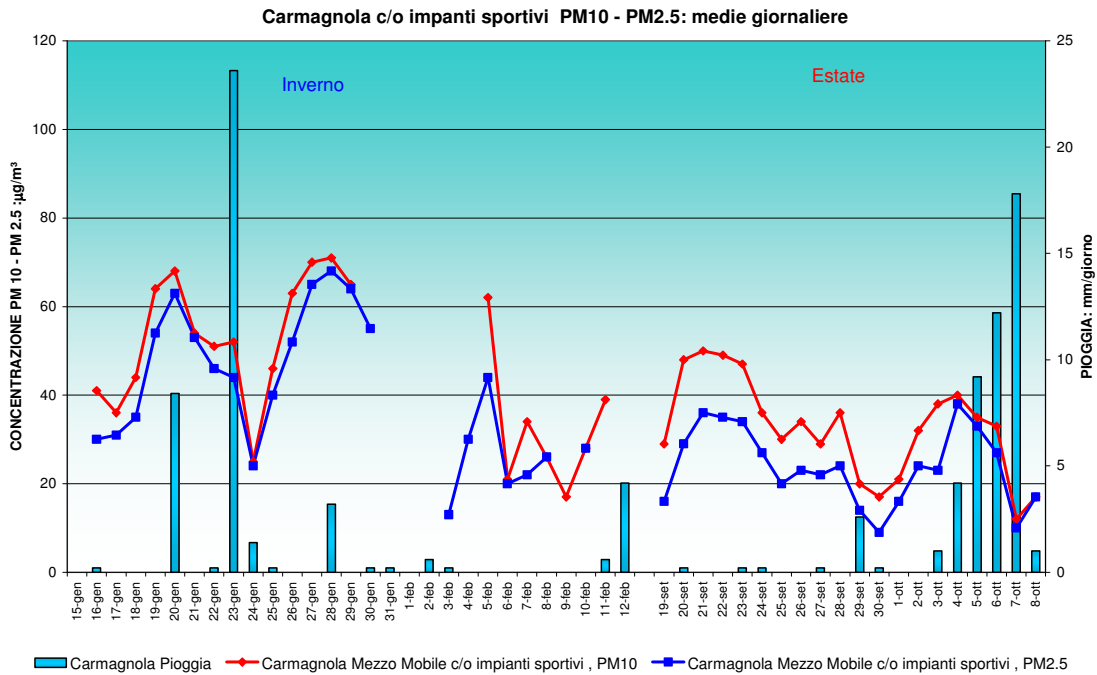


Figura 39: Particolato sospeso PM₁₀ confronto medie anno 2012 e medie del periodo nella provincia di Torino

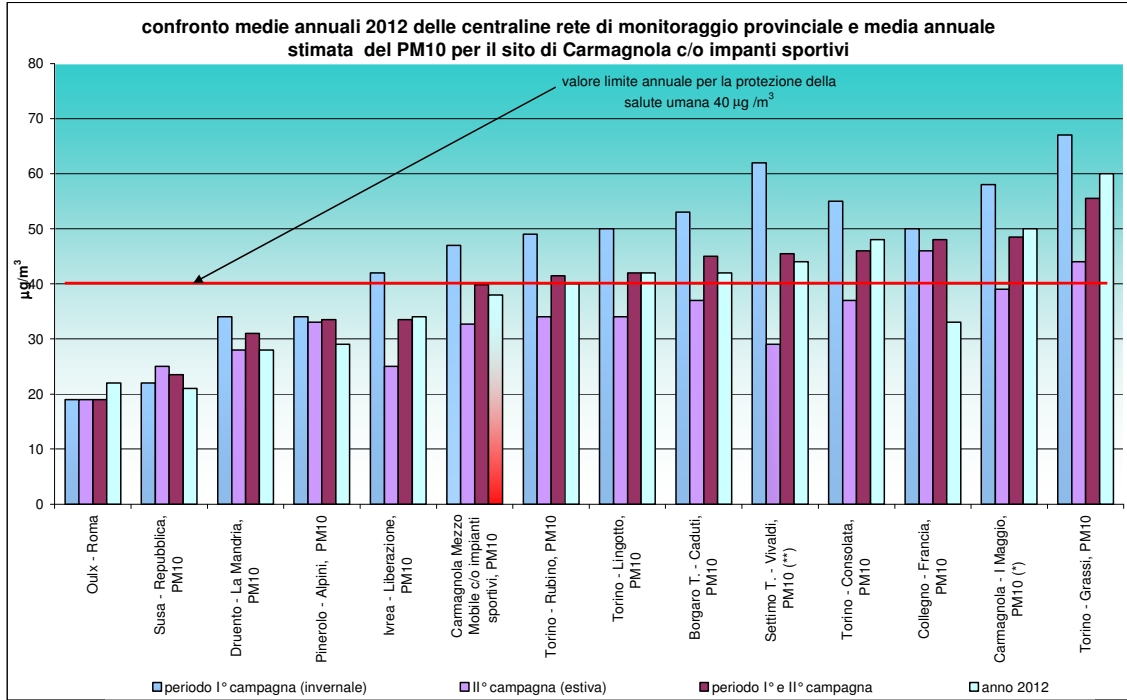
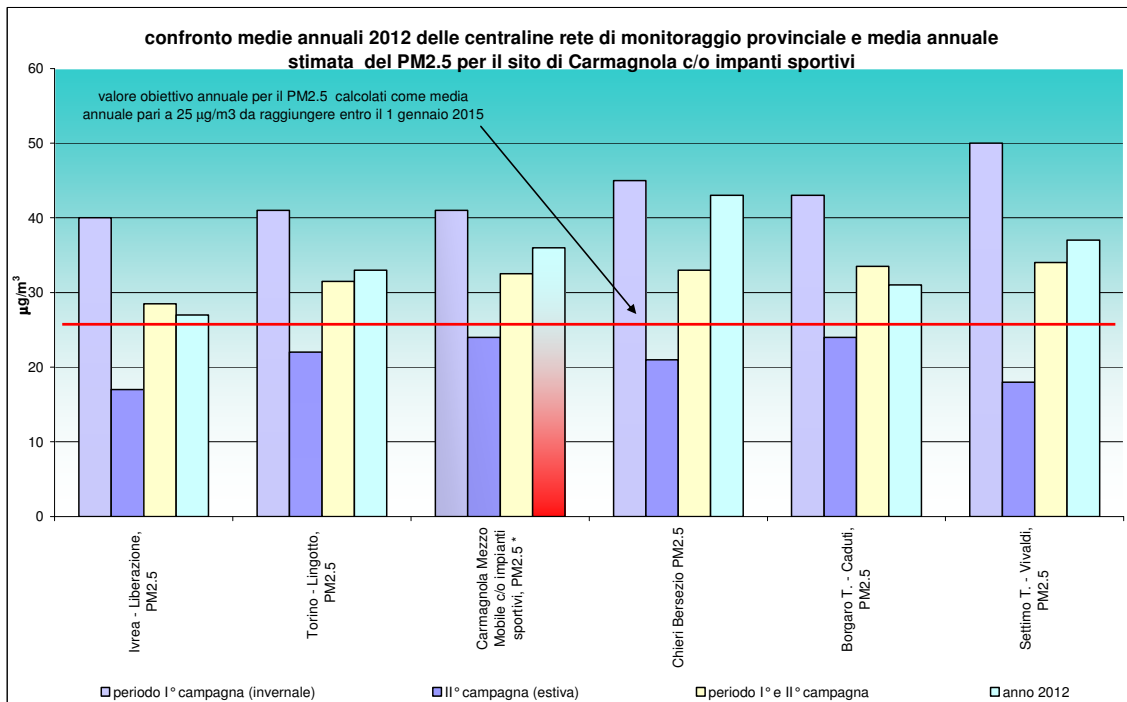
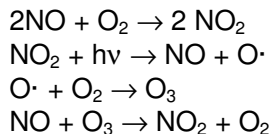


Figura 40: Particolato sospeso PM_{2,5} confronto medie anno 2012 e medie del periodo nella provincia di Torino



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).

Nel corso della campagna di monitoraggio effettuata nel periodo invernale, il meno critico per questo inquinante a causa del minore irraggiamento solare, nel sito oggetto della relazione 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 mentre nella seconda campagna si sono avuti 2 superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana e nessun superamento della soglia di informazione né della soglia di allarme. Va considerato che la seconda campagna, per ragioni organizzative, è stata effettuata in un periodo a cavallo tra la fine dell'estate e l'inizio dell'autunno, quando l'irraggiamento solare è relativamente basso, tanto che tra le stazioni fisse solo quella di Orbassano ha presentato superamenti. E' quindi del tutto presumibile che nel periodo giugno-agosto, il più critico per l'ozono, anche nel sito di Via Roma si verificano numerosi superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana.

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 nel periodo invernale mentre in quello estivo i valori più elevati si raggiungono dalle ore 14 alle 20 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 43 e Figura 44 .

Complessivamente per questo inquinante la situazione nel sito di monitoraggio è analoga a quella osservata per siti simili in Provincia di Torino vedi Tabella 18 e evidenzia una certa criticità, visto che la normativa attualmente in vigore (D.Lgs 155/2010) prevede che a partire dal 2010 il valore di $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ non venga superato per più di 25 giorni per anno civile come media su tre anni³. Va sottolineato che si tratta di una criticità estesa a tutto il territorio provinciale. L'ozono infatti, data la origine secondaria, è di fatto un inquinante ubiquitario: nei siti più periferici e remoti sono possibili fenomeni di trasporto e accumulo sia dell'ozono sia dei precursori emessi nelle aree antropizzate. Per la risoluzione delle problematiche legate a questo inquinante sono quindi fondamentali le politiche a livello regionale o sovragiornale miranti alla complessiva riduzione dei precursori (in particolare NO_x e COV).

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

	Inv.	Est.
Minima media giornaliera	6.4	23.8
Massima media giornaliera	58.4	59.4
Media delle medie giornaliere	24.9	43.3
Giorni validi	29	20
Percentuale giorni validi	100%	100%
Media dei valori orari	24.9	43.3
Massima media oraria	98.0	138.9
Ore valide	693	478
Percentuale ore valide	100%	100%
Minimo delle medie 8 ore	4.4	2.9
Media delle medie 8 ore	25.1	43.6
Massimo delle medie 8 ore	82.5	122.2
Percentuale medie 8 ore valide	99%	99%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore(120)</u>	0	2
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 120)</u>	0	2
<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

³ Il primo valore di confronto verrà quindi calcolato nel 2013 in riferimento al triennio 2010-2012.(D.Lgs. 155/2010 All VII.2 nota(1))

Figura 41: O₃: confronto con i limiti di legge

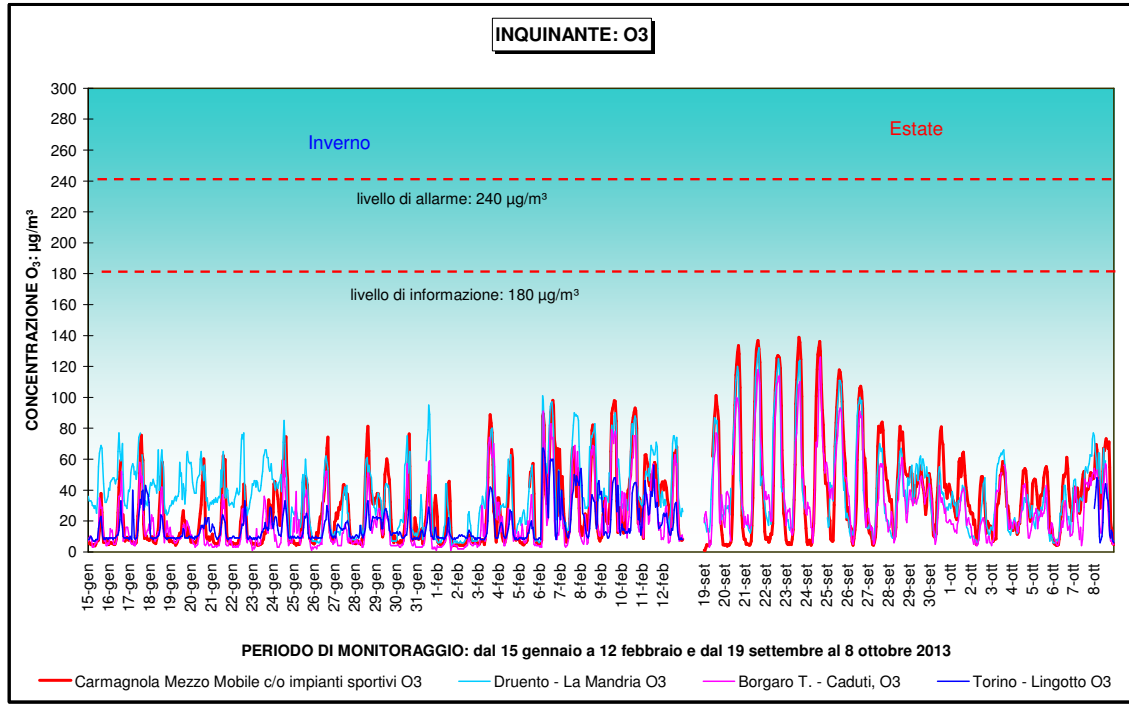


Figura 42: O₃ superamenti protezione della salute umana

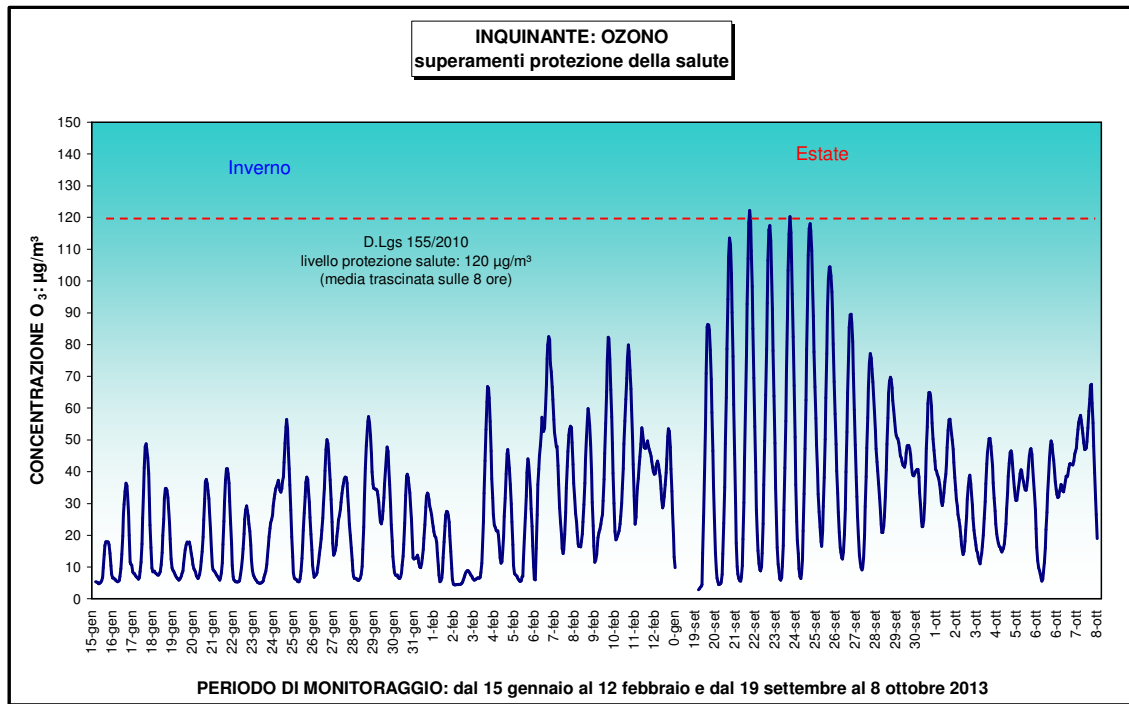


Tabella 18: Ozono confronto dati periodo campagna e anno 2012

	I° campagna (invernale)			II° campagna (estiva)			media I° e II° campagna			Anno 2012		
	media conc. O ₃ µg/m ³	Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 120)	Numero di giorni con almeno un superamento livello informazione (180)	media conc. O ₃ µg/m ³	Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 120)	Numero di giorni con almeno un superamento livello informazione (180)	media conc. O ₃ µg/m ³	Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 120)	Numero di giorni con almeno un superamento livello informazione (180)	media conc. O ₃ µg/m ³	Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 120)	Numero di giorni con almeno un superamento livello informazione (180)
Torino - Lingotto	17	0	0	25	0	0	21	0	0	45	45	2
Borgaro T. - Caduti	18	0	0	36	0	0	27	0	0	47	41	2
Vinovo - Volontari	23	0	0	36	0	0	30	0	0	48	64	0
Carmagnola Mezzo Mobile c/o impianti sportivi	25	0	0	43	2	0	34	2	0			
Orbassano - Gozzano	25	0	0	47	4	0	36	4	0	51	65	7
Chieri - Berserzio	27	0	0	43	0	0	35	0	0	58	53	0
Ivrea - Liberazione	36	0	0	56	0	0	46	0	0	51	42	0
Pinerolo - Alpini	36	0	0	40	0	0	38	0	0	56	34	2
Druento - La Mandria	38	0	0	40	0	0	39	0	0	59	87	25
Susa - Repubblica	48	0	0	49	0	0	49	0	0	62	45	0
Ceresole - Diga	84	0	0	62	0	0	73	0	0	89	77	5

Conclusioni

Le campagne di monitoraggio invernale ed estiva mediante la stazione mobile nel sito di fondo urbano del Centro Sportivo Comunale di Corso Roma ha evidenziato che i valori rilevati dalla stazione fissa di Piazza I Maggio – tra i più critici del territorio provinciale per biossido di azoto e PM₁₀ - non possono essere considerati rappresentativi dell'intero territorio comunale.

I valori rilevati dalla stazione mobile per i due inquinanti citati sono infatti risultati significativamente inferiori a quelli misurati dalla stazione fissa. Il fenomeno è particolarmente evidente per il biossido di azoto, la cui concentrazione nel sito di Corso Roma risulta in media nel periodo più critico pari a meno della metà di quella rilevata in Piazza I Maggio, mentre nel caso del PM₁₀ la diminuzione è dell'ordine del 20%. Tale differenza è legata alle specifiche caratteristiche dei due inquinanti: mentre infatti il biossido di azoto è fortemente dipendente dalla presenza di fonti di combustione nell'intorno del sito di misura e mostra quindi valori molto più elevati nei siti prossimi ad arterie stradali a intenso traffico, il PM₁₀ presenta sul territorio provinciale una maggiore omogeneità spaziale, per cui i valori nei siti di fondo urbano risultano maggiormente vicini – pur se inferiori – a quelli rilevati nei siti da traffico. Questo fenomeno è legato al fatto che una parte consistente del PM₁₀ è prodotto da processi secondari, che portano inquinanti emessi originariamente in forma gassosa a trasformarsi in particolato; questi processi per loro natura avvengono su una scala temporale di alcuni giorni e producono quindi a livello spaziale - in conseguenza dei naturali movimenti delle masse d'aria - un relativo livellamento delle concentrazioni di PM₁₀ sul territorio.

Va inoltre sottolineato che la situazione descritta non è specifica del comune di Carmagnola, in quanto risultati del tutto analoghi si ottengono in tutti i comuni in cui è possibile confrontare dati di qualità dell'aria rilevati in un sito da traffico con quelli di un sito di fondo (un caso tipico è la città di Torino). Come previsto dalla normativa, infatti, le stazioni di monitoraggio sono distribuite sul territorio per rappresentare la qualità dell'aria di specifiche tipologie di sito (urbano di fondo, urbano da traffico, suburbano di fondo, rurale ecc.) indipendentemente dalla loro collocazione amministrativa.

La misura dei flussi di traffico sulle due principali arterie stradali prossime alla stazione fissa di P.zza I maggio (SR 20 e SP129) ha evidenziato in entrambe le campagne che il numero giornaliero di veicoli in transito è significativamente elevato, dell'ordine di 12.000 sulla SR20 e di 10.000 sulla SP129. Inoltre nel caso della SR20 – su cui si affaccia direttamente la stazione fissa di P.zza I° Maggio - la percentuale di veicoli pesanti sul totale è particolarmente alta, dell'ordine del 15-20%. Anche la percentuale di transporter (furgoni adibiti a trasporto commerciale, di norma dotati di motore diesel) è significativa, attorno al 15%. Questo dato è di notevole rilevanza in termini di inquinamento atmosferico perché, a parità di categoria di omologazione, per i motori diesel l'emissione di un veicolo pesante è sia per il particolato che per gli ossidi di azoto in media da tre a dieci volte maggiore di quella di un autoveicolo adibito al trasporto passeggeri.

Per quanto riguarda nello specifico il sito di monitoraggio di Corso Roma in cui è stato posizionato il mezzo mobile, i valori rilevati rispecchiano le caratteristiche che si osservano in siti simili di fondo urbano della provincia di Torino. Le soglie di allarme non sono mai state superate per tutti e tre gli inquinanti (biossido di zolfo, biossido di azoto e ozono) per i quali la normativa prevede tale tipo di limite; sono inoltre rispettati i valori limite per la protezione della salute umana per il biossido d'azoto, il biossido di zolfo, il monossido di carbonio e il benzene.

Per l'ozono va considerato che i valori più elevati – a differenza degli altri inquinanti atmosferici – si rilevano nei mesi caldi dell'anno, infatti nel corso della seconda campagna si sono misurati due superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana e nessun superamento della

soglia di informazione ne della soglia di allarme. La situazione di criticità rilevata per questo inquinante è peraltro comune a tutto il territorio provinciale e regionale.

Il PM_{10} ha presentato 10 giorni (pari al 48 %, dei giorni validi di misura) di superamento del valore limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nel corso della campagna invernale, a fronte dei 35 giorni ammessi dalla normativa in un intero anno, mentre nessun superamento si è verificato nel corso della campagna estiva. Poiché le stazioni fisse di fondo urbano in ambito provinciale che presentano valori di PM_{10} simili a quelle del sito di Corso Roma non rispettano tale limite, è del tutto presumibile che nel corso dell'anno ciò avvenga anche nel sito di Corso Roma; tale situazione è peraltro comune a tutta l'area di pianura del territorio provinciale.

A titolo di confronto si consideri che nei stessi periodi in cui sono state effettuate le due campagne in Corso Roma, nella stazione fissa di Piazza I° maggio sono avvenuti 18 superamenti del limite giornaliero di PM_{10} in inverno e 5 in estate. Come già sottolineato la maggiore criticità di P.zza I° Maggio rispetto al sito di Corso Roma è legata all'elevato transito di autoveicoli pesanti (autocarri e autotreni) e in generale di veicoli diesel (transporter), che producono un maggior quantitativo di PM_{10} e $PM_{2.5}$ rispetto ai veicoli leggeri.

Per quanto riguarda il valore limite di PM_{10} su base annuale, la stima effettuata a partire dalla base dati complessiva delle due campagne indica che il sito di Corso Roma è prossimo a tale limite, che quindi potrebbe essere superato in anni in cui le condizioni meteorologiche sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti (bassa piovosità, elevata stabilità atmosferica) risultino particolarmente critiche. Nel sito di P.zza I° Maggio tale limite è invece ampiamente superato per le ragioni già descritte.

Per quanto riguarda il $PM_{2.5}$, nel sito di Corso Roma si è stimato un valore di media annuale di $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (vedi [Tabella 16](#) e [Figura 40](#)) che è significativamente superiore al limite fissato dal DLgs 155/2010 ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Anche in questo caso si tratta di una criticità che non è caratteristica del sito in esame in quanto in ambito provinciale il limite annuale per il $PM_{2.5}$ viene superato in tutte le stazioni di pianura in cui questo inquinante viene misurato.

In termini generali per $PM_{2.5}$ e PM_{10} , che sono due tra gli inquinanti più critici nell'intero bacino padano, sono necessari interventi strutturali a livello provinciale e regionale per la riduzione delle fonti primarie di polveri e dei precursori della componente secondaria del particolato. Tuttavia anche interventi a livello locale in armonia con tale strategia possono dare un contributo importante per ottenere gli obiettivi indicati.

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**

API 200

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 : 0.4 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**

TECORA CHARLIE AIR GUARD PM

Campionatore di particolato sospeso PM10; campionamento delle particelle sospese con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm in aria ambiente, con testa di prelievo EPA.

Analisi gravimetrica su filtri in fibra di vetro EDEROL di diametro 47 mm.

• **Stazione meteorologica**

LSI LASTEM

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

• **Benzene, Toluene, Xileni**

SINTECH SPECTRAS CG 855 serie 600

Gasromatografo con doppia colonna, rivelatore PID (fotoionizzazione)

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