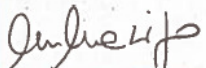



**DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI TORINO**  
**Struttura Semplice "Attività di Produzione"**

**OGGETTO:**

**CAMPAGNA DI RILEVAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA CON UTILIZZO**  
**DEL LABORATORIO MOBILE NEL COMUNE BORGONE SUSA, s.s. 25 - Via Abegg 56**  
**RELAZIONE FINALE (inverno 2011 – estate 2013)**



<b>Redazione</b>	<b>Funzione: Collaboratore Tecn. Professionale</b> <b>Nome: Dott.ssa Marilena Maringo</b>	<b>Data:</b> 8/4/2014	<b>Firma:</b> 
<b>Verifica e approvazione</b>	<b>Funzione: Dirigente con incarico professionale presso la S.S. di Produzione</b> <b>Nome: Dott. Francesco Lollobrigida</b>	<b>Data:</b> 17/4/2014	<b>Firma:</b> 





L'organizzazione della campagna di monitoraggio e la validazione dei dati sono state curate dai tecnici del Gruppo di Lavoro "Monitoraggio della Qualità dell'Aria" del Dipartimento di Torino di Arpa Piemonte: dott.ssa Annalisa Bruno, sig. Giacomo Castrogiovanni, dott.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 Borgone Susa per la collaborazione prestata.

## INDICE

---

<b>CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO .....</b>	<b>4</b>
<i>L'aria e i suoi inquinanti .....</i>	<i>5</i>
<i>Il Laboratorio Mobile .....</i>	<i>7</i>
<i>Il quadro normativo .....</i>	<i>7</i>
<b>LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO .....</b>	<b>12</b>
<i>Obiettivi della campagna di monitoraggio .....</i>	<i>13</i>
<i>Elaborazione dei dati meteorologici .....</i>	<i>16</i>
<b>Elaborazione dei dati relativi agli inquinanti atmosferici .....</b>	<b>22</b>
Biossido di zolfo .....	23
Monossido di carbonio .....	26
Ossidi d'azoto .....	29
Benzene e toluene .....	35
Particolato sospeso (PM <sub>10</sub> ) .....	39
Ozono .....	46
<b>ANALISI TRAFFICO VEICOLARE .....</b>	<b>50</b>
<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>57</b>
<b>APPENDICE – SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI .....</b>	<b>59</b>

## ***CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO***

## ***L'ARIA E I SUOI INQUINANTI***

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

Oggi giorno è analiticamente possibile identificare nell'atmosfera numerosissimi composti di varia origine, presenti in concentrazioni che variano dal nanogrammo per metro cubo (ng/m<sup>3</sup>) al microgrammo per metro cubo (µg/m<sup>3</sup>).

Le principali sorgenti di inquinanti sono:

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

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

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



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

Per una descrizione completa dei singoli inquinanti, dei danni causati e dei metodi di misura si rimanda alla pubblicazione "Uno sguardo all'aria - Relazione annuale 2012", elaborata congiuntamente dalla Provincia di Torino e da Arpa Piemonte, e disponibile presso ARPA Piemonte e Provincia di Torino.

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 di Arpa Piemonte.

Il laboratorio mobile della Provincia di Torino è dotato di una stazione meteorologica e di analizzatori per la misura in continuo di inquinanti chimici quali biossido di zolfo, ossidi di azoto, monossido di carbonio, ozono, benzene, toluene e di un campionatore di particolato atmosferico PM<sub>10</sub>, la cui concentrazione è determinata in laboratorio per via gravimetrica.

## **IL QUADRO NORMATIVO**

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

La norma quadro in materia di controllo dell'inquinamento atmosferico è rappresentata dal **Decreto Legislativo n. 155/2010** che ha abrogato il precedente Decreto Legislativo n. 351/99 e i rispettivi decreti attuativi (il DM 60/02, il Decreto Legislativo n.183/2004 e il D.Lgs. 152/2007, come modificato dal D.Lgs. 120/2008). Il Decreto Legislativo n.155/2010 riprende le definizioni di valore limite, valore obiettivo, soglia di informazione e di allarme, livelli critici, obiettivi a lungo termine e valori obiettivo già introdotte nelle precedenti normative.

In particolare vengono definite le seguenti tipologie di limite normativo:

- **valore limite annuale** per gli inquinanti biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), materiale particolato PM<sub>10</sub>, 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, PM<sub>10</sub>, 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.

Il D.Lgs 155/2010 ha inserito, inoltre, nuovi indicatori relativi al PM<sub>2.5</sub> ed in particolare:

- un **valore limite, espresso come media annuale**, pari 25 µg/m<sup>3</sup> da raggiungere entro il 1 gennaio 2015;
- un **valore obiettivo, espresso come media annuale**, pari 25 µg/m<sup>3</sup>.

Sempre per il PM<sub>2.5</sub> il decreto prevede un obiettivo nazionale di riduzione e un obbligo di concentrazione dell'esposizione il cui rispetto è calcolato sulla base di misurazioni effettuate da stazioni di fondo in siti fissi di campionamento urbani, che verranno definite con Decreto del Ministero dell'Ambiente (art. 12 D.Lgs. 155/2010). Questi due ultimi indicatori esulano quindi dall'ambito della presente relazione.

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
OZONO (O3) (D.Lgs. 13/08/2010 n.155)	SOGLIA DI INFORMAZIONE	media oraria	180 µg/m <sup>3</sup>	-
	SOGLIA DI ALLARME	media oraria	240 µg/m <sup>3</sup>	-
	VALORE BERSAGLIO PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA	media su 8 ore massima giornaliera	120 µg/m <sup>3</sup> <sup>(1)</sup>	25 giorni per anno civile come media su 3 anni
	VALORE BERSAGLIO PER LA PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE	AOT40 calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	18000 µg/m <sup>3</sup> *h come media su 5 anni <sup>(2)</sup>	
	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 <sup>3</sup> *h <sup>(2)</sup>	
BENZO(a)PIRENE (D.Lgs. 13/08/2010 n.155)	OBIETTIVO DI QUALITÀ'	media mobile valori giornalieri <sup>(3)</sup>	1 ng/m <sup>3</sup> <sup>(4)</sup>	-

(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/m<sup>3</sup> e il valore di 80 µg/m<sup>3</sup>, rilevate in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori orari rilevati ogni giorno tra le 8.00 e le 20.00.

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

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

**Tabella 3 – Valori limite per alcuni inquinanti atmosferici**

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

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

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

(1) Il valore obiettivo è riferito al tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione PM<sub>10</sub> del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile.

## ***LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO***

## **OBIETTIVI DELLA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO**

La campagna di monitoraggio nel Comune di Borgone Susa è stata promossa dalla Provincia di Torino in collaborazione con Arpa Piemonte - Dipartimento di Torino, in seguito alle richieste dell'Amministrazione Comunale (prot. n. 1213 del 02/03/2010, prot. Arpa 25585/SC01 del 08/03/2010) di effettuare una valutazione specifica della qualità dell'aria nel proprio territorio ed in particolare nella zona del centro urbano interessate dal passaggio di traffico pesante.

Per poter raccogliere una serie di dati rappresentativa Arpa Piemonte si è impegnata ad organizzare due campagne di monitoraggio con il Laboratorio Mobile della qualità dell'aria in momenti diversi dell'anno, in modo da acquisire informazioni ambientali in differenti condizioni meteo climatiche. Nello specifico, la prima campagna è stata effettuata nel periodo novembre-dicembre 2011, mentre la seconda nell'estate del 2013.

In data 3 ottobre 2011 è avvenuto il sopralluogo preliminare alla realizzazione della prima campagna di misura, durante il quale si è deciso di installare la stazione mobile in via Abegg 56.

Il luogo prescelto si trova lungo la strada statale 25 particolarmente interessata al traffico commerciale, principale fonte di preoccupazione per la qualità dell'aria da parte degli abitanti e dell'Amministrazione Comunale.

Le Figura 1 Figura 2 evidenziano sulla cartografia del comune di Borgone Susa, il luogo scelto per il posizionamento del Mezzo Mobile di rilevazione della qualità dell'aria. La Figura 3 mostra il dettaglio fotografico del sito di campionamento del Laboratorio Mobile.



**Figura 1** - Ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Borgone Susa (punto evidenziato in rosso)



**Figura 2** - Ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Borgone – dettaglio del sito



**Figura 3** - Ubicazione del Laboratorio Mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Borgone – dettaglio fotografico.

Il monitoraggio della prima campagna è stato condotto dal 15 novembre al 15 dicembre 2011, mentre la seconda tra il 3 e il 25 luglio 2013. Si noti che per ragioni tecniche le elaborazioni effettuate hanno preso in considerazione solo i giorni di campionamento completi.

Nella presente relazione vi è una valutazione complessiva dei dati raccolti nel corso delle due campagne, con approfondimenti sui dati relativi al periodo estivo, per una trattazione più approfondita del periodo invernale si può fare riferimento alla relazione relativa alla prima campagna condotta nel comune di Borgone Susa.

Per una corretta interpretazione dei dati va sottolineato che le concentrazioni di inquinanti atmosferici rilevate dal laboratorio mobile in uno specifico sito sono riferite ai contributi dell'insieme delle fonti presenti, nonché all'eventuale trasporto da altre aree, in particolare per quanto riguarda inquinanti a carattere parzialmente o totalmente secondario, come biossido di azoto, PM<sub>10</sub> e ozono.

In linea generale, inoltre, si ricorda che i dati acquisiti nel corso delle singole 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), dovrebbe prevedere, infatti, campagne di monitoraggio caratterizzate da una durata tale da comprendere almeno il 14% annuo di misurazioni (una misurazione in un giorno, scelto a caso, di ogni settimana in modo che le misure siano uniformemente distribuite durante l'anno, oppure otto settimane di misurazione distribuite in modo regolare nell'arco dell'anno).

I dati presentati forniscono quindi, in questa prima fase elaborativa, unicamente 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.

## ELABORAZIONE DEI DATI METEOROLOGICI

Nelle pagine successive vengono presentate le elaborazioni statistiche e grafiche relative ai dati meteorologici registrati durante i periodi di monitoraggio. In particolare per ognuno dei parametri determinati si riporta un diagramma che ne illustra l'andamento orario e una tabella riassuntiva (Tabella 5) che evidenzia i valori minimo, massimo e medio delle medie orarie, oltre alla percentuale dei dati validi.

I parametri meteorologici vengono misurati utilizzando sensori posti direttamente sul mezzo mobile; per la direzione e velocità vento e radiazione solare globale (R.S.G.) nel corso della prima campagna sono stati presi in considerazione i dati della stazione meteo climatica fissa della Rete pubblica dei Servizi tecnici di Prevenzione sita a Borgone Susa, in quanto i relativi sensori sul Laboratorio Mobile hanno presentato un problema tecnico durante un periodo significativo del monitoraggio.

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

pressione atmosferica	P	mbar
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 <sup>2</sup>

**Tabella 5** – Dati relativi ai parametri meteorologici nel corso delle campagne di monitoraggio

	RADIAZIONE SOLARE GLOBALE W/m <sup>2</sup>		TEMPERATURA °C		UMIDITA' RELATIVA %		PRESSIONE ATMOSFERICA mbar		VELOCITA' VENTO m/s	
	Inverno 2011	Estate 2013	Inverno 2011	Estate 2013	Inverno 2011	Estate 2013	Inverno 2011	Estate 2013	Inverno 2011	Estate 2013
Minima media giornaliera	18.2	57.4	3.3	18.6	33.3	53.5	961.0	966.7	0.3	0.68
Massima media giornaliera	113.1	293.3	12.6	25.5	86.3	92.1	982.9	978.0	1.0	2.03
Media delle medie giornaliere	76.2	227.9	5.4	23.0	69.3	65.0	974.1	972.6	5.4	1.48
Giorni validi	25	21	25	21	25	21	25	21	30	21
Percentuale giorni validi	86%	95%	86%	95%	86%	95%	86%	95%	100%	95%
Media dei valori orari	74.2	229.3	5.3	23.0	69.8	64.9	974.2	972.5	1.0	1.50
Massima media oraria	477.0	978.0	17.6	30.4	98.0	99.0	985.0	979.0	9.5	4.50
Ore valide	619	517	619	517	619	517	619	517	720	515
Percentuale ore valide	89%	98%	89%	98%	89%	98%	89%	98%	100%	98%



A partire dal 4 Luglio si è avuta l'espansione verso le isole britanniche dell'anticiclone delle Azzorre; il Piemonte si è trovato sul bordo orientale di tale struttura anticiclonica ed ha goduto di condizioni di tempo generalmente soleggiato con temperature leggermente superiori alla media stagionale. Tuttavia infiltrazioni di aria fredda in quota da est o dall'Atlantico hanno favorito la formazione di episodi temporaleschi strutturati e con picchi localmente molto forti. I primi temporali di forte intensità si sono avuti tra l'8 ed il 10 Luglio in seguito all'afflusso di aria fredda proveniente dall'Europa nordorientale. Anche nella seconda decade del mese l'anticiclone delle Azzorre è stata la struttura meteorologica dominante. Tuttavia si sono ancora verificati rovesci e temporali. Un secondo episodio temporalesco di rilevanza si è verificato il 13 Luglio, sempre legato ad afflussi di aria fredda dai quadranti orientali. Tra il 16 ed il 18 Luglio una bassa pressione di origine atlantica ha interessato il Piemonte; la cui sua azione è stata sufficiente a causare picchi precipitativi (fonte Arpa- Servizio Meteo).

La Figura 4 mostra l'andamento della radiazione solare globale (R.S.G.) e delle precipitazioni nel corso delle campagne di monitoraggio: nel periodo invernale nel corso della prima campagna non si erano registrati fenomeni piovosi, mentre durante il periodo estivo si sono avuti frequenti e diffusi fenomeni temporaleschi legati ad infiltrazioni di aria fresca in quota; vi sono state 6 giornate con precipitazioni (8, 9, 11, 16, 17, 18 luglio); l'evento più intenso è quello relativo al 18 luglio 2013 con 6 mm di pioggia, a cui corrisponde un notevole abbassamento della radiazione solare globale con valore diurno pari a circa  $340 \text{ W/m}^2$ , a causa della copertura nuvolosa. In assenza di copertura nuvolosa i valori massimi di radiazione solare, che si osservano nelle ore centrali della giornata, variano tra gli  $830$  e  $980 \text{ W/m}^2$  ca, valori circa doppi rispetto al periodo invernale.

La radiazione solare è un parametro significativo nel determinare il grado di stabilità atmosferica; in generale ad elevate intensità della radiazione solare corrisponde un'elevata turbolenza convettiva che favorisce il rimescolamento degli inquinanti; quindi nel periodo estivo si osservano valori generalmente bassi degli inquinanti primari e di polveri. Essa tuttavia funge da catalizzatore per molte reazioni chimiche che coinvolgono gli inquinanti presenti in atmosfera e favorisce lo sviluppo dell'inquinamento secondario di origine fotochimica, come nel caso dell'ozono che raggiunge le concentrazioni maggiori proprio durante i mesi di massima radiazione solare.

Per quanto riguarda il parametro temperatura ambiente, complessivamente il mese di Luglio 2013 in Piemonte è stato il più caldo dell'estate ed è risultato il decimo mese più caldo degli ultimi 56 anni, con una temperatura media superiore di circa  $1,4^\circ\text{C}$  rispetto al valore climatologico del periodo 1971-2000. Nel comune di Borgone Susa, il valore medio di tutto il periodo estivo è stata di  $25,5^\circ\text{C}$  (Tabella 5); il valore massimo orario si è raggiunto il 23 luglio con un valore pari a  $30,4^\circ\text{C}$ . In Figura 5 insieme all'andamento orario della temperatura è riportata anche l'umidità relativa, da cui emerge che soprattutto nel periodo estivo hanno andamenti speculari: durante il giorno il forte irraggiamento porta ad un abbassamento dei valori di vapore acqueo presente nell'atmosfera, che torna ad aumentare nelle ore notturne; il 18 luglio in corrispondenza del maggiore evento temporalesco si è avuto il picco di umidità, con un calo significativo della temperatura.

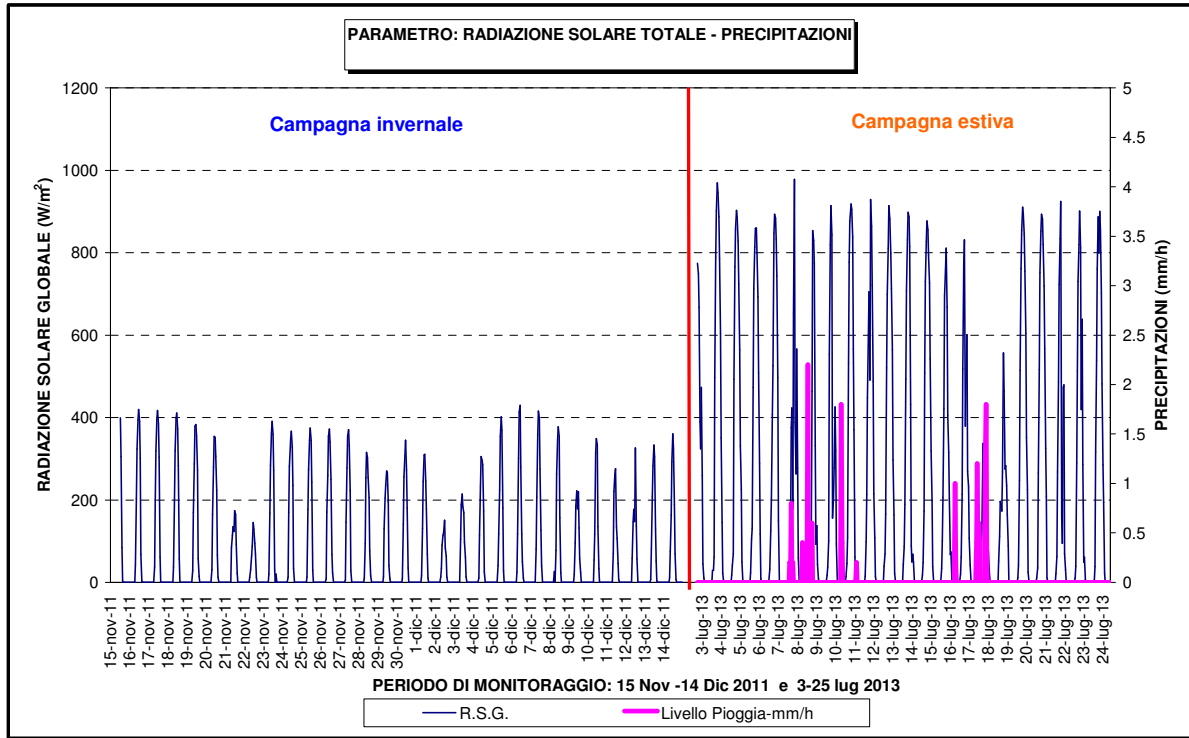
Per quanto riguarda il campo pressorio, durante la campagna estiva si osserva minore variabilità rispetto al periodo invernale del 2011, che si è attestato tra i 960 ed i 990 mbar circa (Figura 6); i valori più bassi si osservano tra il l'8 ed il 10 Luglio in seguito all'afflusso di aria fredda proveniente dall'Europa nordorientale, che ha determinato i primi episodi temporaleschi.

Nel periodo estivo si è mostrato piuttosto costante anche il parametro velocità vento, con valore medio pari a  $1.5 \text{ m/s}$ ; nel periodo invernale si erano registrati alcuni fenomeni di *foehn* con velocità fino a  $8 - 9 \text{ m/s}$ , mentre durante la campagna di luglio il valore massimo orario è stato di  $4,5 \text{ m/s}$  (Figura 7). Tuttavia nel periodo estivo l'atmosfera si è mostrata costantemente ventilata, infatti i grafici riportanti le rose dei venti mostrano che le calme di vento (velocità inferiori a  $0,5 \text{ m/s}$ ) hanno interessato solo il 19,8% dei dati rispetto al 50,6% del periodo invernale: fattore molto importante per mantenere l'atmosfera rimescolata ed evitare la stagnazione degli inquinanti.

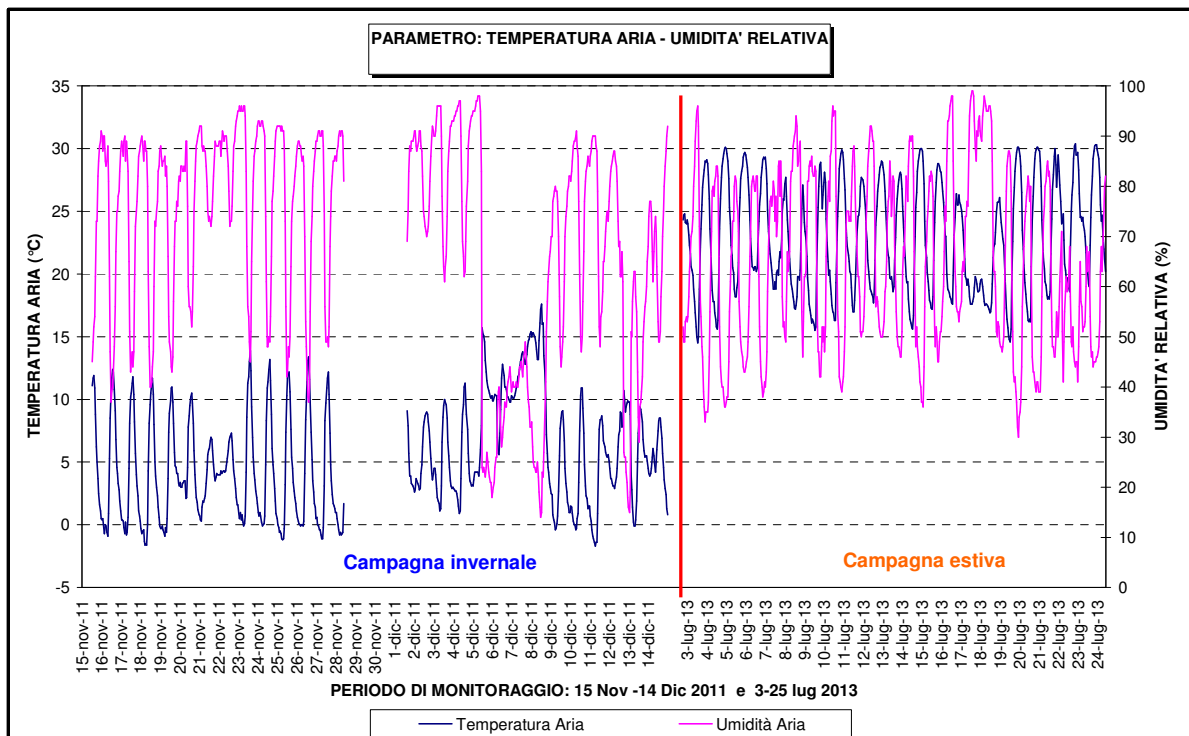
Le elaborazioni relative alla direzione dei venti (Figura 8, Figura 10) indicano che buona parte degli episodi si collocano tra il settore WNW-NW e E-SSE. Esaminando più nel dettaglio la situazione, è possibile evidenziare che nel periodo diurno la direzione prevalente di provenienza dei venti è dal

settore SSE nel periodo invernale, mentre in quello estivo risulta prevalente quello da Est, corrispondente al fenomeno della brezza di valle. Nella notte la direzione di provenienza dei venti è esclusivamente WNW-NW in relazione ai tipici fenomeni di brezza di monte; nel periodo estivo predomina la provenienza da WNW.

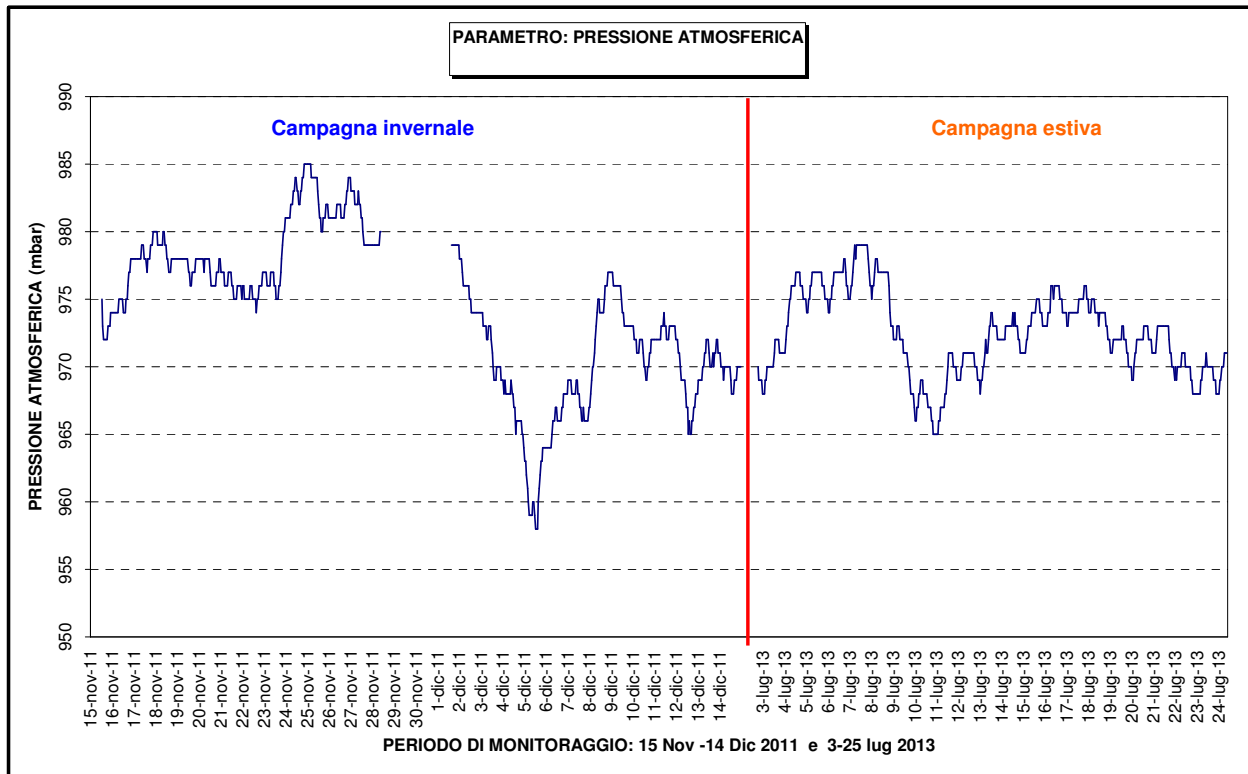
**Figura 4-** Andamento della radiazione solare globale e delle precipitazioni nel corso delle campagne



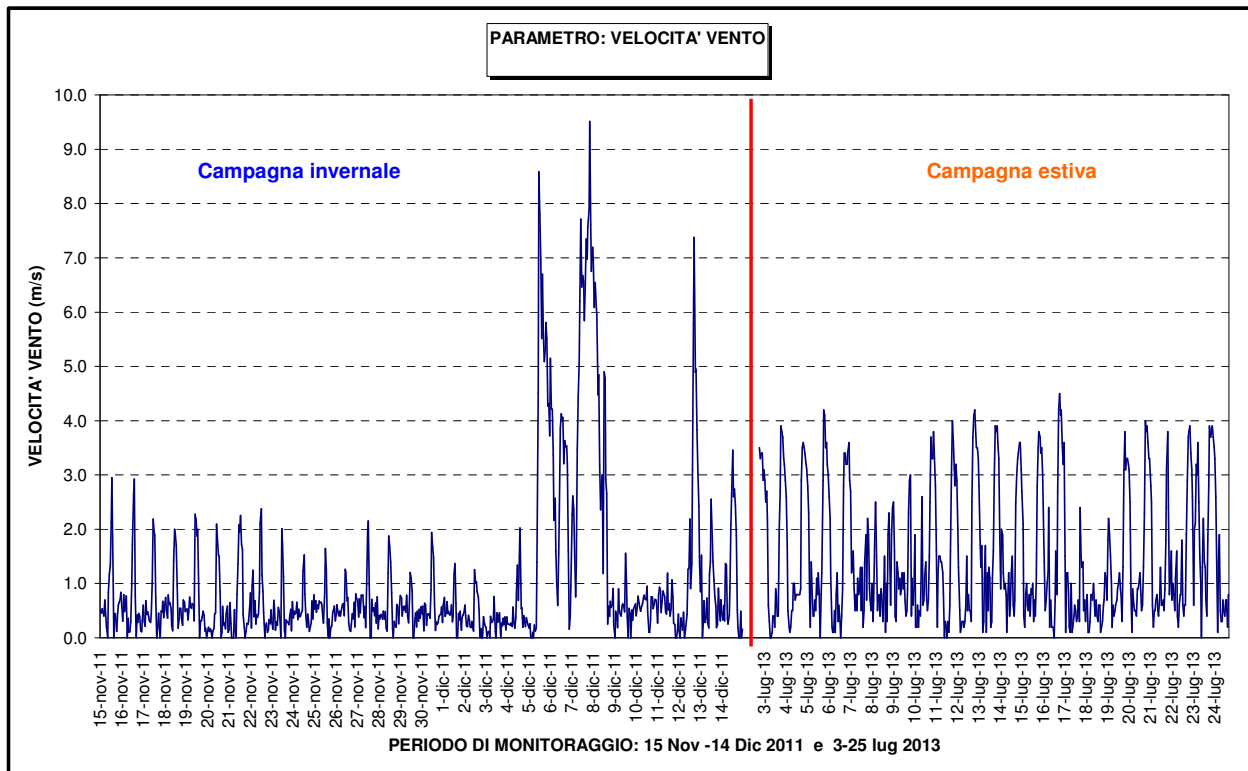
**Figura 5-** Andamento di temperatura e dell'umidità dell'aria durante le campagne di monitoraggio



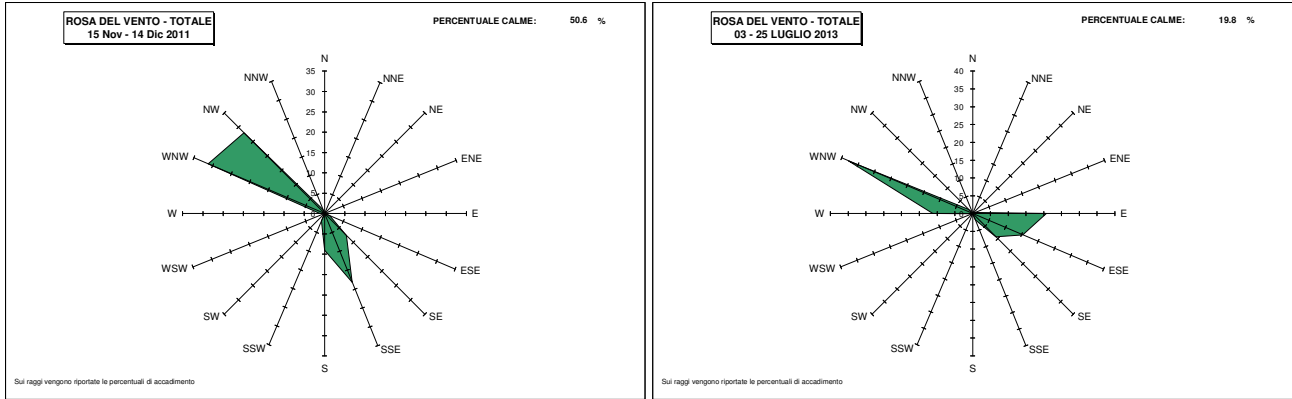
**Figura 6**– Andamento della pressione atmosferica nel corso delle campagne di monitoraggio



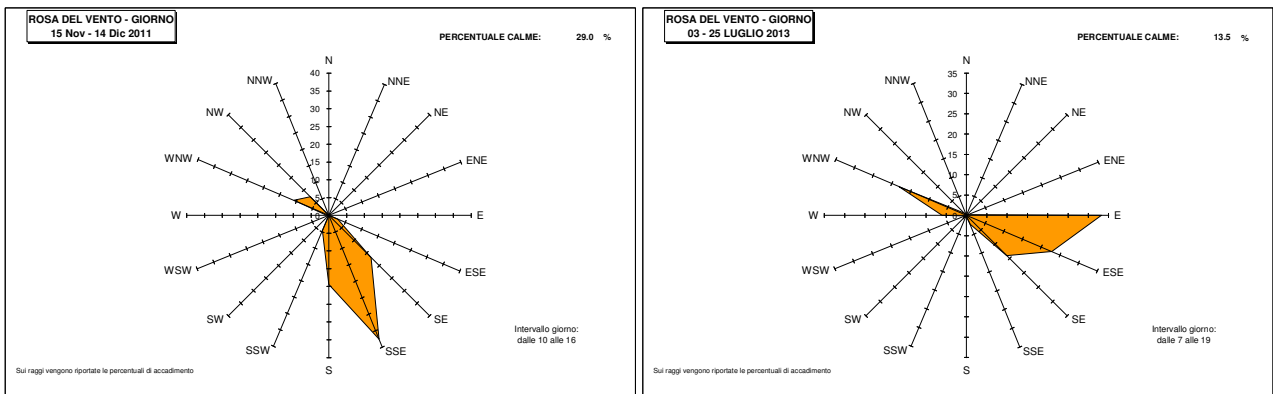
**Figura 7**- Andamento della velocità dei venti nel corso delle campagne di monitoraggio



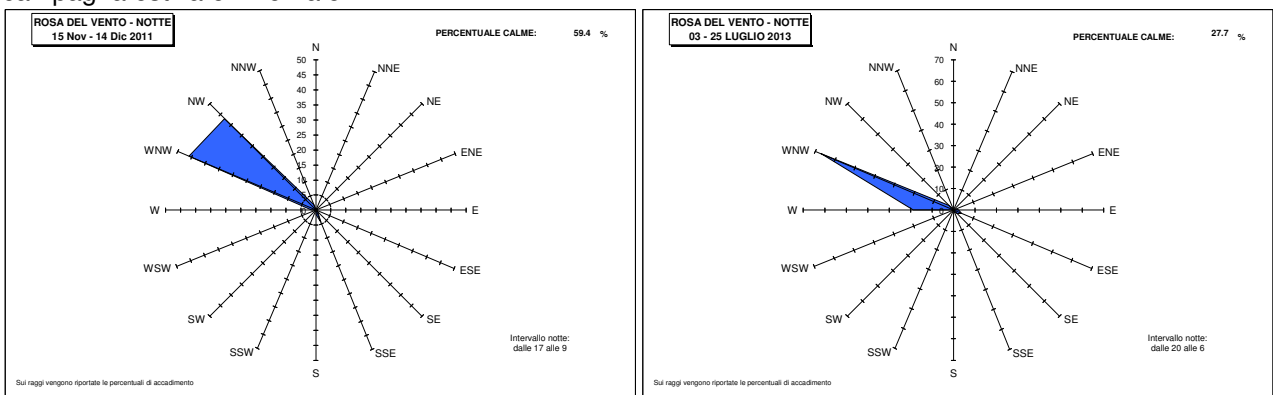
**Figura 8:** Distribuzione dati di vento in funzione della direzione e della classe di velocità totale campagna estiva e invernale



**Figura 9:** Distribuzione dati di vento in funzione della direzione e della classe di velocità diurna campagna estiva e invernale



**Figura 10:** Distribuzione dati di vento in funzione della direzione e della classe di velocità notturna campagna estiva e invernale



**Figura 11-** Direzione principale dei venti nelle ore diurne (frecche arancioni) e notturne (freccia blu).



## ELABORAZIONE DEI DATI RELATIVI AGLI INQUINANTI ATMOSFERICI

Nelle pagine seguenti vengono riportate le elaborazioni statistiche delle concentrazioni registrate dagli analizzatori strumentali nel periodo di campionamento e gli eventuali superamenti dei limiti di legge degli inquinanti.

Si riportano di seguito i parametri misurati e le loro le formule chimiche, utilizzate come abbreviazioni:

Benzene	$C_6H_6$	$\mu g/m^3$
Bossido di azoto	$NO_2$	$\mu g/m^3$
Biossido di zolfo	$SO_2$	$\mu g/m^3$
Monossido di azoto	$NO$	$\mu g/m^3$
Monossido di carbonio	$CO$	$mg/m^3$
Ozono	$O_3$	$\mu g/m^3$
Particolato sospeso $PM_{10}$	$PM_{10}$	$\mu g/m^3$
Toluene	$C_6H_5CH_3$	$\mu g/m^3$

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

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

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

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

## Biossido di zolfo

Il biossido di zolfo è un gas incolore di odore pungente. Le principali emissioni di SO<sub>2</sub> derivano dai processi di combustione che utilizzano combustibili fossili (ad esempio gasolio, olio combustibile e carbone) nei quali lo zolfo è presente come impurità. Una ridotta percentuale di biossido di zolfo nell'aria (6÷7%) proviene dal traffico veicolare, in particolare da veicoli a motore diesel.

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

Fino a pochi anni fa, il biossido di zolfo era considerato uno degli inquinanti atmosferici più problematici, a causa delle elevate concentrazioni rilevate nell'aria e degli effetti negativi sull'uomo e sull'ambiente. Negli ultimi anni, da quando la normativa ha imposto la limitazione del contenuto di zolfo nei combustibili, si osserva la progressiva diminuzione di questo inquinante le cui concentrazioni sono scese ben al di sotto dei limiti di legge.

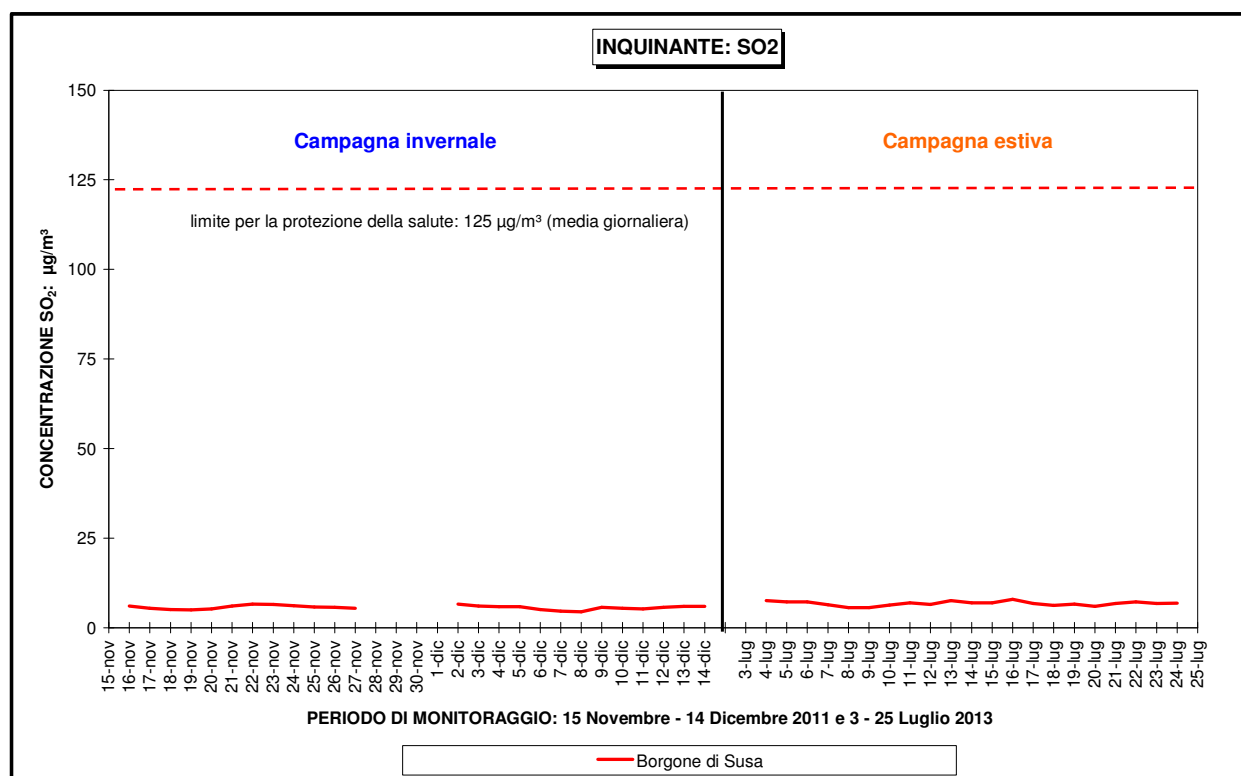
I livelli orari e giornalieri del biossido di zolfo misurato nel Comune di Borgone con il laboratorio mobile, sono ampiamente al di sotto dei limiti normativi (Tabella 6, Figura 12, Figura 13). I dati raccolti con il laboratorio mobile mostrano livelli abbastanza uniformi tra il periodo invernale e quello estivo, probabilmente in quanto in valle gli impianti di riscaldamento sono alimentati spesso anche a legna e quindi non si osserva l'incremento nel periodo invernale dovuto all'uso del gasolio come combustibile. Si sottolinea inoltre che le misure si attestano a livelli molto bassi, per cui sono affette da maggiori errori e ricadono nell'intervallo dell'incertezza di misura. Il massimo valore giornaliero (calcolato come media giornaliera sulle 24 ore), è pari a 8 µg/m<sup>3</sup>, di molto inferiore al limite per la protezione della salute di 125 µg/m<sup>3</sup>. La massima media oraria è pari a 9 µg/m<sup>3</sup>, risultando quindi rispettato anche il livello orario per la protezione della salute fissato a 350 µg/m<sup>3</sup> dal D.Lgs. 155/2010. In Figura 13 le medie orarie di SO<sub>2</sub> registrate a Borgone Susa sono state confrontate con i dati di due stazioni di traffico urbano delle rete fissa di monitoraggio: Grugliasco e Torino - via della Consolata. L'andamento di SO<sub>2</sub> del laboratorio mobile ricalca quello delle stazioni scelte come riferimento sebbene i valori massimi registrati a Borgone siano, come atteso, decisamente inferiori ai quelli misurati nelle due cabine monitoraggio di confronto, soprattutto nel periodo invernale; nel periodo estivo le tre stazioni mostrano livelli molto bassi e andamenti sovrapponibili.

In generale 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 SO<sub>2</sub> oramai da diversi anni sono ampiamente al di sotto dei limiti normativi.

**Tabella 6** – Dati relativi al biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>) (µg/m<sup>3</sup>)

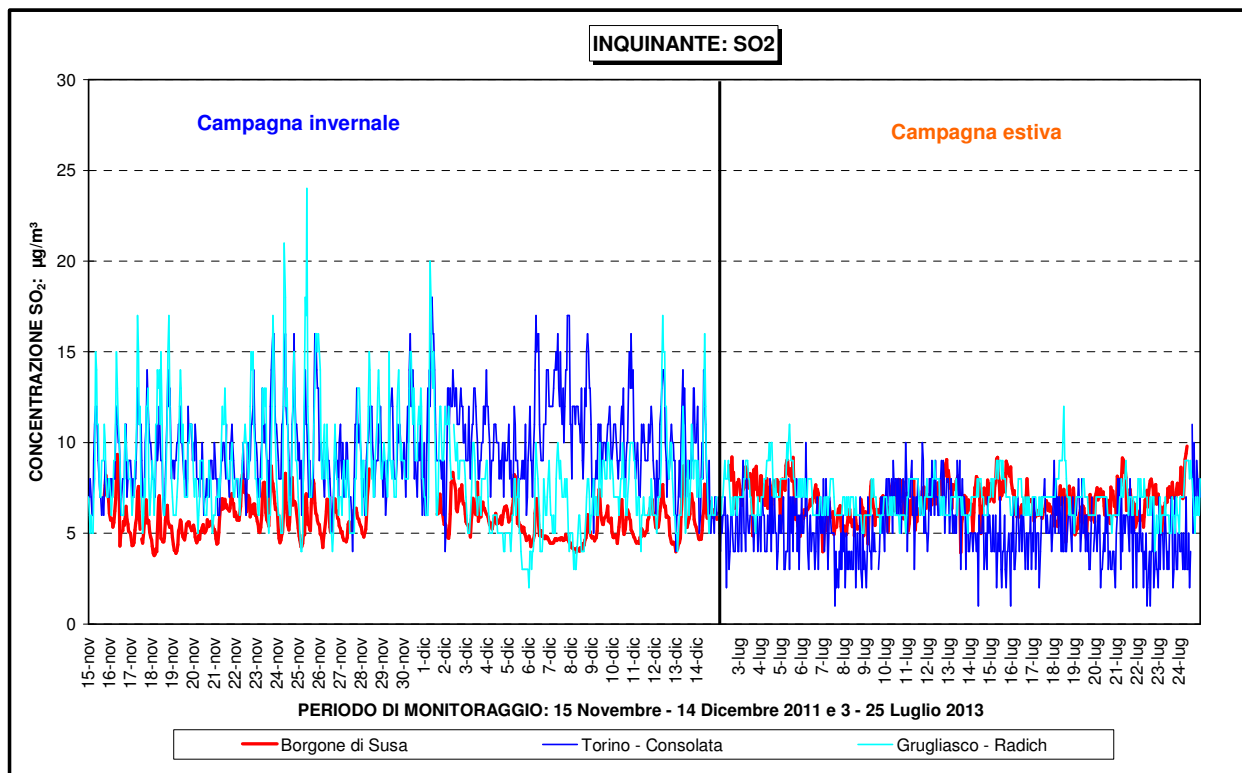
<b>Biossido di Zolfo</b>	Inverno 2011	Estate 2013
Minima media giornaliera	5	6
Massima media giornaliera	7	8
Media delle medie giornaliere (b):	6	7
Giorni validi	25	20
Percentuale giorni validi	86%	91%
Media dei valori orari	6	7
Massima media oraria	9	9
Ore valide	618	491
Percentuale ore valide	89%	93%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (350)</u>	<b>0</b>	<b>0</b>
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (350)</u>	<b>0</b>	<b>0</b>
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (125)</u>	<b>0</b>	<b>0</b>
<u>Numero di superamenti livello allarme (500)</u>	<b>0</b>	<b>0</b>
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (500)</u>	<b>0</b>	<b>0</b>

**Figura 12**– SO<sub>2</sub> confronto con il limite di legge (media giornaliera)

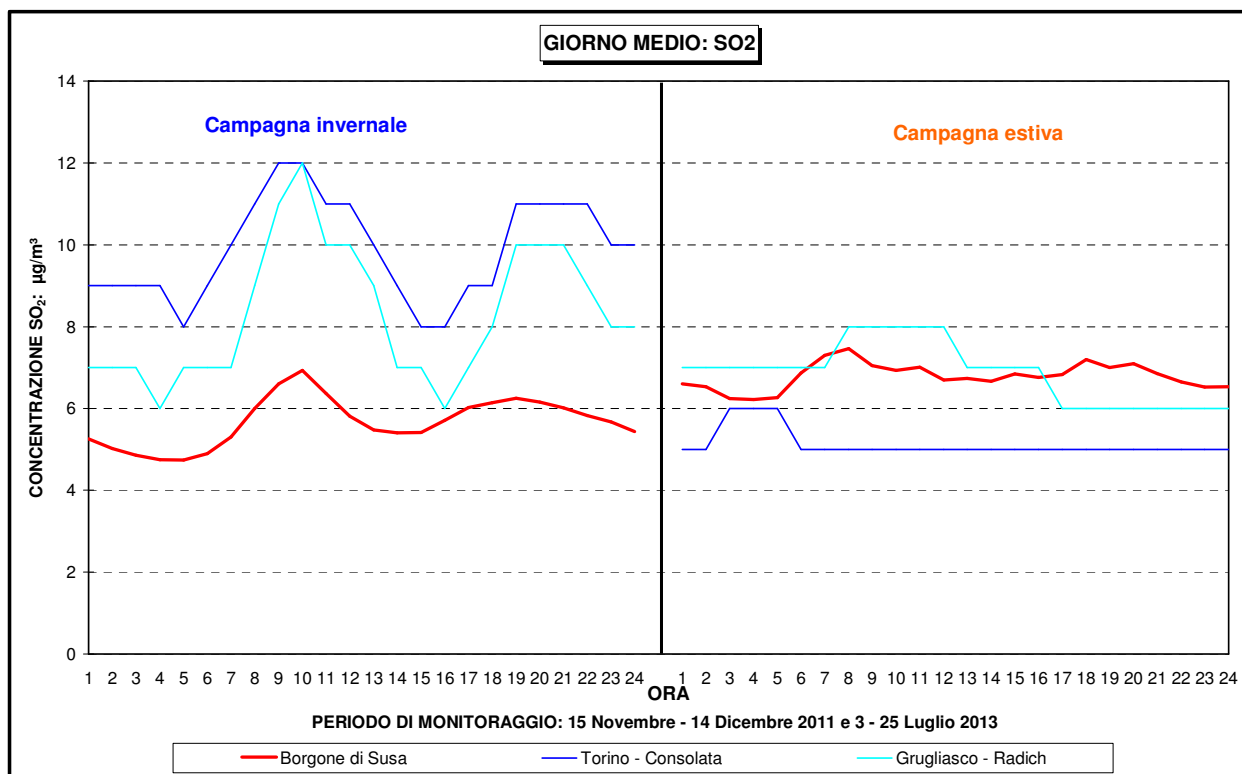




**Figura 13**– SO<sub>2</sub>: andamento della concentrazione oraria e confronto con altre stazioni fisse



**Figura 14**– SO<sub>2</sub>: andamento della concentrazione oraria e confronto con altre stazioni fisse



## 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. Si tratta dell'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera e infatti, a differenza degli altri inquinanti, in questo caso l'unità di misura con la quale si esprimono le concentrazioni è il milligrammo al metro cubo ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ).

Il traffico veicolare rappresenta la principale sorgente di CO, in particolare i gas di scarico dei veicoli a benzina; le maggiori concentrazioni di CO in emissione si producono quando il motore del veicolo funziona al minimo, o si trova in decelerazione, ecco perché i valori più elevati si raggiungono in zone caratterizzate da intenso traffico rallentato.

Per ciò che concerne gli effetti sulla salute dell'uomo occorre dire che 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, concentrazioni elevatissime di CO possono portare anche alla morte per asfissia. Tuttavia la carbossemoglobina, 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.

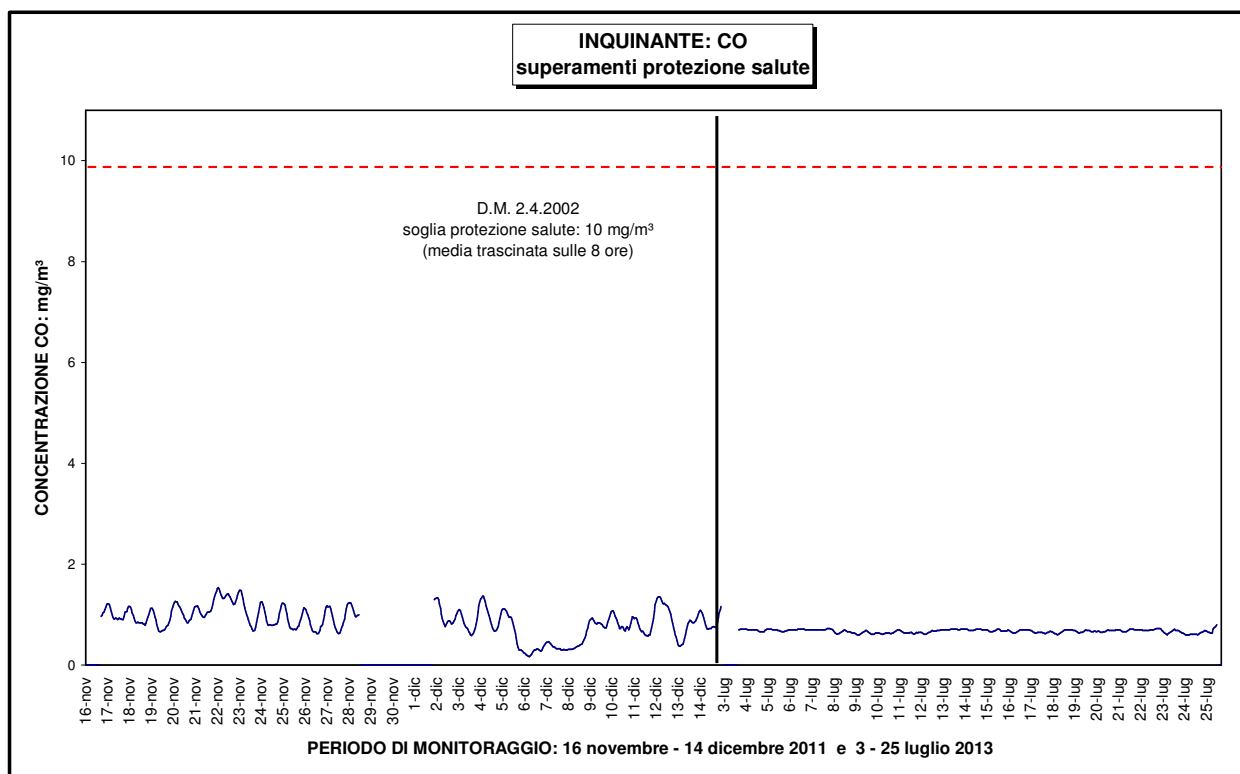
Nell'ultimo ventennio, con l'introduzione delle marmitte catalitiche nei primi anni '90 e l'incremento degli autoveicoli a ciclo Diesel, si è osservata una costante e significativa diminuzione della concentrazione del monossido di carbonio nei gas di combustione prodotti dagli autoveicoli ed i valori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

**Tabella 7** – Dati relativi al monossido di carbonio (CO) ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )

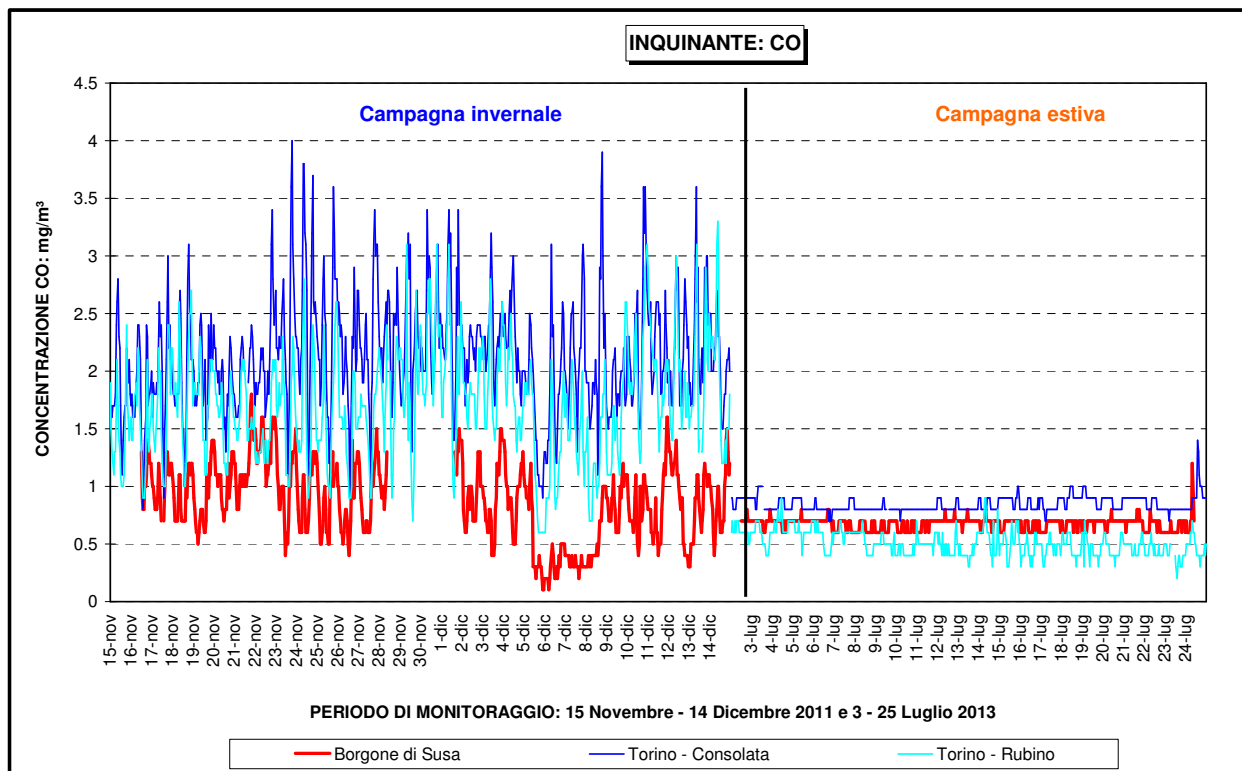
<b>Monossido di Carbonio</b>	Inverno 2011	Estate 2013
Minima media giornaliera	0.3	0.6
Massima media giornaliera	1.4	0.7
Media delle medie giornaliere (b):	0.9	0.7
Giorni validi	24	21
Percentuale giorni validi	83%	95%
Media dei valori orari	0.9	0.7
Massima media oraria	1.8	0.8
Ore valide	604	516
Percentuale ore valide	87%	98%
Minimo medie 8 ore	0.2	0.6
Media delle medie 8 ore	0.9	0.7
Massimo medie 8 ore	1.5	0.7
Percentuale medie 8 ore valide	86%	97%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (10)</u>	<b>0</b>	<b>0</b>
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h &gt; 10)</u>	<b>0</b>	<b>0</b>

I dati misurati durante la campagna nel Comune di Borgone confermano quanto osservato su scala regionale in merito al rispetto dei limiti normativi. Il D.Lgs 155 del 13/08/2010 prevede un limite di  $10 \text{ mg/m}^3$ , calcolato come media su otto ore consecutive: tale limite viene ampiamente rispettato dal sito in esame il cui valore massimo su otto ore è pari a  $1.5 \text{ mg/m}^3$  nel periodo invernale e  $0.7 \text{ mg/m}^3$  in quello estivo (Tabella 7 e Figura 15). Nelle Figura 16 e Figura 17 viene riportato il confronto con le postazioni fisse della rete regionale di monitoraggio di Torino-Consolata stazione di traffico urbano e To-Rubino di fondo urbano. Dai grafici si nota che i valori di CO generalmente molto bassi, diminuiscono ulteriormente nel periodo estivo soprattutto a causa della maggiore dinamicità dell'atmosfera che permette una migliore diluizione degli inquinanti; nel corso della seconda campagna le tre stazioni mostrano livelli molto bassi e andamenti sovrapponibili.

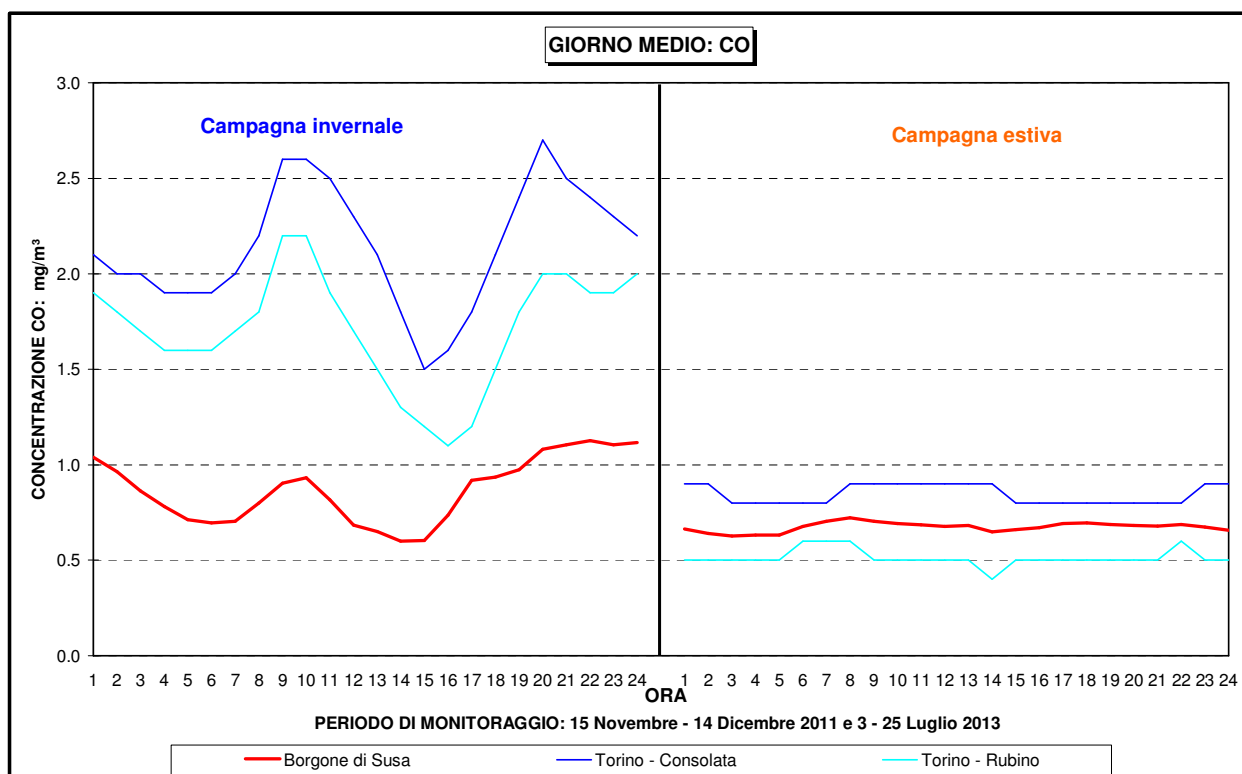
**Figura 15** – CO: confronto con il limite di legge (media trascinata sulle 8 ore)



**Figura 16**– CO: andamento della concentrazione oraria nel corso delle campagne di monitoraggio e confronto con le stazioni fisse di Torino-Consolata e To-Rubino



**Figura 17**– CO: 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.

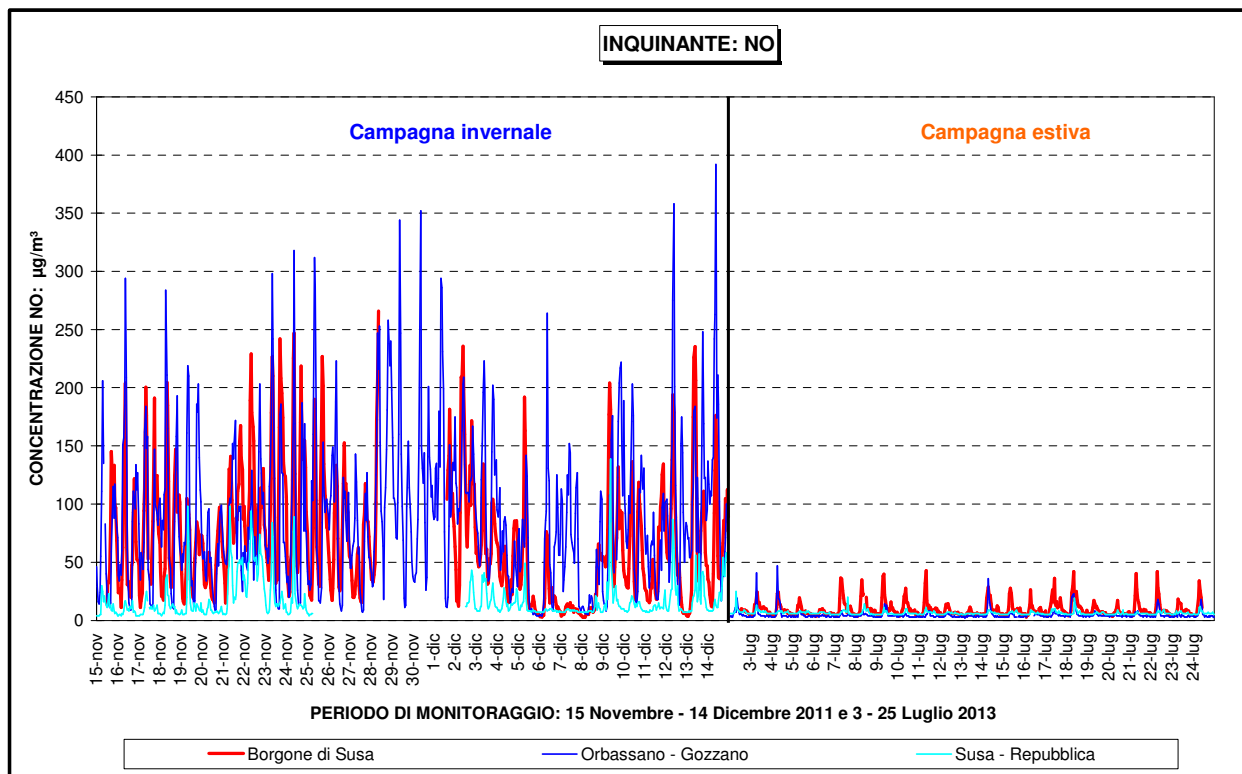
Benché la normativa non preveda valori limite di concentrazione nell'aria, il **monossido di azoto** (NO), viene comunque misurato perché, trasformandosi in biossido di azoto in presenza di ossigeno e ozono, rappresenta uno dei precursori dell'inquinamento fotochimico.

Come osservato per CO ed SO<sub>2</sub>, nel corso della campagna di monitoraggio estiva il livello di NO (Figura 18 e Figura 19) diminuisce notevolmente con valore massimo orario pari a 43 µg/m<sup>3</sup> a fronte dei 266 µg/m<sup>3</sup> del periodo invernale (Tabella 8). Tale fenomeno risulta equivalente nelle stazioni poste a confronto, indicando come le dinamiche dell'atmosfera siano fondamentali nella formazione, accumulo degli inquinanti e gli ossidi di azoto sono caratteristici prevalentemente del periodo invernale. Tuttavia nel mese di luglio i picchi massimi risultano leggermente superiori nel sito di Borgone Susa, mentre nel periodo invernale i livelli leggermente maggiori sono stati registrati ad Orbassano., stazione classificata come residenziale di fondo urbano. Il grafico del giorno medio mostra come nel periodo estivo risultano anche meno evidenti i picchi delle ore di maggiore traffico in tutte le stazioni di misura.

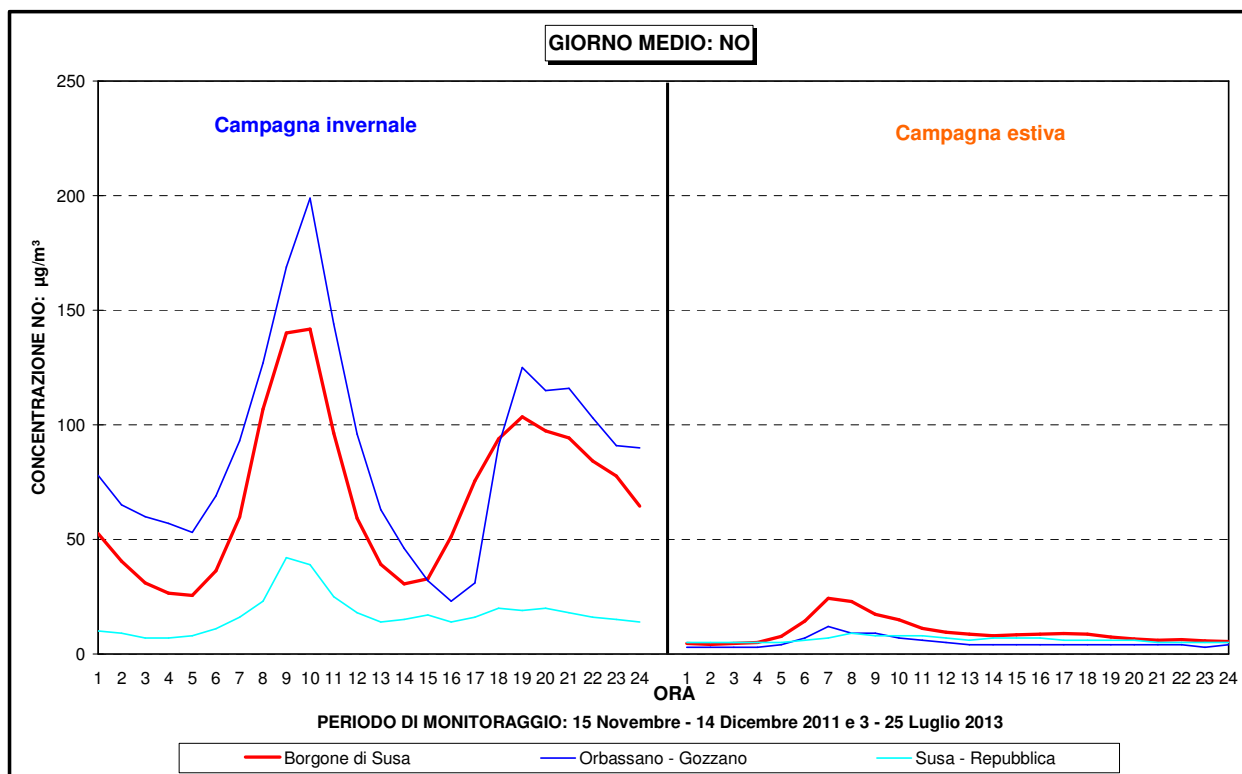
**Tabella 8** – Dati relativi al monossido di azoto (NO) (µg/m<sup>3</sup>)

<b>Monossido di Azoto</b>	Inverno 2011	Estate 2013
Minima media giornaliera	9	6
Massima media giornaliera	116	13
Media delle medie giornaliere (b):	68	10
Giorni validi	25	21
Percentuale giorni validi	86%	95%
Media dei valori orari	69	9
Massima media oraria	266	43
Ore valide	618	515
Percentuale ore valide	89%	98%

**Figura 18**– NO: andamento della concentrazione oraria e confronto con altre stazioni di misura



**Figura 19**– NO: andamento del giorno medio e confronto con altre stazioni di misura



Il **biossido di azoto** (NO<sub>2</sub>) è da ritenersi fra gli inquinanti atmosferici più pericolosi sia perché è per sua natura irritante, sia perché, in presenza di forte irraggiamento solare, entra a fa parte del ciclo di 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<sub>2</sub> è piuttosto complessa, in quanto si tratta di un inquinante di origine mista, in parte originato direttamente dai fenomeni di combustione e in parte prodotto indirettamente dall'ossidazione in atmosfera del monossido di azoto (NO) nell'ambito di un insieme complesso di reazioni fotochimiche.

La radiazione solare contribuisce alla formazione di NO<sub>2</sub> a partire dai suoi precursori, tuttavia condizioni di stabilità atmosferica, tipiche del periodo invernale, fanno in modo che in tale stagione siano registrati i valori più elevati, come si osserva dalla Tabella 9: durante la prima campagna è stata raggiunta la massima media oraria pari a 112 µg/m<sup>3</sup>, mentre nella campagna di luglio il picco è stato pari a 47 µg/m<sup>3</sup>. Tale andamento stagionale è tipico di questo inquinante e come si osserva dalla Figura 20, in tutti i siti posti a confronto durante il periodo estivo i valori risultano pressoché dimezzati; come per il monossido di azoto, a livelli bassi i massimi di NO<sub>2</sub> sono più evidenti nel Comune di Borgone, mentre nel periodo invernale la stazione di Orbassano registrava livelli generalmente maggiori. Tale andamento è ancora più evidente dal grafico del giorno medio riportato in Figura 21.

Nel Comune di Borgone Susa questo parametro non mostra criticità per quanto riguarda il limite previsto dalla normativa come numero di superamenti del livello orario per la protezione della salute di 200 µg/m<sup>3</sup> (la normativa prevede che non venga superato più di 18 volte in un anno) e del livello di allarme, infatti in entrambi i monitoraggi non vi sono stati sforamenti. La norma prevede un limite anche su base annuale per la protezione della salute umana pari a 40 µg/m<sup>3</sup>. Visto che la durata del monitoraggio con il laboratorio mobile nel comune di Borgone Susa non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo, non è possibile un confronto diretto con il limite stesso. Si può però considerare un valore stimato di media annuale ricavato dal rapporto fra la medie dei valori delle due campagne, pari a 37 µg/m<sup>3</sup>, e un fattore ricavato come descritto nella nota 1. Applicando tale procedimento, la media annuale stimata per il sito monitorato è pari a 32 µg/m<sup>3</sup>, valore che rispetta il limite e che rientra nella media dei valori osservati nelle stazioni della provincia torinese escludendo quelle dell'area metropolitane e quelle caratterizzate da maggiore traffico veicolare (Figura 22). La stessa stima è stata fatta sui dati raccolti nello stesso sito del comune di Borgone nel corso di una campagna condotta nel 2003 (Figura 23). Dal confronto dei due grafici emerge che in generale in tutto il territorio provinciale i livelli di NO<sub>2</sub> si sono abbassati rispetto al 2003 ed in particolare nel comune di Borgone che nel corso del 2003 registrava valori paragonabili a To-Lingotto, mentre i dati più recenti lo posizionano ai livelli delle stazioni di provincia. Pur trattandosi di stime, e quindi soggette a margini di errore, questo dato rappresenta un aspetto positivo per la qualità dell'aria relativamente al biossido di azoto nel comune di Borgone Susa.

### Nota 1

Si sono calcolate le medie di NO<sub>2</sub>, per il periodo della campagna, di tutte le stazioni della provincia. Dal rapporto con la media del periodo agosto 2011 – luglio 2013 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne a Borgone Susa permette di ricavare la stima annuale. (Per il 2003 sono stati considerati i dati del periodo dal 19 marzo al 14 aprile in cui è stata effettuata la campagna e le medie relative all'anno 2003)

$$\text{MaL} = (\text{MaS} / \text{mcS}) \times \text{mclL}$$

Dove:

**MaL** : media anni 2011 - 2013 NO<sub>2</sub> Lab. Mobile

**MaS** : media anni 2011 - 2013 NO<sub>2</sub> Stazioni della Provincia

**mclL** : media periodo campagne NO<sub>2</sub> Lab. Mobile

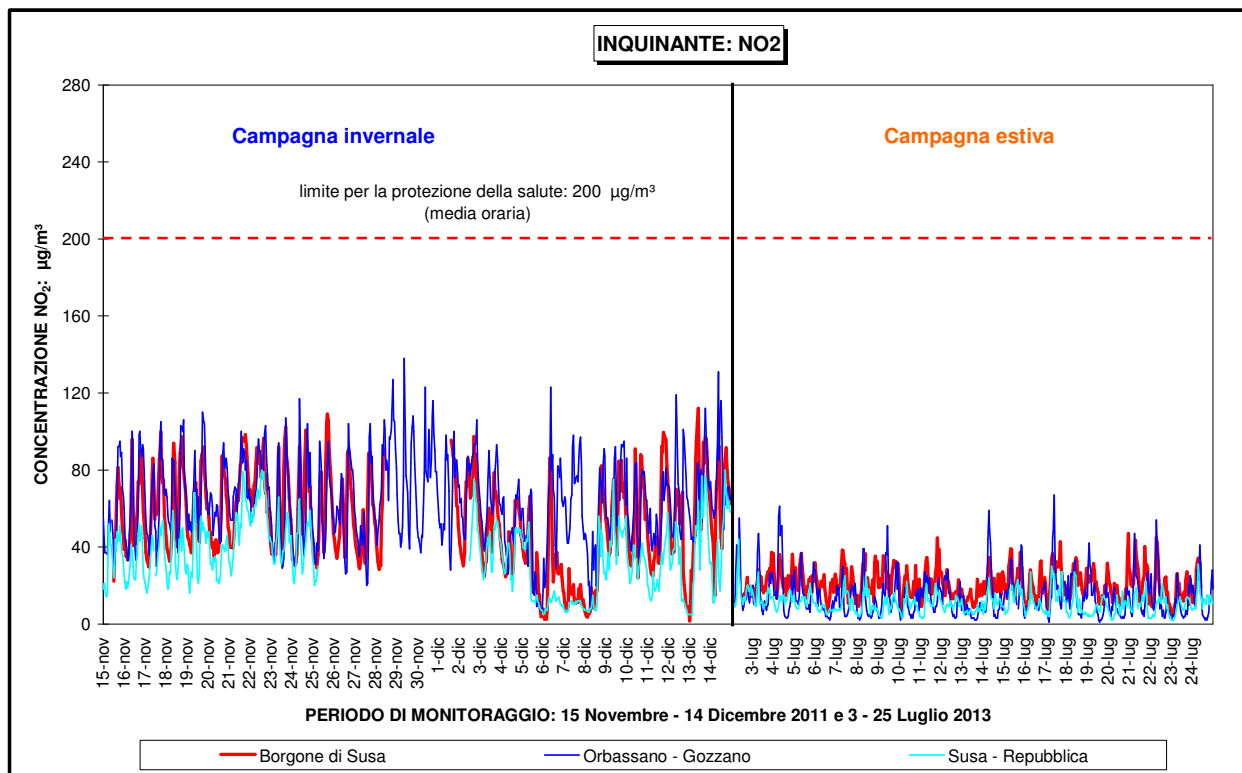
**mcS** : media periodo campagne NO<sub>2</sub> Stazioni della Provincia

**Tabella 9** – Dati relativi al biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) (µg/m<sup>3</sup>)

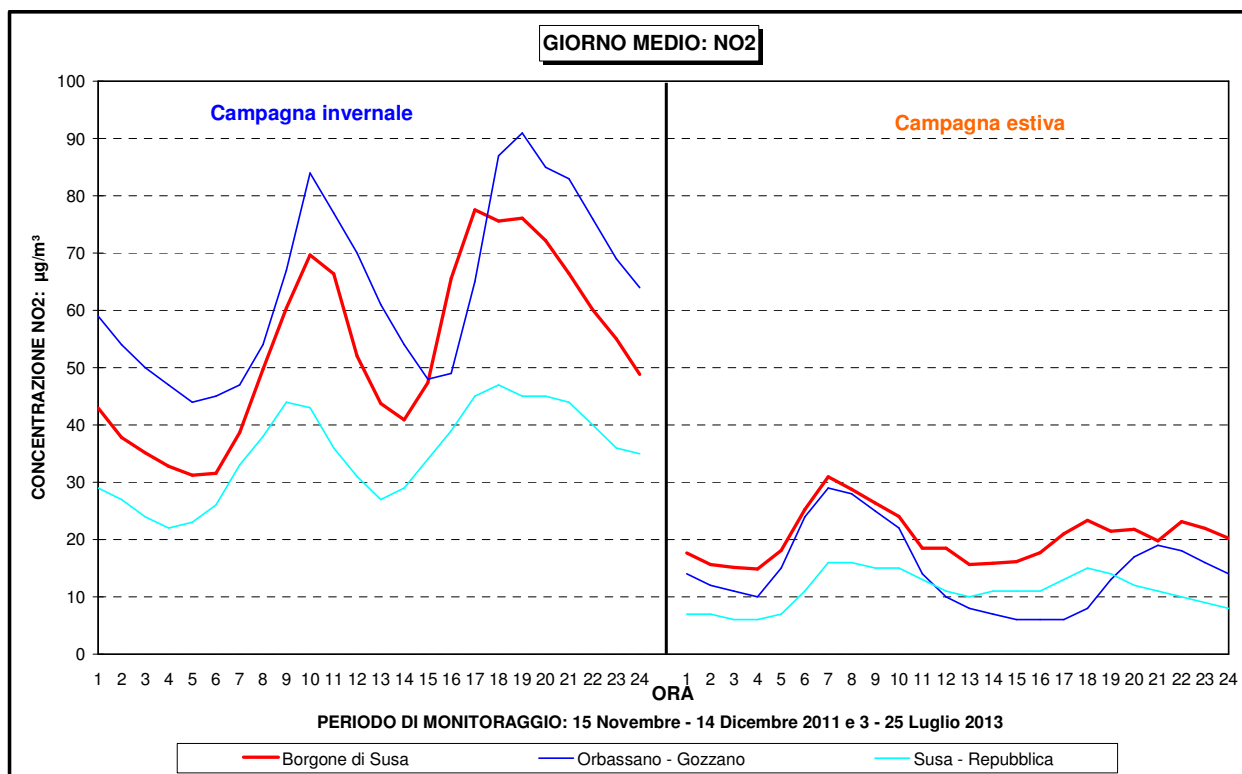
<b>Biossido di Azoto</b>	Inverno 2011	Estate 2013
Minima media giornaliera	14	14
Massima media giornaliera	75	26
Media delle medie giornaliere	53	21
Giorni validi	25	21
Percentuale giorni validi	86%	95%
Media dei valori orari	53	21
Massima media oraria	112	47
Ore valide	618	514
Percentuale ore valide	89%	97%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (200)</u>	<b>0</b>	<b>0</b>
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (200)</u>	<b>0</b>	<b>0</b>
<u>Numero di superamenti livello allarme (400)</u>	<b>0</b>	<b>0</b>
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (400)</u>	<b>0</b>	<b>0</b>



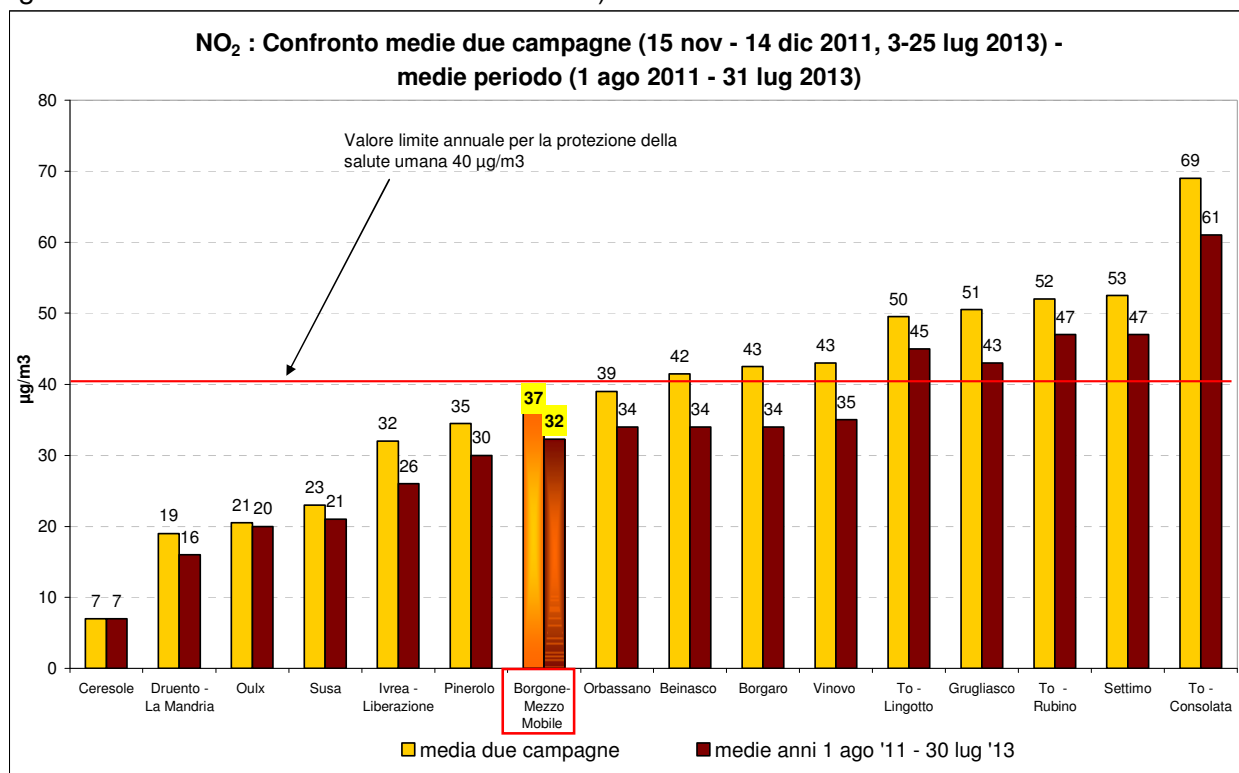
**Figura 20**– NO<sub>2</sub>: confronto con i limiti di legge e con i dati di altre stazioni di monitoraggio



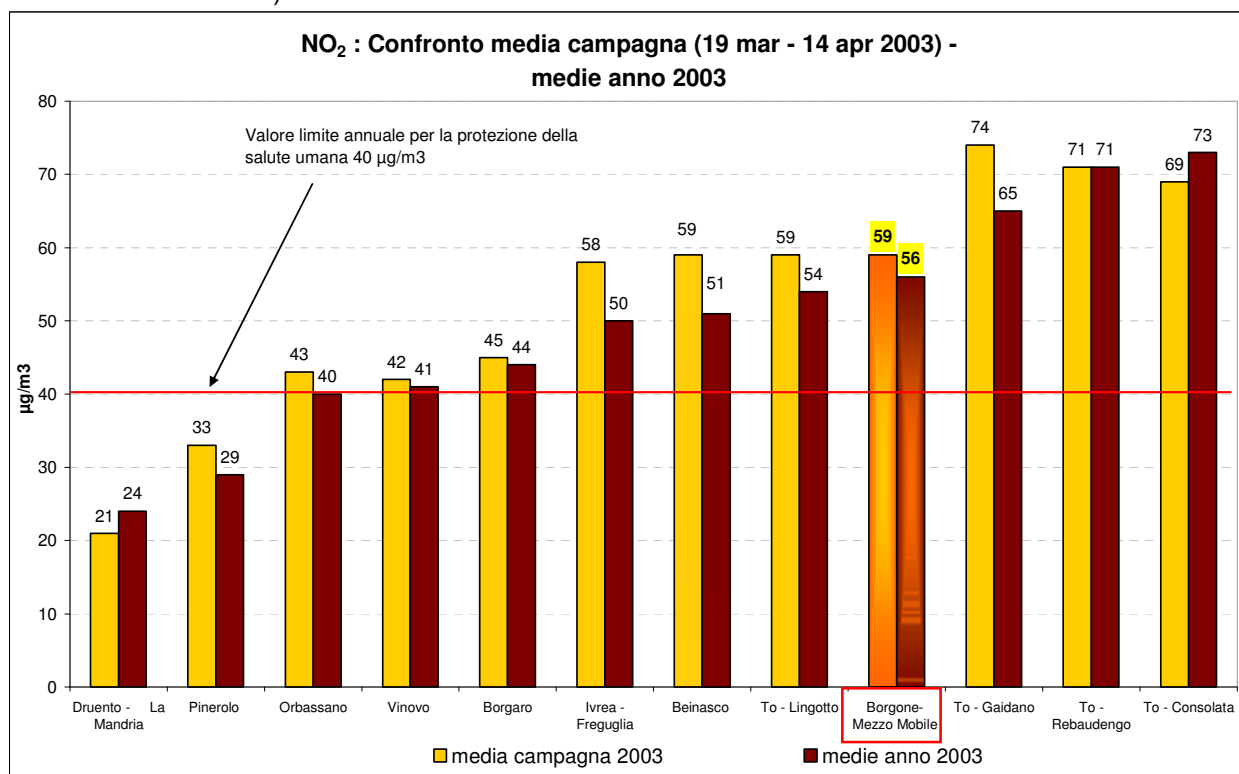
**Figura 21**– NO<sub>2</sub>: andamento giorno medio - confronto con i dati di altre stazioni di monitoraggio



**Figura 22**– NO<sub>2</sub> : medie annuali valutate nel periodo agosto 2011 – luglio 2013 (per il comune di Borgone il valore è stato stimato come in Nota 1)



**Figura 23**– NO<sub>2</sub> : medie annuali valutate per l'anno 2003 (per il comune di Borgone il valore è stato stimato come in Nota 1)



## Benzene e Toluene

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

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

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 ha fissato all'uno per cento il tenore massimo di benzene nelle benzine a partire dal 1 luglio 1998.

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. In seguito a esposizione a concentrazioni elevate, superiori a milioni di ppb, si osservano danni acuti al midollo osseo. Un'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.

In Tabella 10 sono riportati i dati registrati durante le campagne di monitoraggio per benzene e toluene. Come prevedibile, essendo anche questi inquinanti tipici della stagione più fredda, nel corso del monitoraggio di luglio si osserva una generale diminuzione dei valori, infatti il valore medio orario di benzene risulta pari a  $0.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a fronte dei  $3.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  registrati tra novembre e dicembre del 2011. In modo equivalente a quanto descritto per gli altri parametri, il periodo limitato di monitoraggio condotto con il laboratorio mobile, non consente un confronto diretto e preciso con il livello previsto dalla norma che richiede una copertura annuale, tuttavia considerando che la media dei due periodi risulta evidentemente inferiore ai  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  previsti dalla norma, e che a partire dal 2005, il valore limite annuale per il benzene è rispettato su tutte le stazioni della rete provinciale, anche quelle metropolitane di Torino, si può dedurre che anche nel Comune di Borgone i livelli siano al di sotto di tale livello.

Dal confronto riportato in Figura 24 con i dati registrati presso la stazione di Vinovo, si osserva che i livelli e gli andamenti sono equivalenti, soprattutto nel periodo invernale, mentre nel corso del monitoraggio estivo i valori risultano leggermente superiori nel Comune di Borgone; tuttavia si consideri che si tratta di livelli talmente bassi che risultano affetti da maggiori errori e ricadono nell'intervallo dell'incertezza di misura.

Per quanto riguarda il **toluene** la normativa italiana non prevede alcun limite, ma le linee guida date nel 2000 dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) indicano un valore 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 stagione fredda in cui si registrano i livelli maggiori, a Borgone Susa la massima media giornaliera di toluene è stata pari a  $12.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mentre la massima media oraria è stata di  $24.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in entrambi i casi si tratta di concentrazioni ben al di sotto del valore guida consigliato dall'OMS. In Figura 26 si osserva che nel periodo estivo i valori si abbassano ulteriormente, anche nella stazione

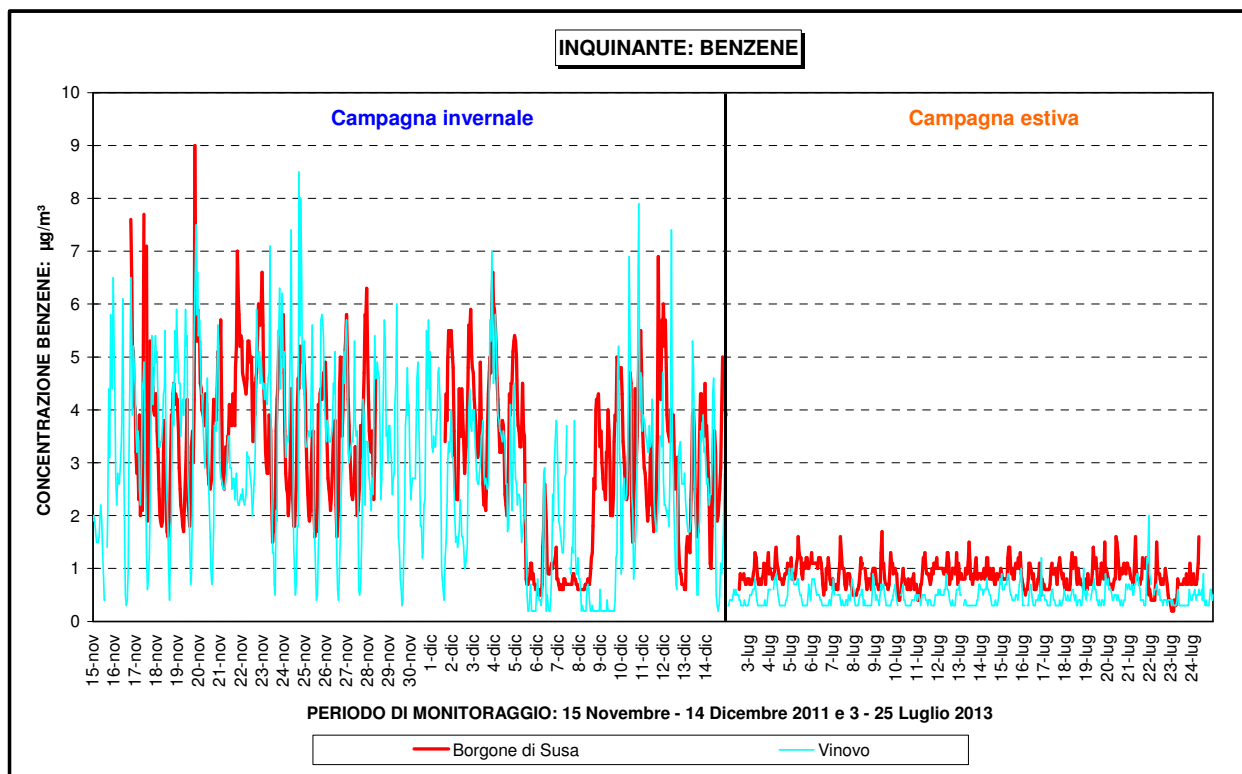
da traffico dell'area metropolitana e la strumentazione del laboratorio mobile ha registrato la massima media giornaliera di toluene pari a  $3.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mentre la massima media oraria è stata di  $9.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$

**Tabella 10** – Dati relativi al benzene e al toluene ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

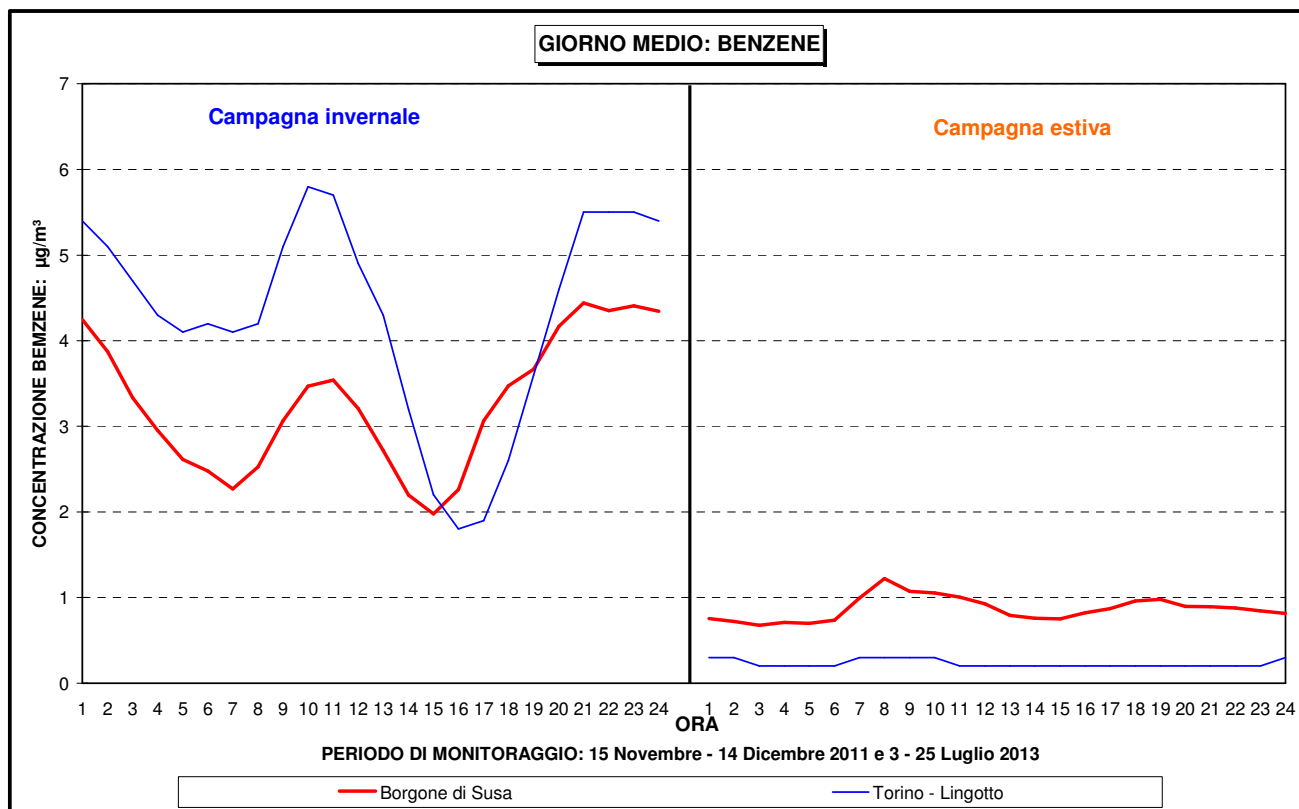
<b>Benzene</b>	Inverno 2011	Estate 2013
Minima media giornaliera	0.7	0.6
Massima media giornaliera	4.9	1.1
Media delle medie giornaliere	3.2	0.9
Giorni validi	24	21
Percentuale giorni validi	83%	95%
Media dei valori orari	3.3	0.9
Massima media oraria	9.0	1.7
Ore valide	597	513
Percentuale ore valide	86%	97%

<b>Toluene</b>	Inverno 2011	Estate 2013
Minima media giornaliera	3.3	0.9
Massima media giornaliera	12.7	3.8
Media delle medie giornaliere	7.5	2.0
Giorni validi	23	21
Percentuale giorni validi	79%	95%
Media dei valori orari	7.6	2.0
Massima media oraria	24.9	9.6
Ore valide	581	513
Percentuale ore valide	83%	97%

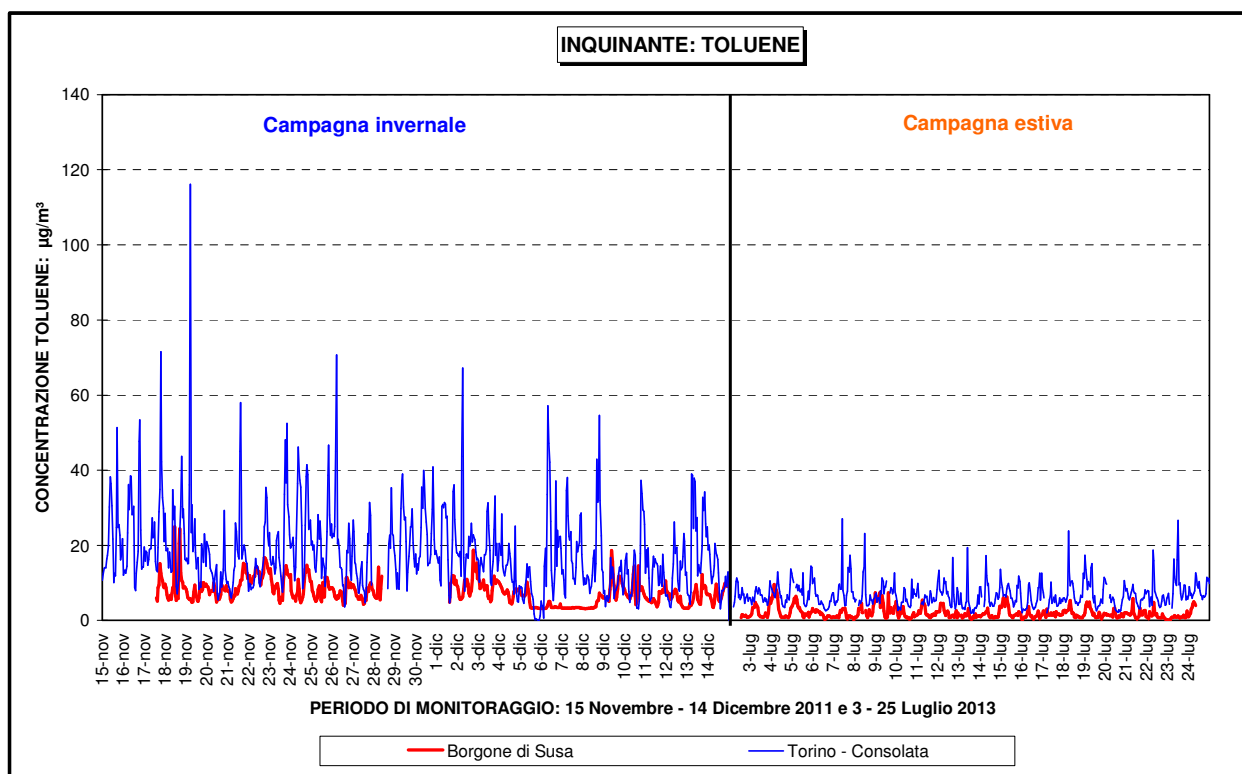
**Figura 24**– Benzene: andamento della concentrazione oraria nel corso delle campagne di monitoraggio



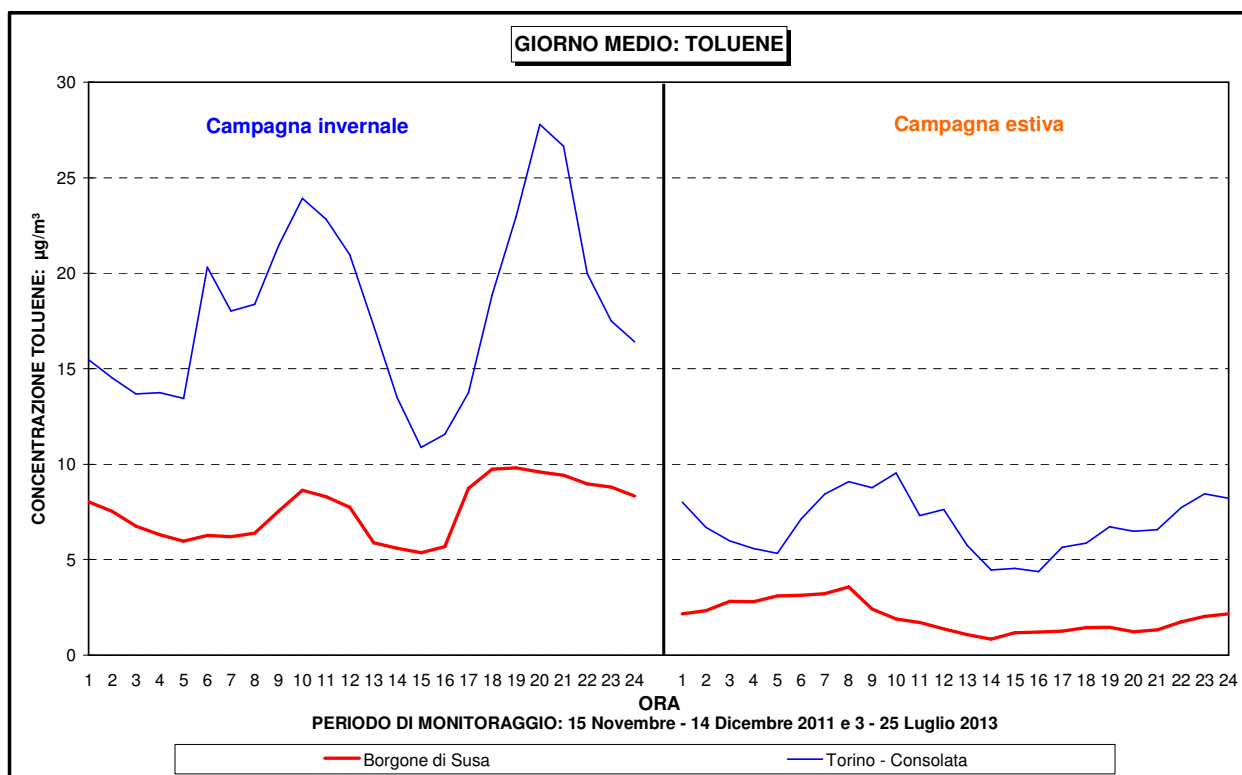
**Figura 25** - - Benzene: andamento del giorno medio



**Figura 26**– Toluene: andamento della concentrazione oraria nel corso delle campagne di monitoraggio



**Figura 27** - - Toluene: andamento del giorno medio



## Particolato Sospeso

Il particolato sospeso è costituito dall'insieme del 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 potendo penetrare in profondità nell'apparato respiratorio. Diversi studi epidemiologici hanno mostrato una correlazione tra la concentrazioni di polveri nell'aria e la manifestazione di malattie croniche alle vie respiratorie, a causa degli inquinanti che queste particelle veicolano e che possono essere rilasciati negli alveoli polmonari.

La legislazione italiana, recependo quella europea, non ha più posto limiti per il particolato sospeso totale (PTS), ma, prima con il DM 60/2002 e successivamente con il D.Lgs 155/2010, ha previsto dei limiti solo per il particolato PM<sub>10</sub>, la frazione con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm. Si tratta della componente più pericolosa del particolato perché in grado di raggiungere facilmente la trachea e i bronchi, dove gli inquinanti adsorbiti sulla polvere possono venire a contatto con gli alveoli polmonari.

Il D.Lgs 155/2010 introduce un limite anche per il PM<sub>2.5</sub> (diametro aerodinamico inferiore ai 2.5 µm) calcolato come media annuale di 25 µg/m<sup>3</sup> da raggiungere entro il 1 gennaio 2015.

### PM<sub>10</sub>

Durante la campagna nel comune di Borgone sono state eseguite misure di particolato fine PM<sub>10</sub>, per il quale sono disponibili 30 giorni di monitoraggio effettivo nel periodo invernale e 22 nel periodo estivo. Anche per questo inquinante i fenomeni di formazione e accumulo sono molto significativi nel periodo freddo ed infatti come descritto dettagliatamente nella relazione della prima campagna, erano stati registrati 22 superamenti (Figura 29) con un episodio particolarmente intenso che ha caratterizzato la Val di Susa nella giornata del 22 novembre 2011. Dal grafico riportato in Figura 28 si osserva che in situazioni di maggiore rimescolamento dell'atmosfera che caratterizzano la stagione estiva, tutti i valori rientrano nel valore limite giornaliero di 50 µg/m<sup>3</sup> e tutti i siti posti a confronto, pur avendo caratteristiche piuttosto diverse, mostrano livelli paragonabili. Nelle Figura 30 e Figura 31 è riportato l'andamento delle polveri rispetto ai parametri meteo di vento e pioggia: si osserva che durante le giornate di pioggia l'aria viene ulteriormente ripulita dall'inquinamento, con valori che risultano inferiori alla media del periodo; il vento ha determinato una diminuzione nelle giornate del 23 e 24 luglio.

Il numero di superamenti del limite giornaliero osservati durante la campagna invernale è stato riportato in Figura 29, nella quale per le altre stazioni della rete provinciale è riportato il numero di superamenti relativi all'anno 2011. Si evidenzia che durante la campagna invernale nel Comune di Borgone i superamenti sono stati paragonabili a quelli di Ivrea e Druento, per cui si può affermare che su base annuale neppure a Borgone Susa tale limite viene rispettato.

Oltre al limite giornaliero, da non superare più di 35 volte nel corso dell'anno civile, per il PM<sub>10</sub> la norma prevede un limite su base annuale pari a 40 µg/m<sup>3</sup>. Come descritto nel paragrafo relativo al biossido di azoto, la durata del monitoraggio con il laboratorio mobile nel comune di Borgone Susa non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo, per cui non è possibile un confronto diretto con il limite stesso. Si può però considerare un valore stimato di media annuale ricavato dal rapporto fra la medie dei valori delle due campagne, pari a 43 µg/m<sup>3</sup>, e un fattore ricavato come descritto nella nota 1. Applicando tale procedimento, la media annuale stimata per il sito monitorato è pari a 34 µg/m<sup>3</sup>, valore che rispetta il limite e che risulta inferiore ai livelli osservati nelle stazioni dell'area metropolitana, ma tra i più alti di quelli dei siti di provincia (Figura 32).

La stessa stima è stata fatta sui dati raccolti nello stesso sito del comune di Borgone nel corso di una campagna condotta nel 2003 (Figura 33). Dal confronto dei due grafici emerge che in generale in tutto il territorio provinciale i livelli di PM<sub>10</sub> si sono abbassati rispetto al 2003, in cui la stima relativa al comune di Borgone Susa risultava superiore al limite di 40 µg/m<sup>3</sup>, tuttavia per questo parametro il sito risulta sempre con livelli inferiori a Borgaro e superiori a Pinerolo.

Nonostante il trend in discesa osservato negli ultimi anni, in molte zone della provincia di Torino non vengono rispettati i limiti previsti dalla normativa, soprattutto come numero di superamenti del livello giornaliero, per cui risultano indispensabili interventi strutturali a livello provinciale e regionale per la riduzione delle fonti primarie di polveri. Tuttavia, qualunque intervento anche a livello locale, atto alla riduzione delle fonti di polveri, darà un contributo importante per ottenere gli obiettivi indicati.

### Nota 1

Si sono calcolate le medie di PM<sub>10</sub>, per il periodo delle campagne estiva ed invernale, di tutte le stazioni della provincia.

Dal rapporto con la media del periodo agosto 2011 – luglio 2013 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio delle campagne a Borgone Susa permette di ricavare la stima annuale.

(Per il 2003 sono stati considerati i dati del periodo dal 19 marzo al 14 aprile in cui è stata effettuata la campagna e le medie relative all'anno 2003)

$$\mathbf{MaL} = (\mathbf{MaS} / \mathbf{mcS}) \times \mathbf{mcL}$$

Dove:

**MaL** : media anni 2011 - 2013 PM<sub>10</sub> Lab. Mobile

**MaS** : media anni 2011 - 2013 PM<sub>10</sub> Stazioni della Provincia

**mcL** : media periodo campagne PM<sub>10</sub> Lab. Mobile

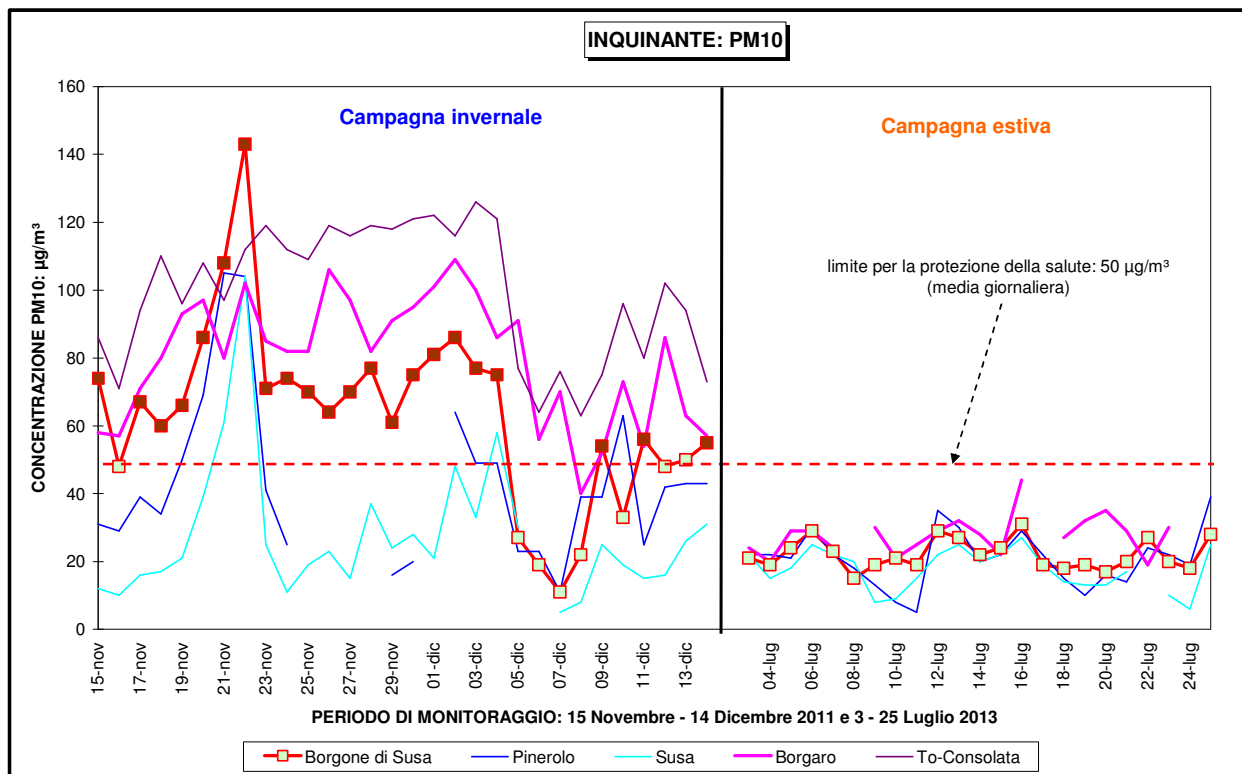
**mcS** : media periodo campagne PM<sub>10</sub> Stazioni della Provincia

**Tabella 11** – Dati relativi al particolato sospeso PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) presso il sito di monitoraggio

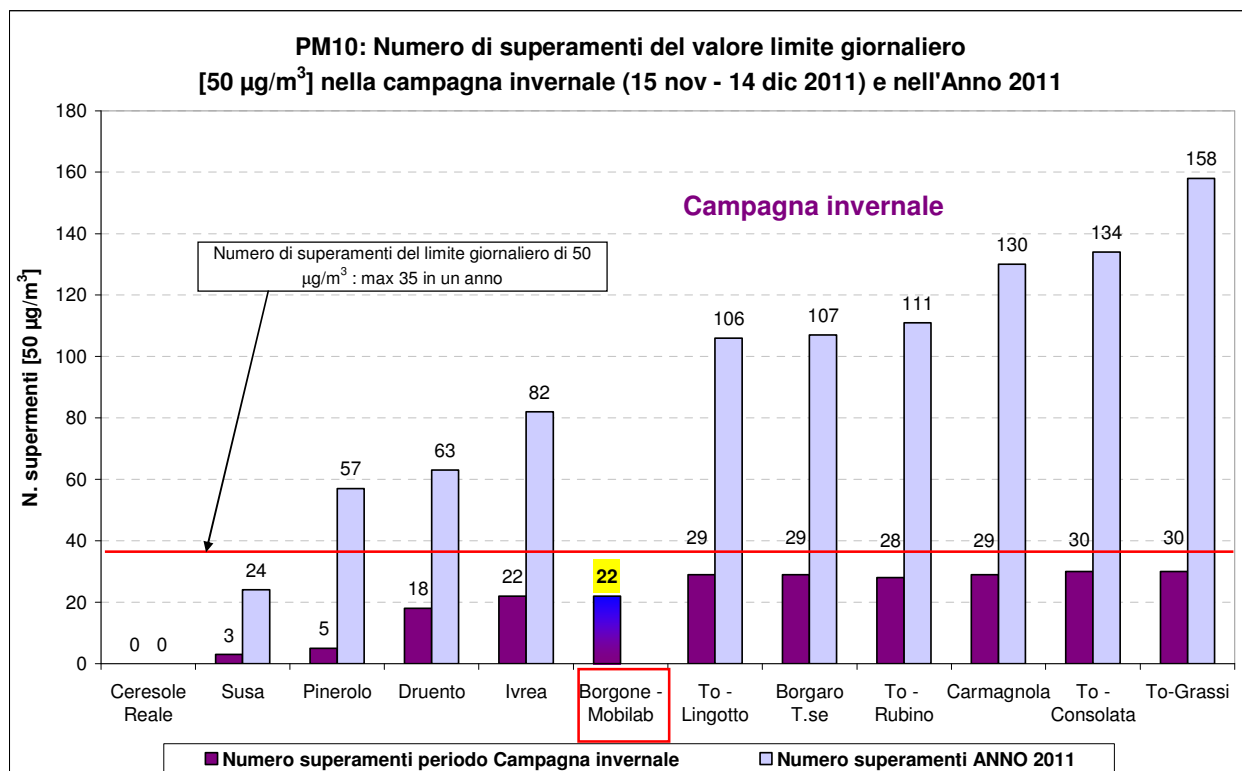
<b>Polveri – PM10</b>	Inverno 2011	Estate 2013
Minima media giornaliera	11	15
Massima media giornaliera	143	31
Media delle medie giornaliere	63	22
Giorni validi	30	22
Percentuale giorni validi	100%	100%
Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	<b>22</b>	<b>0</b>



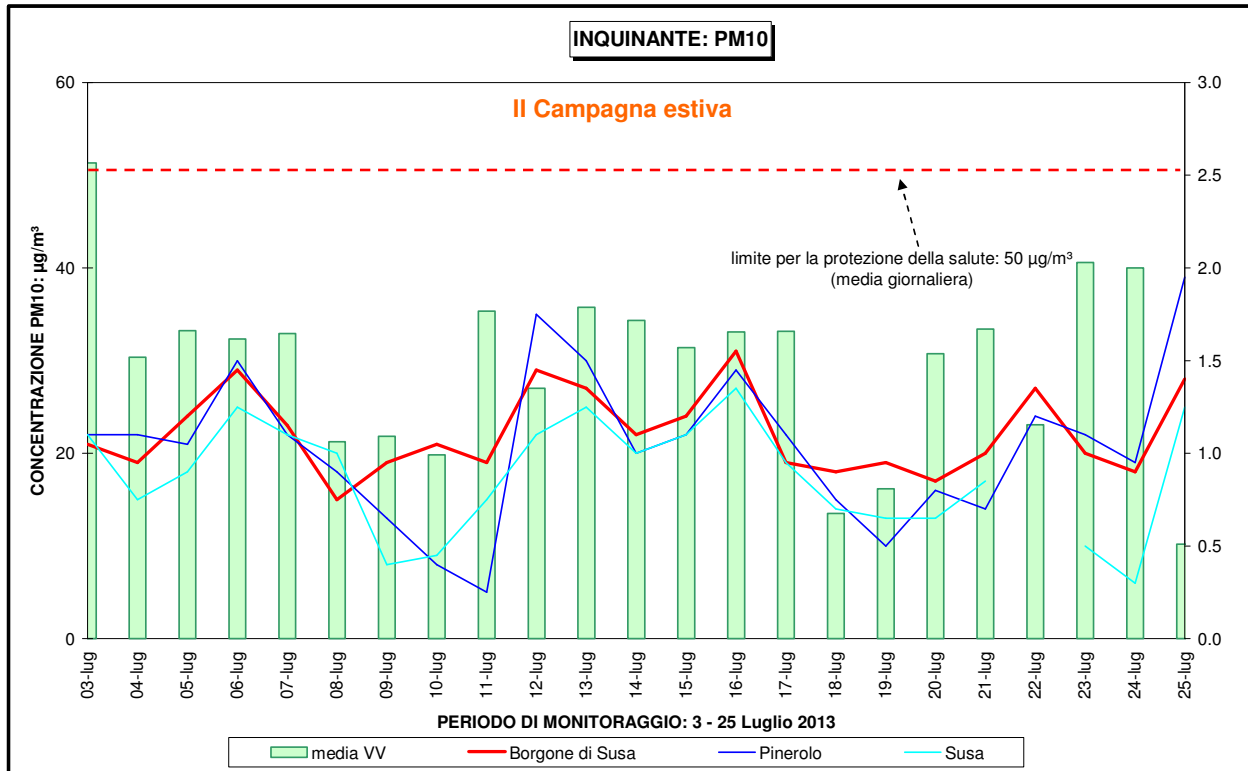
**Figura 28**– Particolato sospeso PM<sub>10</sub>: confronto con il limite giornaliero per la protezione della salute



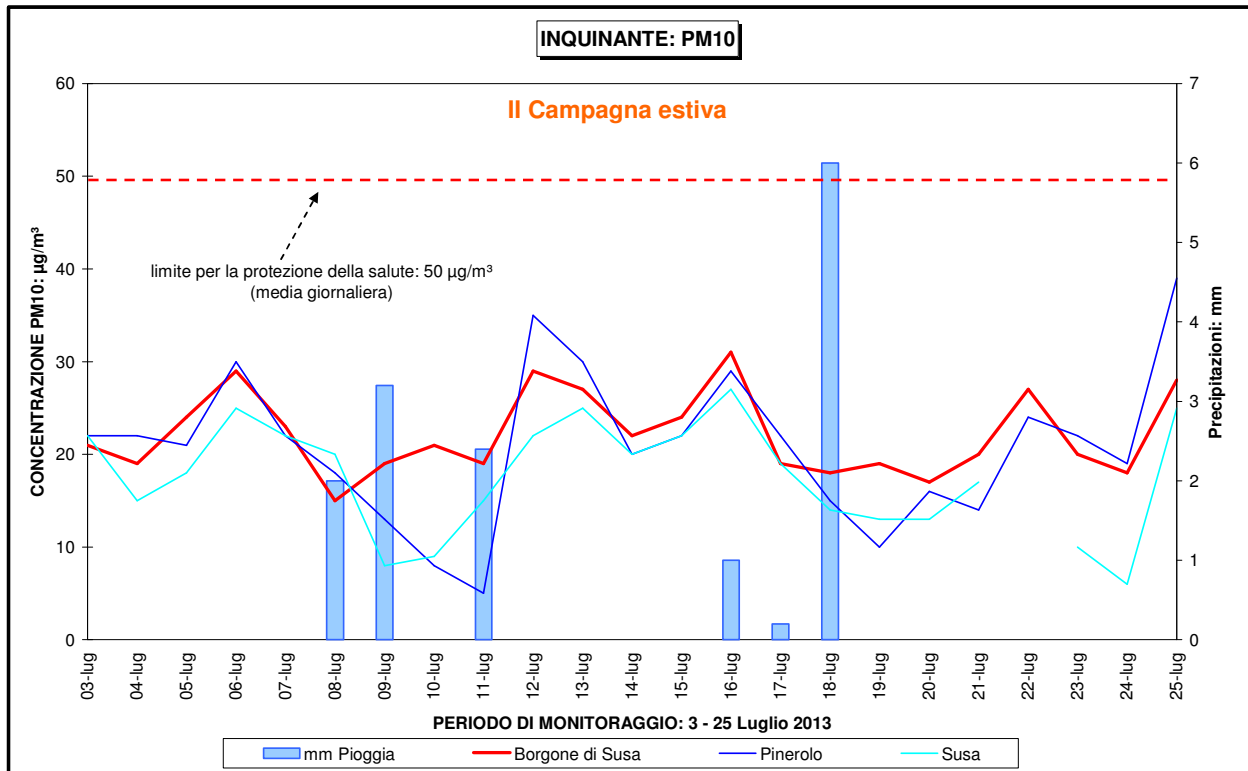
**Figura 29** – Particolato sospeso PM<sub>10</sub>: numero di superamenti del limite giornaliero durante la campagna invernale, confronto con altre stazioni di monitoraggio



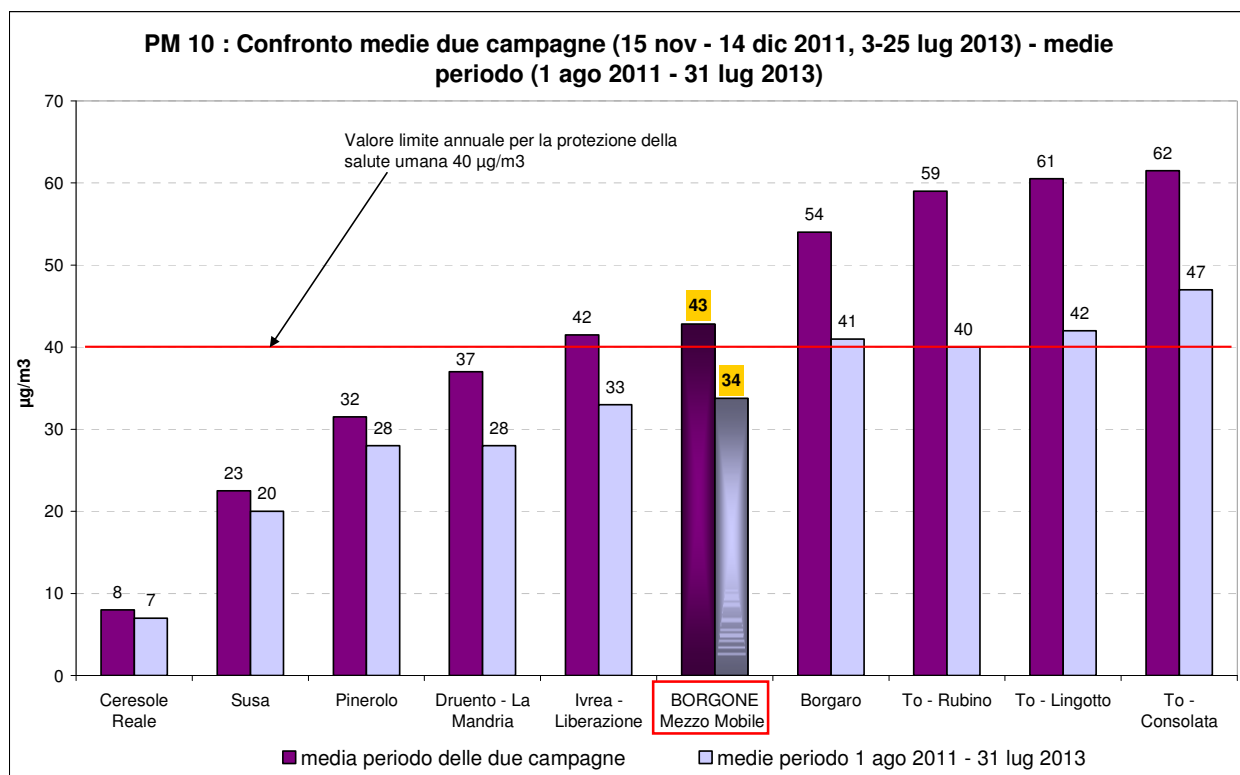
**Figura 30**– Particolato sospeso PM<sub>10</sub>: confronto con altre stazioni di monitoraggio e con il parametro velocità vento (Il Campagna)



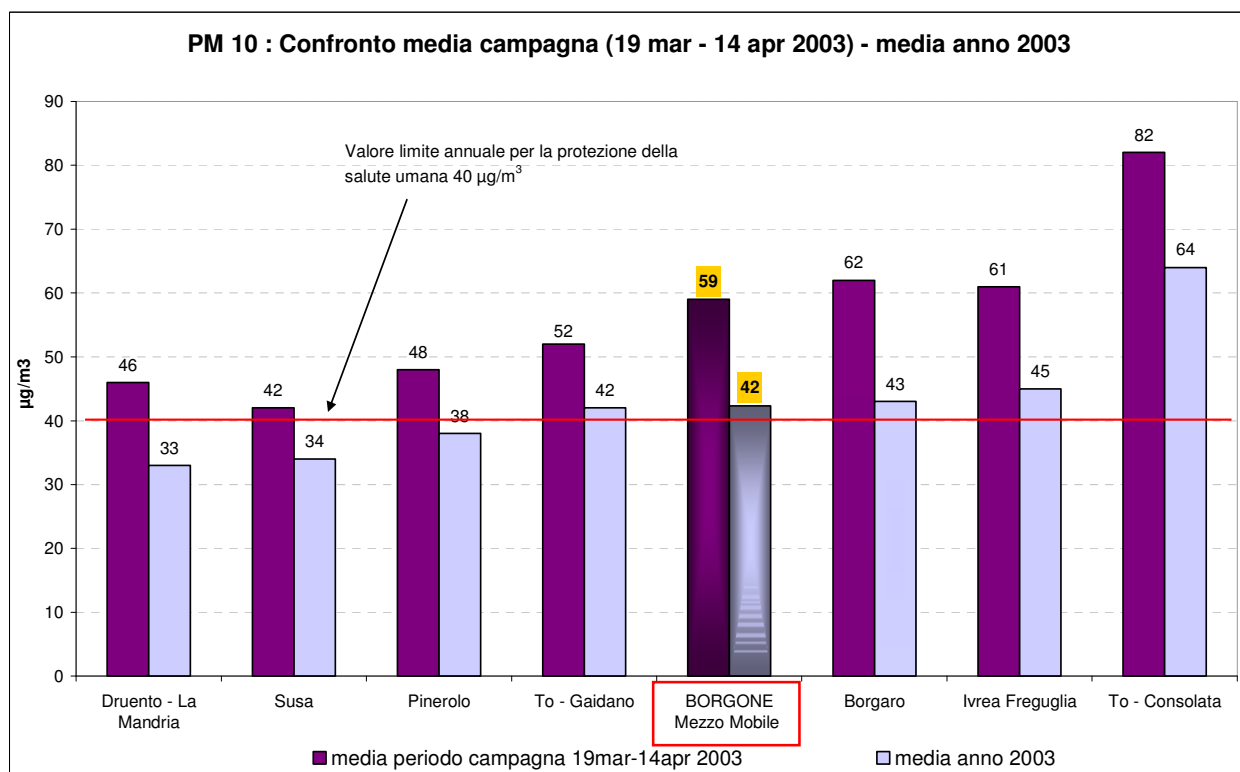
**Figura 31** – Particolato sospeso PM<sub>10</sub>: confronto con altre stazioni di monitoraggio e con il parametro precipitazioni (Il Campagna)



**Figura 32**– Particolato sospeso PM<sub>10</sub>: confronto medie durante le due campagne e le medie del periodo 1 agosto 2011 – 31 luglio 2013 nella provincia di Torino.



**Figura 33**– Particolato sospeso PM<sub>10</sub>: confronto medie durante la campagna del 2003 e le medie dell'anno 2003 nella provincia di Torino.



### PM<sub>2.5</sub>

Nel Comune di Borgone Susa il parametro PM<sub>2.5</sub> è stato monitorato nel corso della seconda campagna. Come si osserva dalla Figura 34, l'andamento delle polveri più sottili segue l'andamento temporale del PM<sub>10</sub>. Dai dati raccolti durante la campagna si calcola che mediamente il PM<sub>2.5</sub> rappresenta circa il 63% del PM<sub>10</sub>. Anche questo parametro nelle stazioni della provincia di Torino, ed in generale nella pianura padana, raggiunge i livelli più critici durante il periodo invernale, mentre nelle stagioni caratterizzate da maggiore dinamicità atmosferica, i valori sono piuttosto bassi. Ciò è confermato dai valori registrati a Borgone, la cui media del periodo risulta pari a 14 µg/m<sup>3</sup> e valore massimo giornaliero pari a 21 µg/m<sup>3</sup>. Il confronto con il limite su base annuale previsto dalla norma non è possibile in quanto il monitoraggio è stato condotto per un periodo di tempo troppo limitato e durante la sola stagione estiva, tuttavia dal grafico riportato in Figura 35, si osserva che l'andamento del PM<sub>2.5</sub> registrato a Borgone è sovrapponibile a quello relativo ad altri siti provinciali della rete pubblica di rilevamento; quindi è presumibile che su base annuale mostri livelli paragonabili. Nel corso del 2013, nelle stazioni provinciali vi è stata una diminuzione dei valori medi annuali di PM<sub>2.5</sub> rispetto all'anno precedente, con livelli generalmente nell'intorno del limite previsto dalla normativa, ad eccezione del sito di Ceresole (5 µg/m<sup>3</sup>) caratterizzata, come prevedibile da valori molto bassi per tutti gli inquinanti da traffico e Settimo T.se (33 µg/m<sup>3</sup>) che generalmente mostra valori più simili a quelli dell'area metropolitana.

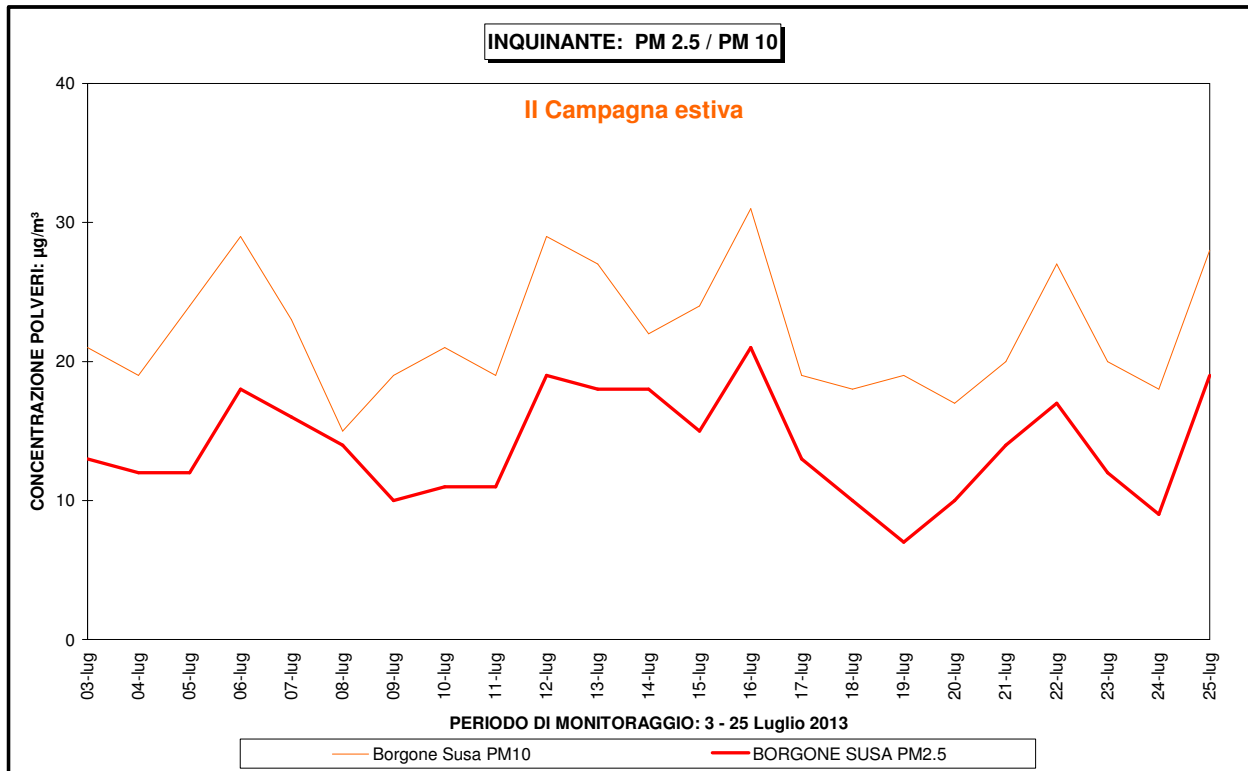
In termini generali per PM<sub>2.5</sub> e PM<sub>10</sub>, che sono due tra gli inquinanti più critici nell'intero bacino padano, sono necessari interventi strutturali a livello provinciale e regionale per la riduzione delle fonti primarie di polveri e dei precursori della componente secondaria del particolato, vale a dire sostanze emesse in origine in forma gassosa che nel tempo si trasformano in particolato. Il PM<sub>2.5</sub> – che è di norma prevalentemente di origine secondaria - nella campagna estiva costituisce circa il 64% del PM<sub>10</sub>, a testimonianza dell'importanza di tali fenomeni .

In ogni caso anche interventi a livello locale in armonia con tale strategia possono dare un contributo importante per ottenere gli obiettivi indicati, limitatamente alla componente primaria del particolato stesso

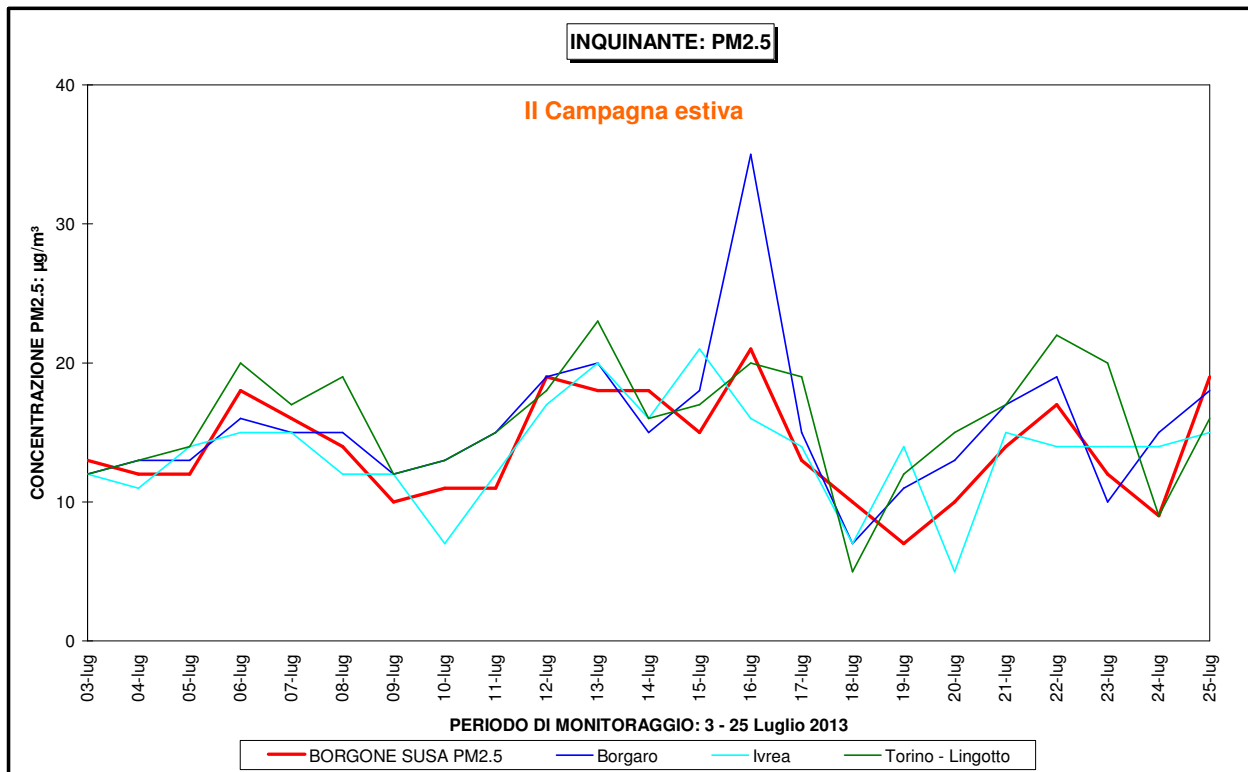
**Tabella 12** – Dati relativi al particolato sospeso PM<sub>2.5</sub> (µg/m<sup>3</sup>) presso il sito di monitoraggio

<b>Polveri – PM<sub>2.5</sub></b>	Inverno 2011	Estate 2013
Minima media giornaliera		7
Massima media giornaliera		21
Media delle medie giornaliere		14
Giorni validi		22
Percentuale giorni validi		100%

**Figura 34** – Particolato sospeso confronto tra PM10 e PM2.5 (Il Campagna)



**Figura 35** – Particolato sospeso PM<sub>2.5</sub>: confronto con altre stazioni di monitoraggio (Il Campagna)



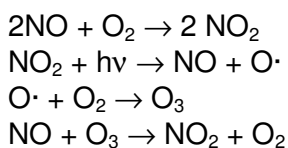
## Ozono

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, ma 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 ( $\text{NO}_x$ ) e i composti organici volatili (VOC).

Le concentrazioni più elevate di ozono si raggiungono nella stagione calda quando la radiazione solare e la temperatura media dell'aria raggiungono i valori più alti dell'anno.

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



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

Come descritto nella relazione relativa alla prima campagna, valutazioni più corrette su questo parametro sono possibili osservando i valori relativi a questa campagna condotta nel corso della stagione estiva che risulta più critica per tale inquinante, in cui la concentrazione di ozono può raggiungere valori molto alti e superare più volte i limiti di legge.

Come riassunto nella Tabella 13 nel corso della campagna invernale, infatti, la media dei valori orari di ozono è stata di  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , con una massima media oraria di  $82 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mentre nel periodo caldo la media è stata di  $93 \mu\text{g}/\text{m}^3$  con una massima media oraria di  $192 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; si sono quindi registrati 10 superamenti su base oraria del livello di informazione pari a  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  concentrati su 3 giorni dei 17 di monitoraggio.

Dal grafico di Figura 37 si nota come i valori siano spesso superiori al livello di protezione della salute su medie di 8 ore ( $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ed infatti nel corso di 15 giorni sui 17 di monitoraggio tale valore obiettivo è stato superato; considerando che la norma consente al massimo 25 giorni di superamento per anno civile come media di 3 anni, si può presumere che tale obiettivo non sia rispettato nel Comune di Borgone Susa, come del resto avviene in tutte le stazioni della rete provinciale per le quali si ha un periodo di monitoraggio sufficientemente lungo ai fini della valutazione. Dalla Figura 36 in cui viene riportata la concentrazione oraria di ozono rilevata con il Laboratorio mobile e nelle stazioni fisse di Orbassano e Susa si osserva che gli andamenti nei tre siti sono coincidenti, tuttavia nel comune di Borgone i livelli registrati nel mese di luglio sono superiori dei siti posti a confronto.

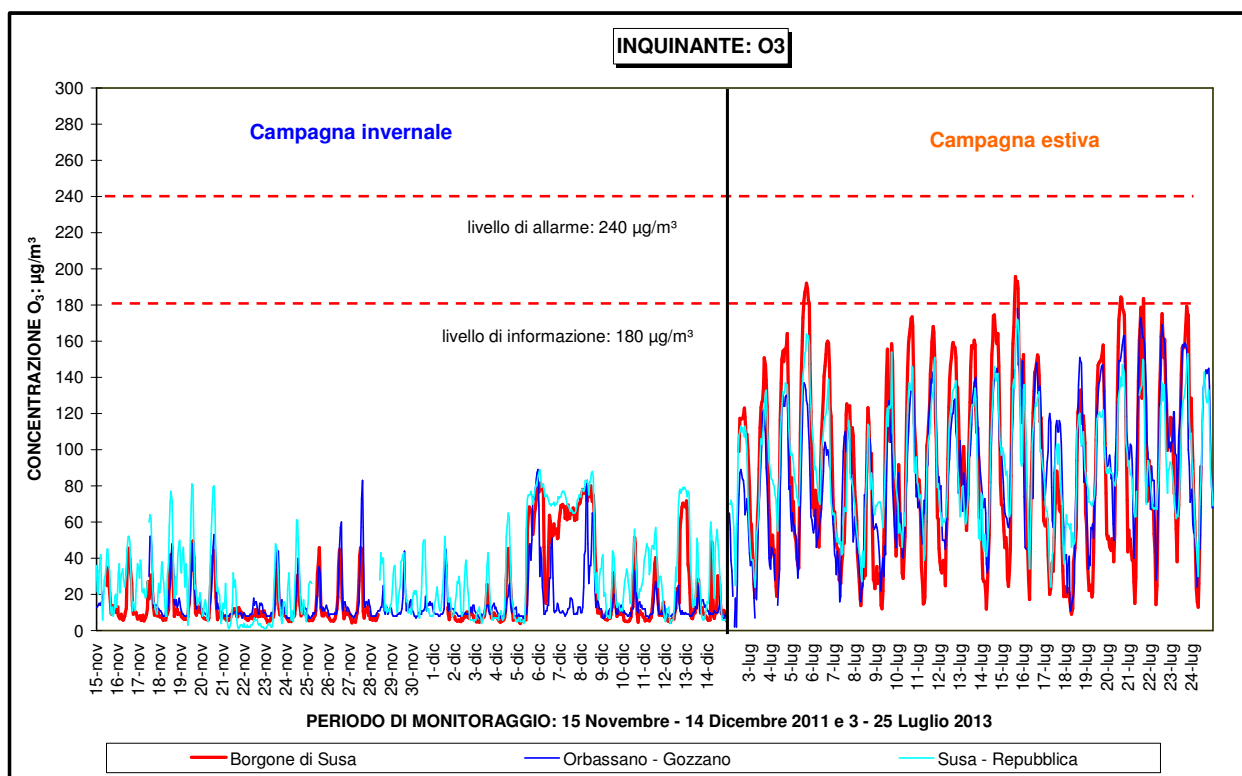
I grafici riportati in Figura 38, Figura 39 mostrano la stretta correlazione degli andamenti di ozono con i parametri meteo relativi a radiazione solare e temperatura, infatti elevate temperature ed irraggiamento solare favoriscono la formazione di ozono a partire dai suoi precursori quali ossidi di azoto e composti organici volatili; come descritto nel paragrafo relativo ai parametri meteo, complessivamente il mese di Luglio 2013 in Piemonte è stato il più caldo dell'estate, e proprio nel periodo ricoperto dal monitoraggio nel Comune di Borgone si sono registrati i livelli maggiori di ozono, con i superamenti del limite di  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in tutti i siti di monitoraggio della provincia, ed in alcuni di essi anche del livello di informazione pari a  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Durante la campagna non è stato superato il livello di allarme pari a  $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

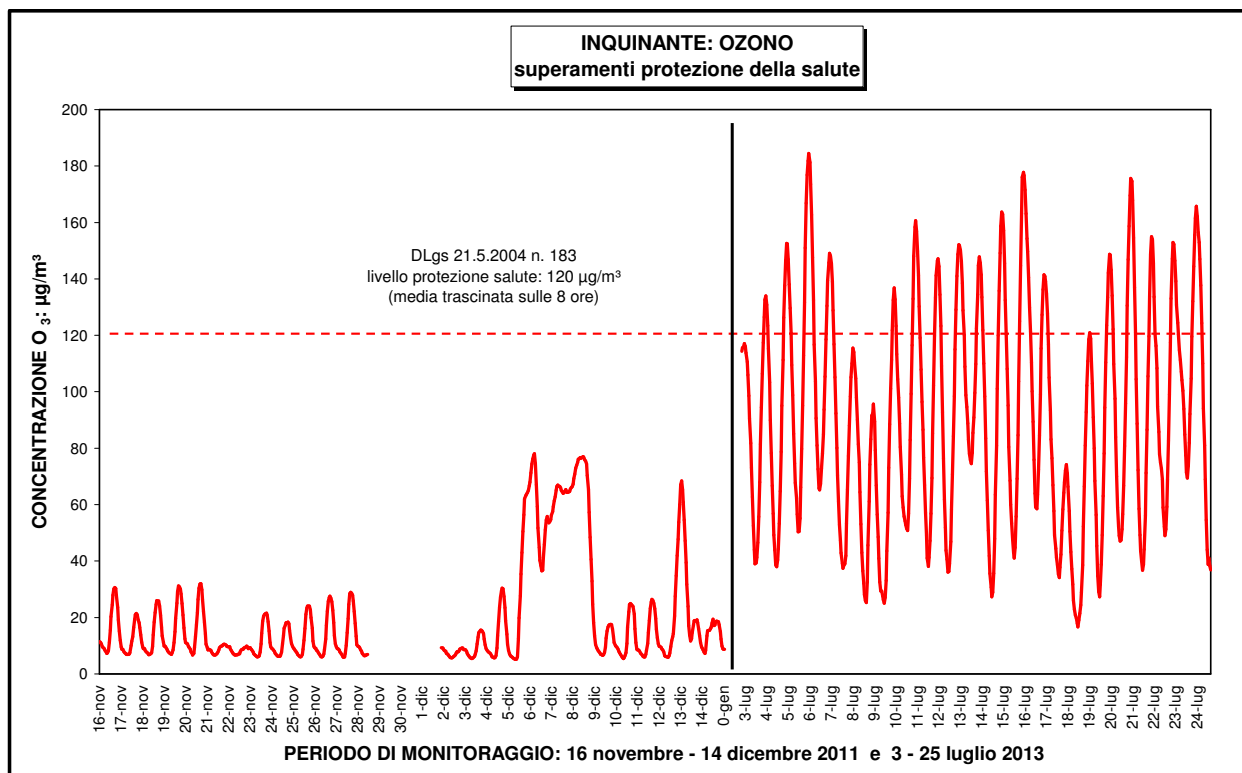
**Tabella 13** – Dati relativi all’ozono (O<sub>3</sub>) (µg/m<sup>3</sup>)

<b>Ozono</b>	<b>Inverno 2011</b>	<b>Estate 2013</b>
Minima media giornaliera	7	55
Massima media giornaliera	66	119
Media delle medie giornaliere	20	92
Giorni validi	25	17
Percentuale giorni validi	86%	77%
Media dei valori orari	20	93
Massima media oraria	82	192
Ore valide	618	420
Percentuale ore valide	89%	80%
Minimo medie 8 ore	5	17
Media delle medie 8 ore	20	93
Massimo medie 8 ore	78	185
Percentuale medie 8 ore valide	88%	78%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (120)</u>	<b>0</b>	<b>115</b>
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h &gt; 120)</u>	<b>0</b>	<b>15</b>
<u>Numero di superamenti livello informazione (180)</u>	<b>0</b>	<b>10</b>
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello informazione (180)</u>	<b>0</b>	<b>3</b>
<u>Numero di valori orari superiori al livello allarme (240)</u>	<b>0</b>	<b>0</b>
<u>Numero di superamenti livello allarme (240 per almeno 3 ore consecutive)</u>	<b>0</b>	<b>0</b>
<u>Numero di giorni con almeno un valore superiore al livello allarme (240)</u>	<b>0</b>	<b>0</b>

**Figura 36**– O<sub>3</sub>: andamento della concentrazione oraria e confronto con i limiti di legge

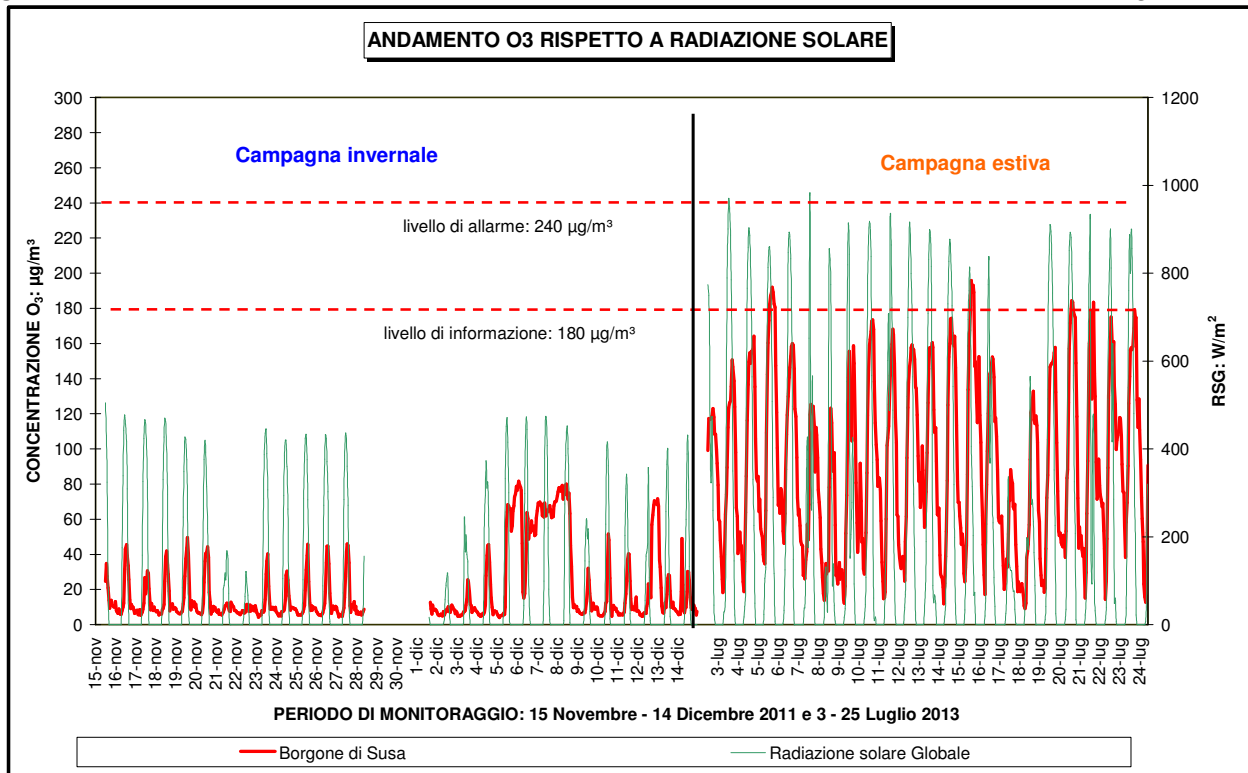


**Figura 37**– O<sub>3</sub>: confronto con i limiti di legge (media trascinata sulle 8 ore)

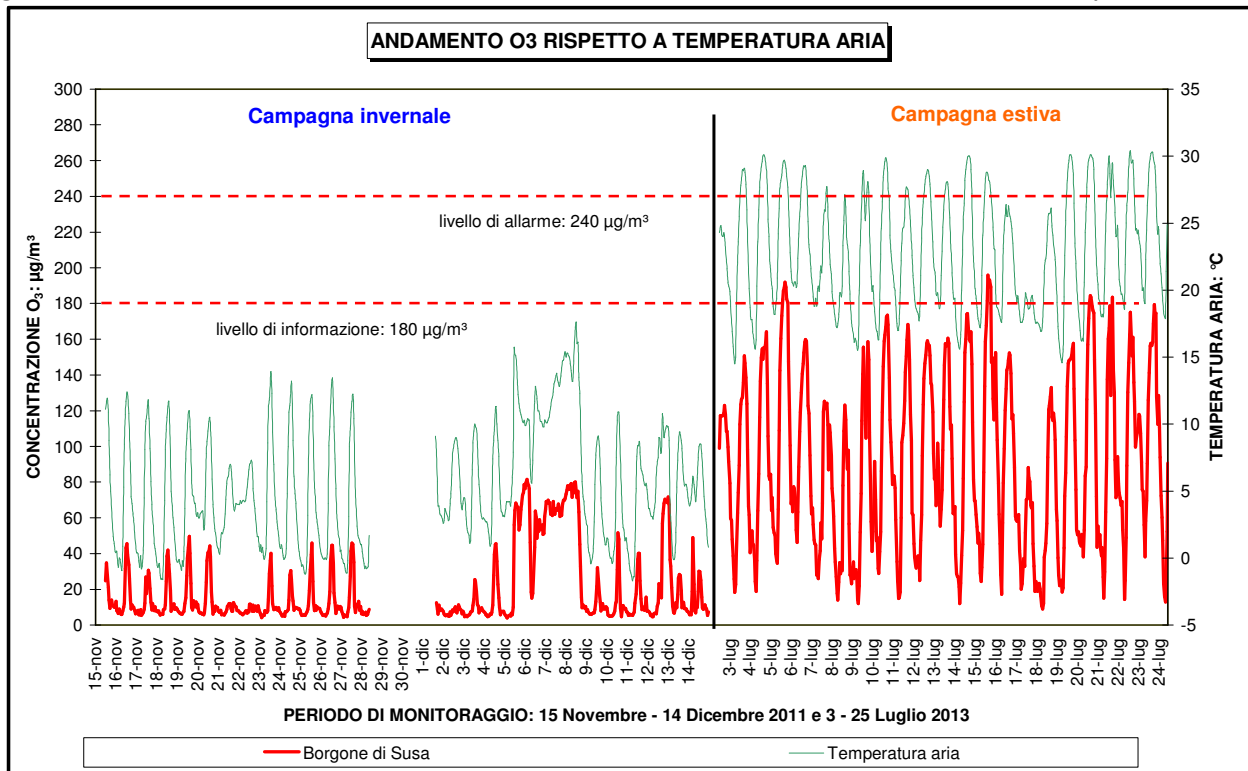




**Figura 38**– O<sub>3</sub>: andamento della concentrazione oraria e confronto con radiazione solare globale



**Figura 39**– O<sub>3</sub>: andamento della concentrazione oraria e confronto con radiazione temperatura amb.



## **ANALISI DEL TRAFFICO VEICOLARE**

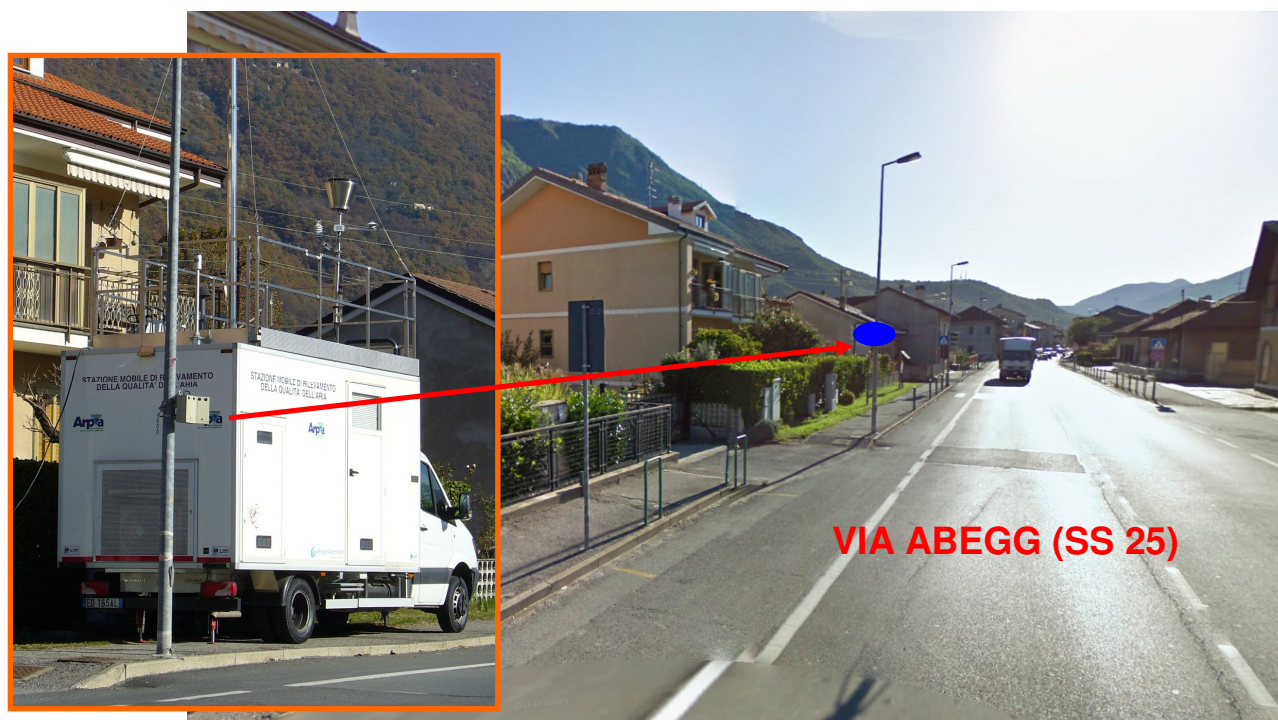
Il traffico veicolare costituisce oggi il principale responsabile dell'inquinamento atmosferico nelle aree urbane, a causa dell'emissione dei prodotti della combustione dei carburanti e della loro successiva trasformazione chimica.

Siccome la maggiore problematicità segnalata nel sito di monitoraggio è il notevole passaggio di veicoli, soprattutto mezzi pesanti, lungo la Strada Statale 25 (Via Abegg) si è scelto, durante le due campagne, di misurare oltre ai parametri meteorologici anche il flusso veicolare presente sul territorio, per meglio comprendere l'andamento degli inquinanti da traffico veicolare. In Figura 40 è mostrato il posizionamento dello strumento conta traffico radar su un lampione dell'illuminazione pubblica, di fianco al Laboratorio Mobile; era quindi in grado di conteggiare i veicoli che transitavano durante le campagne, proprio lungo la statale.

Il periodo di monitoraggio è coinciso con quello delle campagne di misura della qualità dell'aria svolte; tuttavia un problema tecnico di funzionamento dello strumento ha reso inutilizzabili i dati della seconda parte della campagna estiva, per cui il periodo di misura effettivo è stato:

- dal 15 al 28 novembre 2011 durante la I campagna
- dal 3 giugno al 11 luglio 2013 durante la II campagna.

**Figura 40** – Contatraffico e posizionamento lungo Via Abegg (SS 25).



Su ciascun veicolo in transito sulla sezione stradale su cui è collocato, il conta traffico è in grado di acquisire informazioni quali:

- data e ora di transito
- direzione del veicolo
- velocità di transito del veicolo (informazione non memorizzata né utilizzata ai fini del presente studio)
- lunghezza del veicolo

Il programma di lettura dei dati è inoltre in grado di individuare in modo automatico cinque classi veicolari distinte in base alla lunghezza del mezzo di trasporto. Transporter (furgoni), autocarri e autotreni costituiscono la componente del traffico veicolare per la quale si suppone un'alimentazione prevalentemente diesel, mentre per ciclomotori e automobile si considera anche un'alimentazione a benzina.

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

In sede di analisi dei dati è stata innanzitutto calcolata la media giornaliera dei passaggi veicolari totali e nei due periodi di misura (Tabella 14). La media giornaliera si ricava dal rapporto tra il numero totale di veicoli conteggiati dallo strumento e il numero dei giorni della campagna.

**Tabella 14** - Medie giornaliere di passaggi veicolari.

<b>Mobilab c/o BORGONE Dati contatraffico</b>	<b>I campagna 15 - 28 novembre 2011 veicoli/giorno</b>	<b>II campagna 3 - 11 luglio 2013 veicoli/giorno</b>
Media giornaliera di veicoli leggeri	8763	9436
Media giornaliera transporter	1551	1948
Media giornaliera di veicoli pesanti	720	978
Media giornaliera di veicoli totali	11034	12363
<b>Media complessiva campagne I+II</b>	<b>11564</b>	

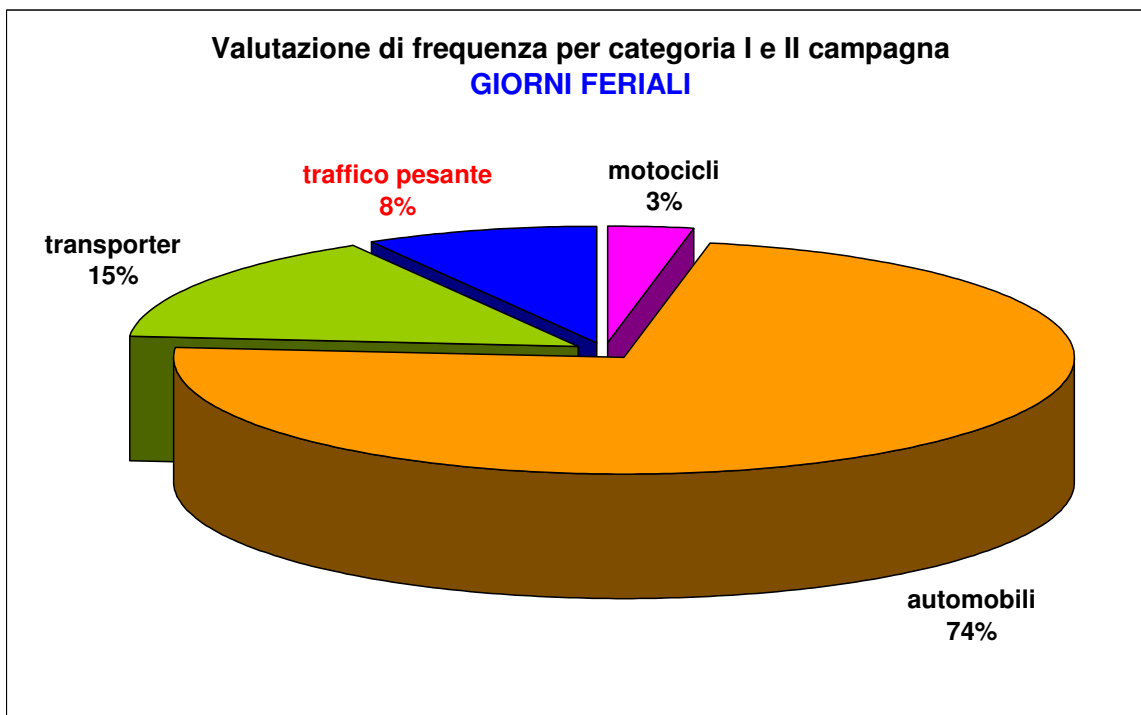
Prendendo come riferimento le "Le linee guida per la predisposizione delle reti di monitoraggio della qualità dell'aria in Italia" dell'APAT (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici) si è potuto classificare la SS25 all'altezza del punto monitorato con il laboratorio mobile, in funzione dei flussi di traffico e delle caratteristiche stradali.

Il numero complessivo di passaggi medi giornalieri nel periodo valido è di **11564** veicoli/giorno. In base alle Linee guida APAT sopracitate (capitolo 4 - tipologia e numero delle stazioni per la valutazione dell'esposizione della popolazione negli agglomerati - nota 2), tale valore individua per la strada indagata – suburbana, a carattere residenziale - una condizione di "alto volume di traffico" essendo i passaggi giornalieri superiore ai 10.000 veicoli/giorno. Nel corso di un monitoraggio condotto per 1 settimana nel gennaio 2011 sempre lungo la statale nel comune di Borgone dal servizio Vigilanza – Rumore di Arpa, era stato rilevato un flusso equivalente pari a 11666 veicoli/giorno. A titolo di confronto rilevazioni condotte nel Comune di Torino in strade ad intenso traffico hanno fornito flussi di circa 20000 / 22000 veicoli/giorno in Corso Regio Parco, 20000 in via Cigna, 23000 in C.so Traiano e 19000 in C.so Inghilterra (considerando sempre entrambi i sensi di marcia).

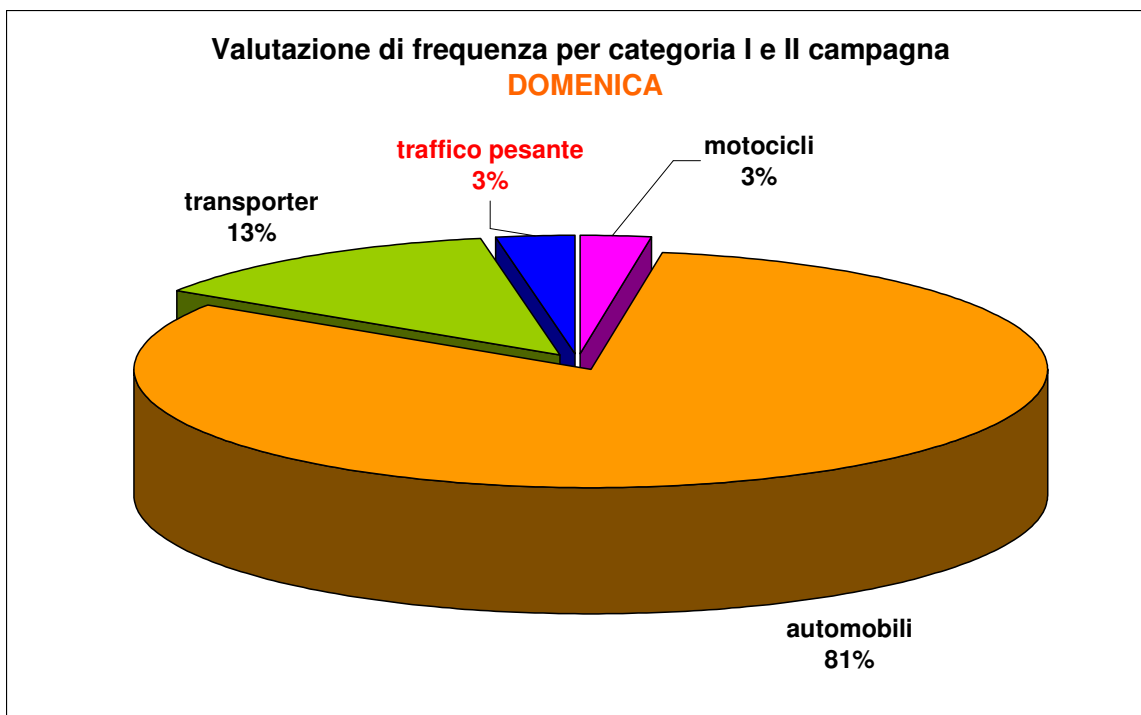
Analizzando più nel dettaglio i dati si possono ottenere indicazioni sulla composizione del traffico veicolare, cioè sulla frequenza di passaggi delle varie tipologie di veicoli nel periodo indagato. In Figura 41 sono riportate le frequenze per categoria durante i giorni feriali, mentre in Figura 42 quelle della domenica. In entrambi i grafici si osserva che lungo la statale che attraversa Borgone Susa la categoria maggiormente rappresentata è quella delle automobili, che costituiscono il 74% dei veicoli registrati dallo strumento durante i giorni feriali ed aumenta percentualmente all'81% durante la

domenica: infatti durante le giornate festive il traffico dovuto ai transporter (furgoni) diminuisce del 2%, mentre i mezzi pesanti (autocarri e autotreni) passano dall'8% al 3%; non si osservano variazioni sulle frequenze di transito dei motocicli.

**Figura 41** - Composizione in percentuale del traffico veicolare nei due periodi di misura – giorni feriali



**Figura 42**- Composizione in percentuale del traffico veicolare nei due periodi di misura – giorni festivi



Nella Figura 43 viene mostrata invece la distribuzione settimanale del traffico su strada: si osserva una lieve flessione nella giornata della domenica, mentre risulta pressoché costante negli altri giorni

della settimana, il massimo coincide con il sabato, probabilmente in quanto si aggiungono i passaggi delle automobili e camper che raggiungono la Val di Susa per il fine settimana. Un incremento di spostamenti verso la valle si osserva anche durante il periodo estivo rispetto al monitoraggio invernale, infatti dal grafico riportato in Figura 44 si osserva che nelle giornate della settimana di luglio sono aumentati i passaggi di automobili e transporter (probabilmente camper).

Per quanto riguarda la modulazione oraria del traffico durante la giornata, dal grafico di Figura 45 si osserva che per le automobili e i transporter vi sono due picchi giornalieri, uno al mattino e uno serale, mentre i passaggi dei mezzi pesanti sono più uniformi nel corso di tutta la giornata dalle 8 del mattino alle 20 di sera.

Si è voluto poi confrontare direttamente i dati di traffico con le concentrazioni dei principali inquinanti misurati con il laboratorio mobile sito nel comune di Borgone.

La Figura 46 mostra l'andamento orario del numero totale di veicoli in rapporto al giorno medio degli ossidi di azoto -  $\text{NO}_x$  - parametro dato dalla somma di  $\text{NO}$  e  $\text{NO}_2$ . Nella campagna invernale è possibile rilevare due picchi giornalieri per l'andamento degli ossidi di azoto di cui quello serale rispecchia l'andamento del traffico; il picco mattutino raggiunge un livello ancora maggiore, mentre i volumi di traffico non sono altrettanto elevati, pur mostrando un innalzamento. Nella campagna estiva i dati di  $\text{NO}_x$  sono più bassi ed è più difficile trovare un'equivalente corrispondenza tra gli andamenti dei due parametri. Si osserva che a fronte di un numero di passaggi veicolari maggiori nel periodo estivo, i livelli di ossidi di azoto sono molto bassi, questo per l'importante influenza delle condizioni meteo climatiche descritte nei paragrafi relativi ai vari inquinanti. Confronti equivalenti del traffico totale sono stati effettuati con il parametro  $\text{CO}$ , ma non sono stati riportati nella presente relazione, in quanto a causa dei valori particolarmente bassi non si nota una buona corrispondenza; un buon accordo negli andamenti invece si osserva tra traffico leggero e benzene.

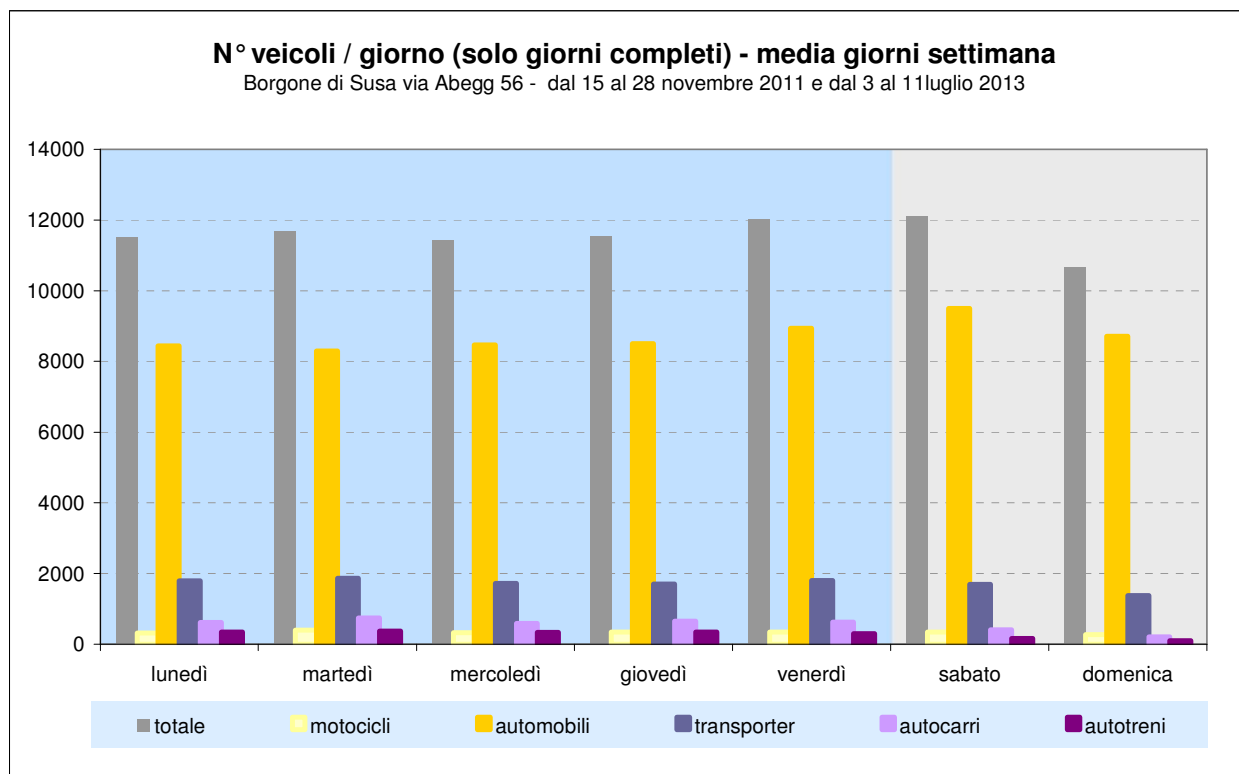
Si è messo poi a confronto il dato giornaliero del traffico totale con le concentrazioni giornaliere di  $\text{PM}_{10}$  (Figura 47). Come descritto nella relazione relativa alla campagna invernale, le concentrazioni di  $\text{PM}_{10}$  sono molto influenzate dalle condizioni meteo, che ne determinano anche i meccanismi di accumulo, nella giornata di domenica 20 novembre 2011 si ha una diminuzione del traffico totale, ma la particolare situazione meteorologica ha innescato un meccanismo di accumulo che ha poi determinato il picco anomalo del 22 novembre. D'altronde le concentrazioni di inquinanti non sono influenzate dalle sole emissioni in atmosfera, ma anche dalle condizioni meteorologiche: ciò è vero soprattutto d'inverno quando fenomeni di stabilità atmosferica possono portare a condizioni di inversione termica al suolo che favoriscono la stagnazione degli inquinanti nei primissimi strati dell'atmosfera. Nel caso del  $\text{PM}_{10}$  va inoltre considerato che una percentuale significativa è originata da fenomeni di formazione secondaria, in cui inquinanti emessi in origine in forma gassosa si trasformano nel tempo in particolato. Tali fenomeni avvengono per loro natura su area vasta e di conseguenza in un determinato sito non sono correlati con le variazioni delle emissioni inquinanti a livello locale.

In definitiva si possono fare alcune considerazioni sull'impatto del traffico sulla qualità dell'aria:

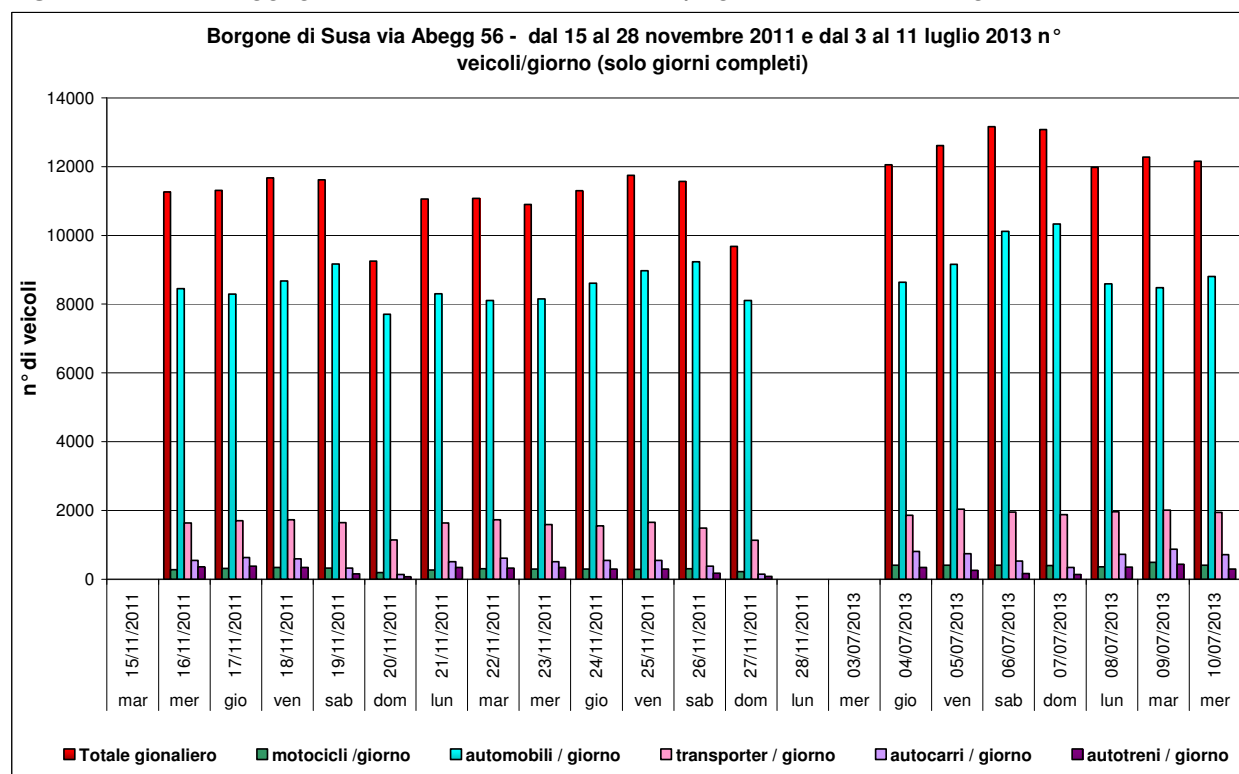
- Per il numero di passaggi di veicoli totale la SS25 che attraversa Borgone Susa può essere definita ad alto volume di traffico. L'andamento settimanale risulta costante con una diminuzione solo nella giornata della domenica, in cui diminuisce notevolmente il contributo dovuto ai mezzi pesanti.
- Non vi è una sostanziale differenza nel numero di passaggi veicolari tra la prima campagna, invernale, e la seconda, estiva.
- Lo studio svolto mostra che solo per il parametro  $\text{NO}_x$  si osserva una correlazione con l'andamento del traffico veicolare ed il benzene mostra una certa correlazione con il traffico leggero, mentre la concentrazione di parametri quali le polveri  $\text{PM}_{10}$ , risente dell'influenza di più

fattori contemporaneamente, tra i quali la meteorologia ha un ruolo fondamentale soprattutto nel periodo invernale.

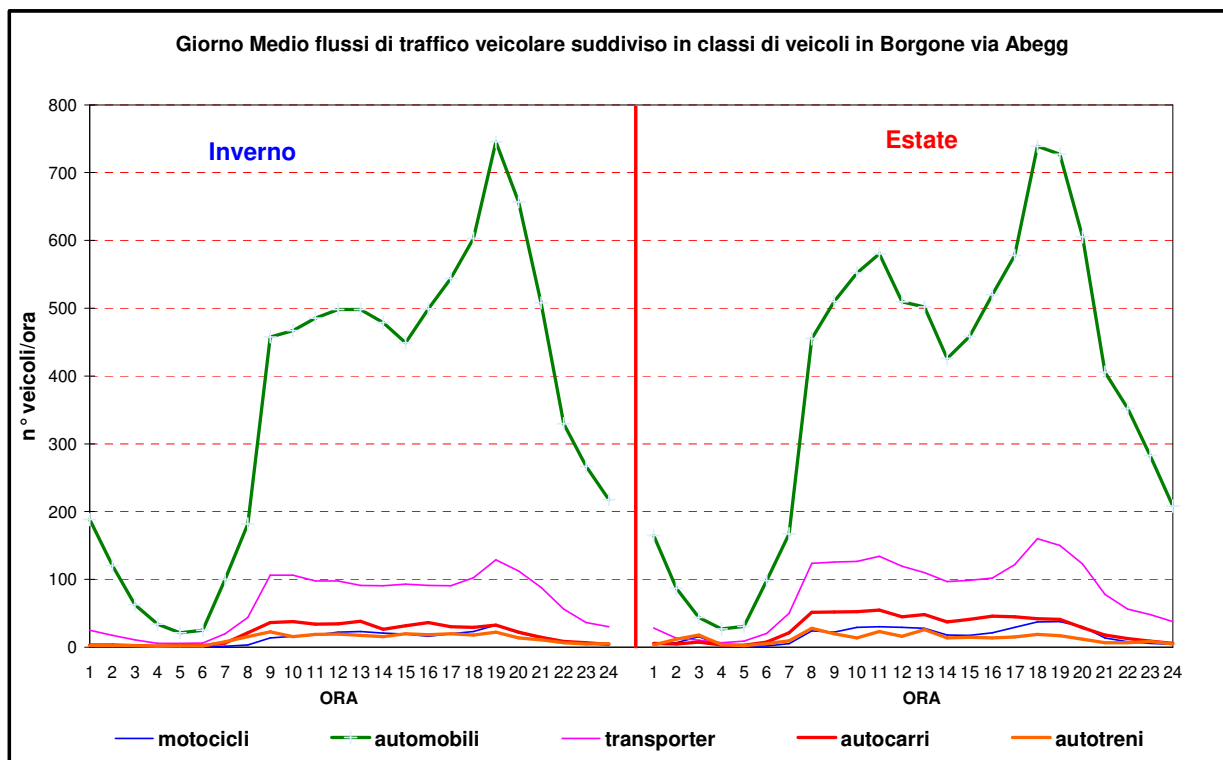
**Figura 43** - Distribuzione settimanale dei passaggi veicolari nel sito di Borgone (Via Abegg – SS25).



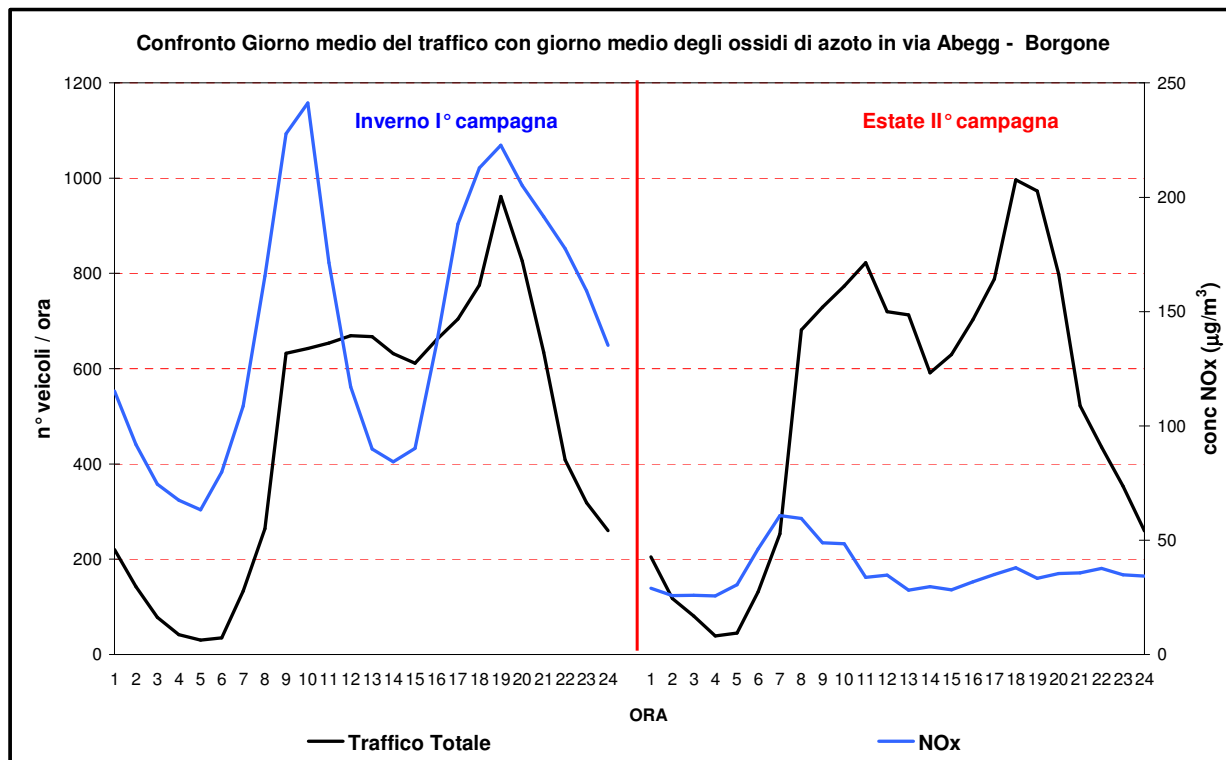
**Figura 44** – Passaggi giornalieri durante le due campagne di misura a Borgone Susa



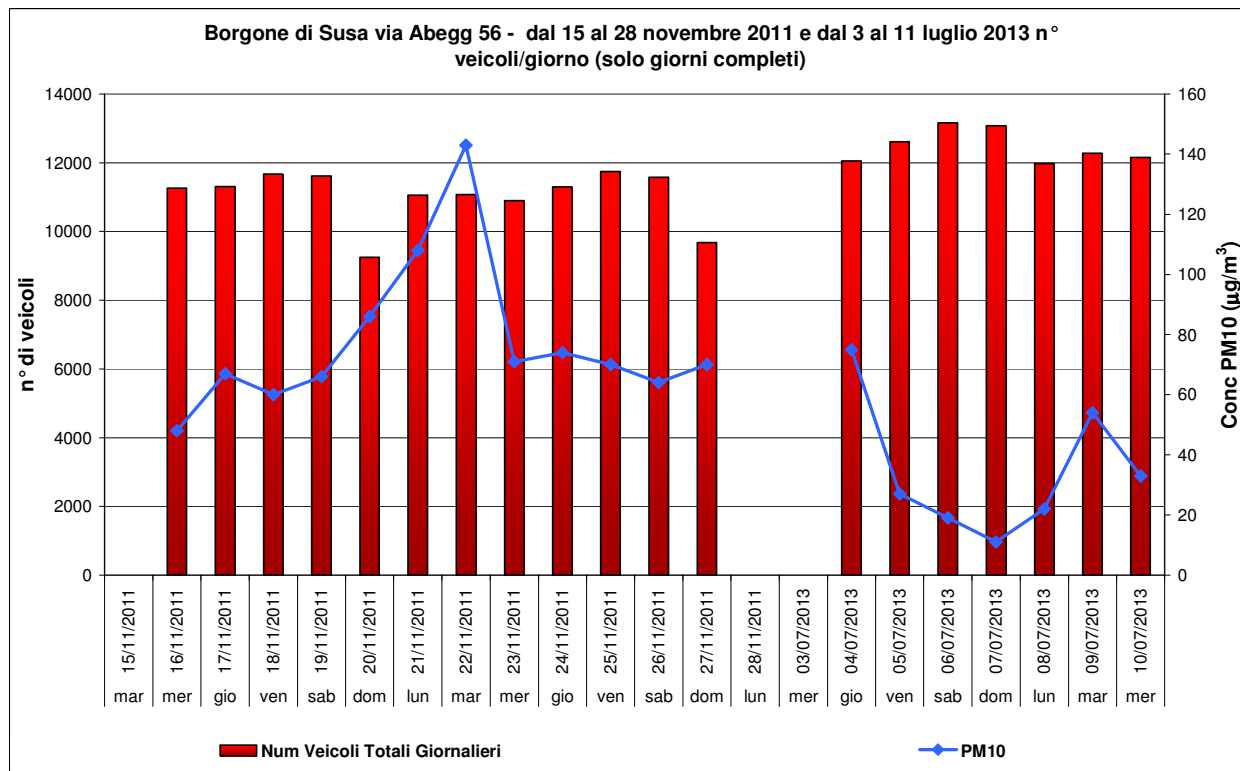
**Figura 45** – Media dei passaggi dei veicoli per categoria e per ora durante le due campagne di misura a Borgone Susa



**Figura 46** – Confronto andamento orario NO<sub>x</sub> – traffico TOTALE durante le due campagne di misura



**Figura 47 – Confronto giornaliero PM10 – traffico TOTALE durante le due campagne di misura**





## CONCLUSIONI

Lo stato della qualità dell'aria rilevato durante i monitoraggi condotti con il Laboratorio Mobile nel Comune di Borgone Susa è equivalente a quello osservato in stazioni di fondo suburbano afferenti alla rete di monitoraggio della provincia di Torino, con livelli ed andamenti simili: Orbassano, Vinovo, Borgaro.

Per i parametri biossido di zolfo, biossido di azoto e ozono non vi sono stati superamenti delle soglie di allarme previste dal D.Lgs 155/2010.

Inoltre, durante il periodo di monitoraggio sono stati rispettati i valori limite per la protezione della salute umana per il biossido di zolfo, il monossido di carbonio, il biossido di azoto e il benzene. L'inquinante che mostra una certa criticità è il PM<sub>10</sub>, tipico del periodo invernale: durante i 30 giorni di monitoraggio della prima campagna si sono registrati 22 superamenti del livello di protezione della salute calcolato come media giornaliera (50 µg/m<sup>3</sup>). Solo durante le giornate caratterizzate da instabilità atmosferica con episodi di vento *foehn*, vi è stato un allontanamento delle polveri ed il rispetto del valore limite. Nel periodo estivo invece non vi è stato nessun superamento.

Per quanto riguarda i limiti su base annuale previsti dalla normativa per NO<sub>2</sub> e PM<sub>10</sub>, visto che la durata del monitoraggio con il laboratorio mobile nel comune di Borgone Susa non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo, non è possibile un confronto diretto con il limite stesso. E' stato comunque stimato un valore medio annuale ricavato a partire dalla media delle due campagne, rispetto ai valori delle altre stazioni della Provincia (Nota 1 di pagina 31). Da tale procedimento, la media annuale di NO<sub>2</sub> stimata per Borgone di Susa è pari a 32 µg/m<sup>3</sup>, valore che rispetta il limite e che rientra nella media dei valori osservati nelle stazioni della provincia torinese escludendo quelle dell'area metropolitana e quelle caratterizzate da maggiore traffico veicolare. La stessa stima è stata fatta sui dati raccolti nello stesso sito del comune di Borgone nel corso di una campagna condotta nel 2003. Dal confronto dei due grafici Figura 22 e Figura 23 emerge che in generale in tutto il territorio provinciale i livelli di NO<sub>2</sub> si sono abbassati rispetto al 2003 ed in particolare nel comune di Borgone che nel corso del 2003 registrava valori paragonabili a To-Lingotto, mentre i dati più recenti lo posizionano ai livelli delle stazioni di provincia. Pur trattandosi di stime, e quindi soggette a margini di errore, questo dato rappresenta un aspetto positivo per la qualità dell'aria relativamente al biossido di azoto nel comune di Borgone Susa.

Lo stesso procedimento di stima del valore annuale è stato utilizzato per il parametro PM<sub>10</sub> a partire dai dati dalle campagne del 2011-2013 e anche da quelli del 2003, ottenendo una media annuale stimata di 34 µg/m<sup>3</sup> e quindi inferiore al valore limite (40 µg/m<sup>3</sup>). Anche in questo caso emerge che in generale in tutto il territorio provinciale i livelli di PM<sub>10</sub> si sono abbassati rispetto al 2003, in cui la stima relativa al comune di Borgone Susa risultava superiore al limite, tuttavia per questo parametro il sito risulta sempre con livelli inferiori a Borgaro e superiori a Pinerolo.

Nel periodo estivo tutti gli inquinanti mostrano una diminuzione dei valori che rientrano nei limiti previsti, ad eccezione del parametro ozono, la cui formazione a partire dai suoi precursori è favorito da alte temperature e irraggiamento solare e mostra i valori massimi proprio in estate. Durante i 17 giorni di monitoraggio estivo nel sito di Borgone, sono stati registrati 15 giorni con superamenti del livello di protezione della salute su medie di 8 ore (120 µg/m<sup>3</sup>); considerando che la norma consente al massimo 25 giorni di superamento per anno civile come media di 3 anni, si può presumere che tale obiettivo non sia rispettato nel Comune di Borgone Susa, come del resto avviene in tutte le stazioni della rete provinciale per le quali si ha un periodo di monitoraggio sufficientemente lungo ai fini della valutazione.

Per ciò che concerne i dati relativi al flusso di traffico veicolare sulla strada statale oggetto di monitoraggio, in definitiva si possono fare le seguenti considerazioni sull'impatto del traffico sulla qualità dell'aria:

- Per il numero di passaggi di veicoli totale la SS25 che attraversa Borgone Susa può essere definita ad alto volume di traffico. L'andamento settimanale risulta costante con una diminuzione solo nella giornata della domenica, in cui diminuisce notevolmente il contributo dovuto ai mezzi pesanti.
- Non vi è una sostanziale differenza nel numero di passaggi veicolari tra la prima campagna, invernale, e la seconda estiva.
- Lo studio svolto mostra che solo per il parametro  $\text{NO}_x$  si osserva una correlazione con l'andamento del traffico veicolare ed il benzene mostra una certa correlazione con il traffico leggero, mentre la concentrazione di parametri quali le polveri  $\text{PM}_{10}$ , risente dell'influenza di più fattori contemporaneamente, tra i quali la formazione secondaria e la meteorologia, che ha un ruolo fondamentale soprattutto nel periodo invernale.

Le criticità emerse dal monitoraggio condotto nel Comune di Borgone Susa, relativamente a ossidi di azoto, polveri sottili ed ozono, sono tipiche di molte zone del territorio provinciale e del bacino padano, caratterizzate da fonti emissive e conformazione territoriale simili.

Di conseguenza per la riduzione delle fonti primarie e dei precursori delle componenti secondarie dei vari inquinanti sono necessari interventi strutturali a livello provinciale e regionale; 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 SO<sub>2</sub> 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<sub>x</sub>.

  - ✓ 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 O<sub>3</sub> 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 quarzo MILLIPORE di diametro 47 mm.
  
- **Stazione meteorologica** **LSI LASTEM**

Stazione completa per la misura dei seguenti parametri: velocità e direzione vento, temperatura, umidità relativa, pressione atmosferica, irraggiamento solare.
  
- **Benzene, Toluene, Xileni** **SINTECH SPECTRAS CG 855 serie 600**

Gasromatografo con doppia colonna, rivelatore PID (fotoionizzazione)

  - ✓ Campo di misura benzene: 0 ÷ 324 µg/m<sup>3</sup>
  - ✓ Campo di misura toluene: 0 ÷ 766 µg/m<sup>3</sup>
  - ✓ Campo di misura xileni : 0 ÷ 442 µg/m<sup>3</sup>