

CAMPAGNA DI RILEVAMENTO DELLA QUALITA' DELL'ARIA CON UTILIZZO DI LABORATORI MOBILI

nei comuni di: Bardonecchia: Piazzale del traforo del Frejus
Salbertrand: barriera autostrada del Frejus

RELAZIONE ATTIVITÀ 2005



Premessa

Il contributo all'inquinamento dell'aria apportato dal traffico autoveicolare ed in particolare quello collegato alle grandi vie di comunicazione è sicuramente molto significativo ed oggetto di costanti indagini e monitoraggi.

In occasione dell'incidente avvenuto all'interno del traforo autostradale del Frejus, il 4 giugno 2005, la Regione Piemonte ha ritenuto opportuno cogliere l'occasione del periodo di sospensione forzata del traffico per ottenere dati misurati di confronto della contaminazione dell'aria altrimenti difficilmente ottenibili, richiedendo all'Arpa l'organizzazione di una specifica campagna di monitoraggio, da correlare ad un'indagine basata sull'acquisizione di dati in diverse condizioni stagionali e di traffico.

La realizzazione dello studio è stata effettuata con la collaborazione con la SITAF, Società che gestisce l'autostrada e il traforo autostradale del Frejus e il Comune di Bardonecchia.

1 - CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO INQUINAMENTO ATMOSFERICO

1.1 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.

La disponibilità di efficaci strumenti analitici rende possibile identificare nell'atmosfera numerosissimi composti di varia origine, presenti in concentrazioni che variano dal nanogrammo per metro cubo (ng/m^3) al microgrammo per metro cubo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Le principali sorgenti di inquinanti sono:

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

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

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

Tabella 1

INQUINANTE	<i>traffico autoveicolare veicoli a benzina</i>	<i>traffico autoveicolare veicoli diesel</i>	<i>emissioni industriali</i>	<i>combustioni fisse combustibili liquidi o solidi</i>	<i>combustioni fisse combustibili gassosi</i>
<i>biossido di zolfo</i>					
<i>biossido di azoto</i>					
<i>benzene</i>					
<i>monossido di carbonio</i>					
<i>particolato sospeso</i>					
<i>piombo</i>					
<i>benzo(a)pirene</i>					

 = fonti primarie
 = fonti secondarie

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

Per una descrizione completa dei singoli inquinanti, dei danni causati e dei metodi di misura si rimanda alla pubblicazione "Uno sguardo all'aria - Relazione annuale 2004", elaborata congiuntamente dal Dipartimento Ambiente della Provincia di Torino e da Arpa, ed inviata a tutte le Amministrazioni comunali della provincia. Alla medesima pubblicazione si rimanda per una descrizione approfondita dei fenomeni meteorologici e del significato delle grandezze misurate.

1.2 Stazioni di monitoraggio qualità dell'aria

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.

1.3 Il quadro normativo

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

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

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

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

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

Nelle tabelle seguenti (tabelle 2 e 3) sono indicati i valori di riferimento previsti dalla normativa attualmente vigente.

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

INQUINANTE	limite	parametro	valore di riferimento	superamenti concessi	data per il rispetto del limite
OZONO ESPRESSO COME O ₃ (D.LGS 21/05/04 N.183)	SOGLIA DI INFORMAZIONE	media oraria	180 µg/m ³	-	-
	SOGLIA DI ALLARME	media oraria	240 µg/m ³	-	-
	VALORE BERSAGLIO PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA	media su 8 ore massima giornaliera	120 µg/m ³ (1)	25 giorni per anno civile come media su 3 anni	2010
	VALORE BERSAGLIO PER LA PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE	AOT40 calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	18000 µg/m ³ *h come media su 5 anni (2)		2010

	OBIETTIVO A LUNGO TERMINE PER LA PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE	AOT40 calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	6000 µg/m ³ *h (2)		
BENZO(A)PIRENE	OBIETTIVO DI QUALITA' (D.M. 25/11/94)	media mobile valori giornalieri (3)	1 ng/m ³ (4)	-	-

- (1): La media mobile trascinata è calcolata ogni ora sulla base degli 8 valori relativi agli intervalli h±(h-8)
 (2): Per AOT40 si intende la somma delle differenze tra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m³ e il valore di 80 µg/m³, rilevate in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori orari rilevati ogni giorno tra le 8.00 e le 20.00.
 (3): La frequenza di campionamento è pari a 1 prelievo ogni z giorni, ove z=3-6; z può essere maggiore di 7 in ambienti rurali; in nessun caso z deve essere pari a 7.
 (4): Il periodo di mediazione è l'anno civile (1 gennaio – 31 dicembre)

Tabella 3: Decreto Ministeriale n. 60 aprile 2002

INQUINANTE	limite	periodo di mediazione	valore di riferimento	superamenti concessi	data per il rispetto del limite
BIOSSIDO DI ZOLFO (SO ₂)	VALORE LIMITE ORARIO PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA	1 ora	350 µg/m ³	24 volte/anno civile	1-gen-05
	VALORE LIMITE GIORNALIERO PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA	24 ore	125 µg/m ³	3 volte/anno civile	1-gen-05
	VALORE LIMITE PER LA PROTEZIONE DEGLI ECOSISTEMI	anno civile	20 µg/m ³	--	19-lug-01
		inverno (1 ott ÷ 31 mar)			
SOGLIA DI ALLARME	3 ore consecutive	500 µg/m ³	--	--	
BIOSSIDO DI AZOTO (NO ₂) e OSSIDI DI AZOTO (NO _x)	VALORE LIMITE ORARIO PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA	1 ora	200 µg/m ³ (NO ₂)	18 volte/anno civile	1-gen-10
	VALORE LIMITE ANNUALE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA	anno civile	40 µg/m ³ (NO ₂)	--	1-gen-10
	SOGLIA DI ALLARME	3 ore consecutive	400 µg/m ³	--	--
	VALORE LIMITE ANNUALE PER LA PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE	anno civile	30 µg/m ³ (NO _x)	--	19-lug-01
MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)	VALORE LIMITE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA	media massima giornaliera su 8 ore	10 mg/m ³	---	1-gen-05
PIOMBO (Pb)	VALORE LIMITE ANNUALE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA	anno civile	0.5 µg/m ³	---	1-gen-05
PARTICELLE (PM10) FASE 1	VALORE LIMITE GIORNALIERO PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA	24 ore	50 µg/m ³	35 volte/anno civile	1-gen-05
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 µg/m ³	---	1-gen-05
BENZENE	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	5 µg/m ³	---	1-gen-10

2 MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA NELLE AREE INTERESSATE DALL'AUTOSTRADA DEL FREJUS

2.1 Obiettivi della campagna di monitoraggio

La campagna di monitoraggio è finalizzata alla valutazione del contributo del traffico veicolare alla contaminazione dell'aria lungo l'asse autostradale del traforo del Frejus. In occasione dell'incidente avvenuto nel tunnel del Frejus in data 4 giugno 2005, si è colta l'occasione della sospensione del traffico veicolare valutare la concentrazione dei principali inquinanti atmosferici durante il periodo di chiusura del traforo.

Si è ritenuto utile, in funzione dell'opportunità contingente utilizzare nell'attività di monitoraggio i laboratori mobili di rilevamento della qualità dell'aria dei Dipartimenti Arpa di Alessandria e Torino, per avere informazioni su due tratti differenti dell'autostrada e situati a diversa altitudine.

Nel corso del sopralluogo preliminare alla realizzazione della campagna di monitoraggio dell'inquinamento atmosferico sono stati individuati come idonei al posizionamento delle stazioni mobili i seguenti siti:

- nel Comune di **Bardonecchia**: *piazzale antistante il traforo del Frejus.*
- nel Comune di **Salbertrand**: *piazzale antistante la barriera di Salbertrand autostrada del Frejus.*

Nelle figure 1 e 2 sono riportati, sulla cartografia dei Comuni di Bardonecchia e Salbertrand, l'indicazione dei siti nei quali sono stati posizionati i Laboratori Mobili nel corso della campagna di monitoraggio.

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

Una trattazione completa, secondo quanto previsto dalla normativa vigente (allegato X del D.M. 60/2002), 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)

Le campagne di monitoraggio, durante il periodo di sospensione del traffico sulla tratta del traforo, sono state condotte nel periodo tra il 16 giugno e il 25 luglio 2005, in particolare la campagna di Bardonecchia dal **15 giugno al 20 luglio** (36 giorni), la campagna di Salbertrand dal **2 al 25 luglio 2005** (24 giorni).

Una terza campagna, che è stata svolta nel periodo **11 ottobre – 8 novembre 2005** (29 giorni), ha interessato solo il sito di Bardonecchia per valutare l'evolversi della situazione nel periodo autunnale con in tunnel in esercizio commerciale.

Durante la campagna di monitoraggio estiva erano in corso attività lavorative da parte della SITAF per il ripristino del tunnel e per la sistemazione del manto autostradale lungo l'asse viario da Bardonecchia per alcuni chilometri verso Salbertrand. I lavori possono aver quindi comportato un innalzamento dei valori di alcuni inquinanti rispetto ai valori presunti di fondo.

I campionamenti con il tunnel del Frejus in esercizio commerciale saranno ulteriormente ripetuti in diverse condizioni stagionali in modo da misurare l'apporto del traffico veicolare autostradale all'inquinamento dell'aria con condizioni meteorologiche diverse.

Per ragioni tecniche le elaborazioni sono state effettuate considerando solo i giorni di campionamento completi e pertanto non vi è corrispondenza con le date di posizionamento e spostamento dei laboratori mobili.

Figura 1- Postazione di monitoraggio del Laboratorio Mobile dipartimento Arpa di Torino: piazzale antistante il traforo del Frejus

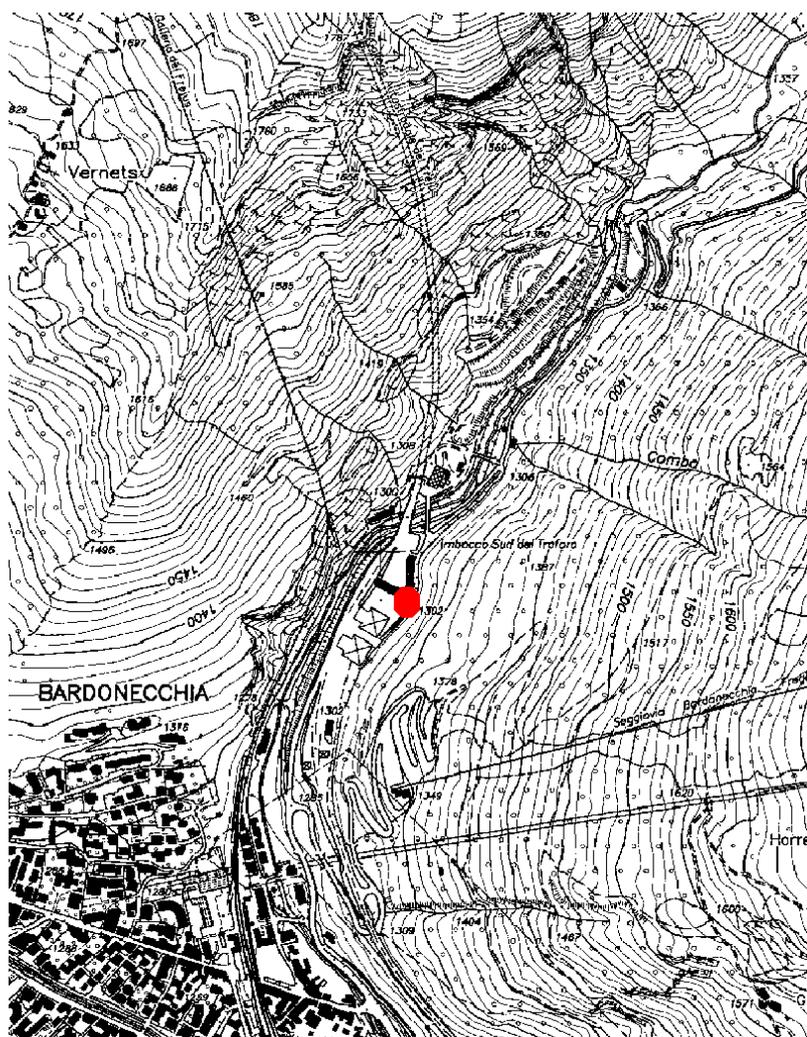
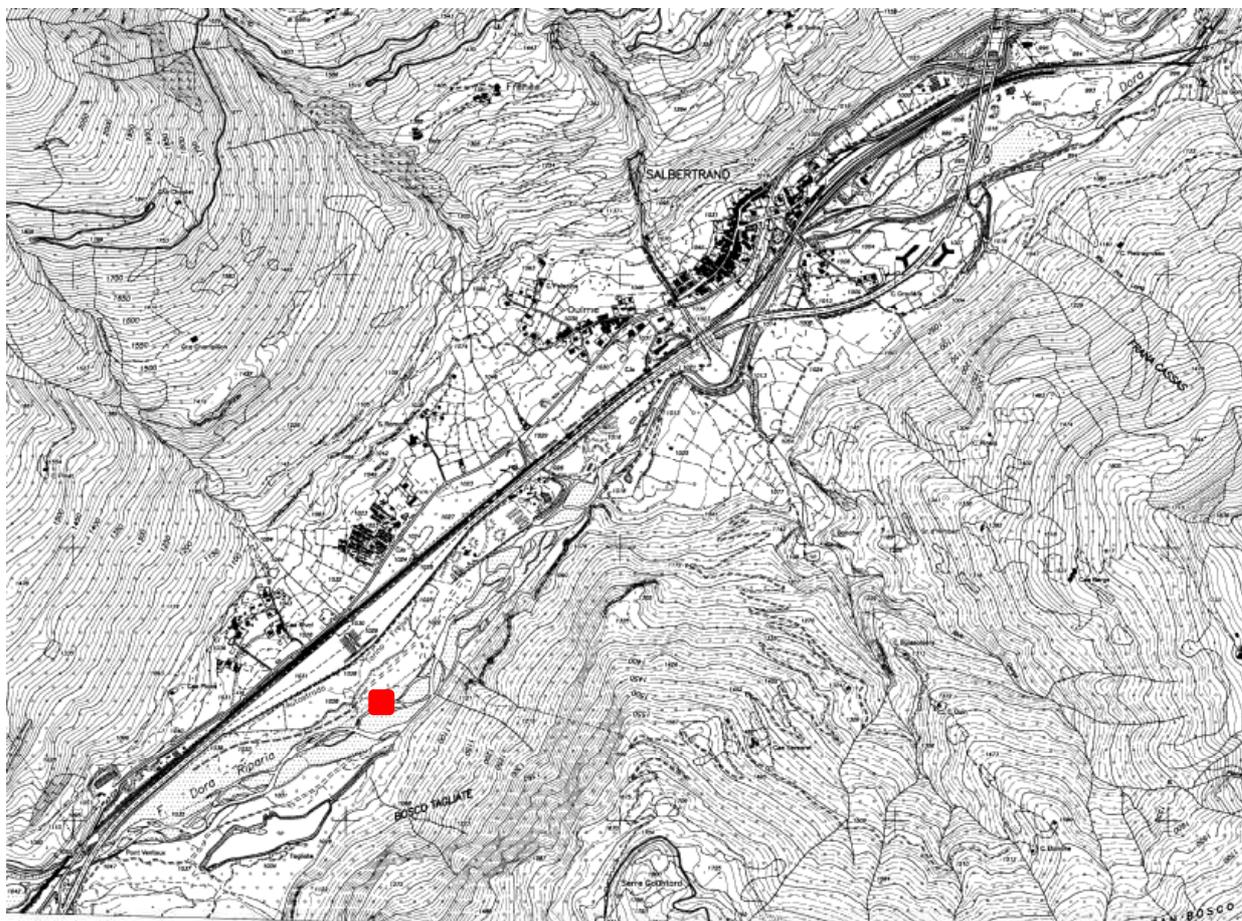


Figura 2: postazione di monitoraggio del Laboratorio Mobile dipartimento Arpa di Alessandria in Salbertrand: piazzale antistante la barriera di Salbertrand dell'autostrada del Frejus



2.2 Organizzazione e risorse impiegate

L'indagine è coordinata dal Dipartimento Provinciale Arpa di Torino con la collaborazione dell'Area Regionale Previsione e Monitoraggio Ambientale.

La Stazione Mobile di rilevamento della qualità dell'aria gestita dal Dipartimento Arpa di Torino è messa a disposizione dall'Area Ambiente, Parchi, Risorse Idriche e Tutela della Fauna della Provincia di Torino. Il laboratorio mobile è dotato di una stazione meteorologica e di analizzatori per la misura in continuo di inquinanti chimici quali biossido di zolfo, ossidi di azoto, monossido di carbonio, ozono, benzene, toluene e di campionatori di particolato PM10 e di PM2,5, la cui concentrazione è determinata in laboratorio per via gravimetrica.

Il laboratorio mobile per il rilevamento della qualità dell'aria utilizzato per le misure eseguite in Salbertrand sul piazzale antistante la barriera dell'autostrada del Frejus è di proprietà del Dipartimento Arpa di Alessandria. Esso ha in dotazione analizzatori in continuo che misurano i seguenti parametri: particolato PM10, monossido di carbonio, ossidi d'azoto, ozono, biossido di zolfo, benzene, toluene e xileni.

Le determinazioni analitiche sono state effettuate presso il Laboratorio Arpa del Quadrante Nord-Ovest sede di Grugliasco, afferente all'Area Regionale di indirizzo e coordinamento in materia ambientale.

Si ringrazia il personale degli Uffici Tecnici del Comune di Bardonecchia e il personale della Società SITAF per la collaborazione prestata.

2.3 Elaborazione dati meteorologici - sito di Bardonecchia

Vengono presentate le elaborazioni statistiche e grafiche relative ai dati meteorologici registrati durante entrambe le campagne di monitoraggio.

Nelle tabelle riassuntive (Tabelle 3, 4, 5, 6, 7,8, 9 e 10) sono stati riportati i dati rilevati: valori di minimo, massimo e medio delle medie orarie registrate in Bardonecchia - piazzale traforo del Frejus, periodo estivo (16/06/05 - 20/07/05) ed autunnale (11/10/05 - 08/11/05).

Sono inoltre riportate le elaborazioni grafiche che mostrano, relativamente alla prima campagna estiva, l'andamento orario per i seguenti parametri:

Parametro	simbolo	u.m.
Pressione Atmosferica	P	mbar
Direzione Vento	D.V.	gradi
Velocità Vento	V.V.	m/s
Temperatura	T	°C
Umidità relativa	U.R.	%
Radiazione Solare Globale	R.S.G	W/m ²
Radiazione Solare Netta	R.S.N.	W/m ²

Tabella 4: Parametro Temperatura aria (gradi centigradi)

	estiva	autunnale.
Minima media giornaliera	10.1	4.5
Massima media giornaliera	21.3	10.7
Media delle medie giornaliere	16.3	6.7
Giorni validi	29	19
Percentuale giorni validi	83%	66%
Media dei valori orari	16.4	6.8
Massima media oraria	30.1	20.4
Ore valide	727	535
Percentuale ore valide	87%	77%

Tabella 5: Parametro Umidità Relativa (percentuale)

	estiva	autunnale.
Minima media giornaliera	40.9	63
Massima media giornaliera	81.7	95
Media delle medie giornaliere	59.3	79
Giorni validi	28	19
Percentuale giorni validi	80%	66%
Media dei valori orari	59.6	79
Massima media oraria	93.3	96
Ore valide	710	534
Percentuale ore valide	85%	77%

Tabella 6: Parametro Radiazione Solare Globale (W/m²)

	estiva	autunnale.
Minima media giornaliera	96.8	19
Massima media giornaliera	301.3	126
Media delle medie giornaliere	236.8	72
Giorni validi	29	19
Percentuale giorni validi	83%	66%
Media dei valori orari	240.6	76
Massima media oraria	1015.8	540
Ore valide	726	535
Percentuale ore valide	86%	77%

Tabella 7: Parametro Pressione (mbar)

	estiva	autunnale.
Minima media giornaliera	866	868
Massima media giornaliera	879.9	877
Media delle medie giornaliere	873.2	874
Giorni validi	29	19
Percentuale giorni validi	83%	66%
Media dei valori orari	873.7	874
Massima media oraria	884.9	880
Ore valide	729	535
Percentuale ore valide	87%	77%

Tabella 8: Parametro Velocità Vento (metri/secondo)

	estiva	autunnale.
Minima media giornaliera	1.1	0.8
Massima media giornaliera	2.3	2
Media delle medie giornaliere	1.7	1.2
Giorni validi	29	19
Percentuale giorni validi	83%	66%
Media dei valori orari	1.8	1.2
Massima media oraria	5.6	3.7
Ore valide	727	535
Percentuale ore valide	87%	77%

Tabella 9: Parametro Direzione Vento (gradi)

	estiva	autunnale.
Minima media giornaliera	61	78
Massima media giornaliera	198	243
Media delle medie giornaliere	118	137
Giorni validi	29	19
Percentuale giorni validi	83%	66%
Media dei valori orari	119	138
Massima media oraria	326	281
Ore valide	727	534
Percentuale ore valide	87%	77%

Tabella 10: Parametro Radiazione Solare Netta (W/m²)

	estiva	autunnale.
Minima media giornaliera	13.4	-9
Massima media giornaliera	87.6	10
Media delle medie giornaliere	61.9	2
Giorni validi	29	19
Percentuale giorni validi	83%	66%
Media dei valori orari	64.5	3
Massima media oraria	525.7	303
Ore valide	726	535
Percentuale ore valide	86%	77%

Figura 3: Rosa dei venti con percentuale della classe di velocità 1° campagna

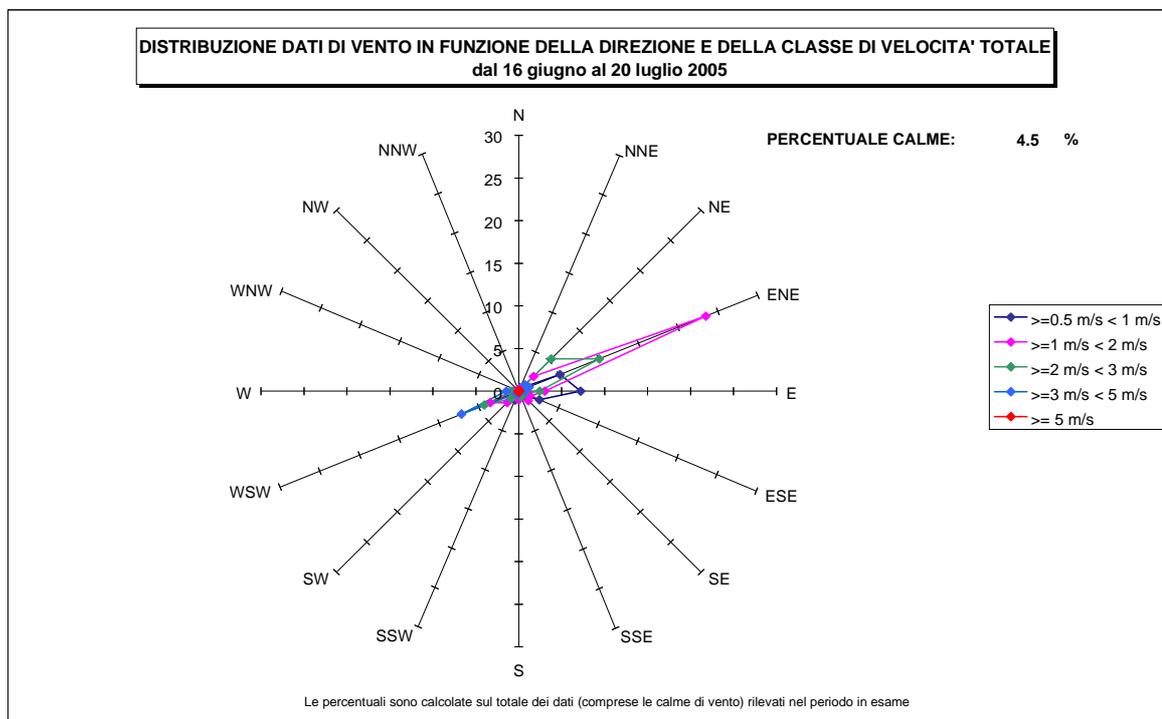


Figura 4: Rosa dei venti diurna con percentuale della classe di velocità 1° campagna

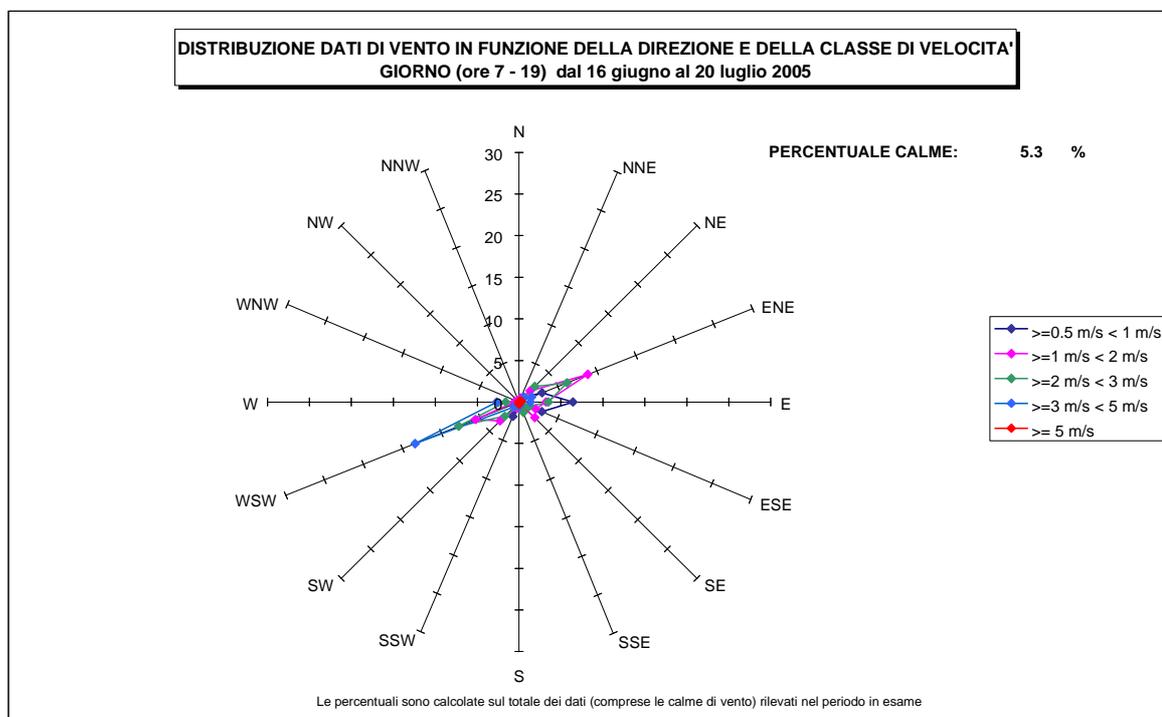


Figura 5: Rosa dei venti notturna con percentuale della classe di velocità 1° campagna.

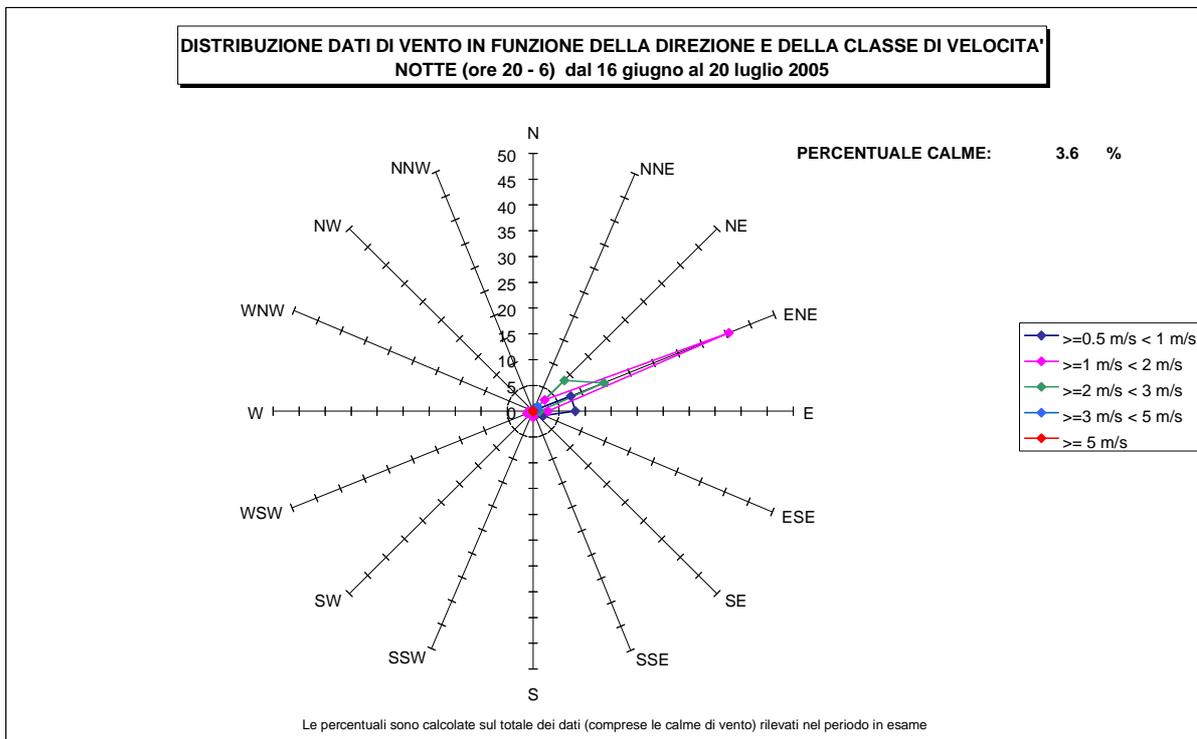


Figura 6: Rosa dei venti con percentuale della classe di velocità II° campagna.

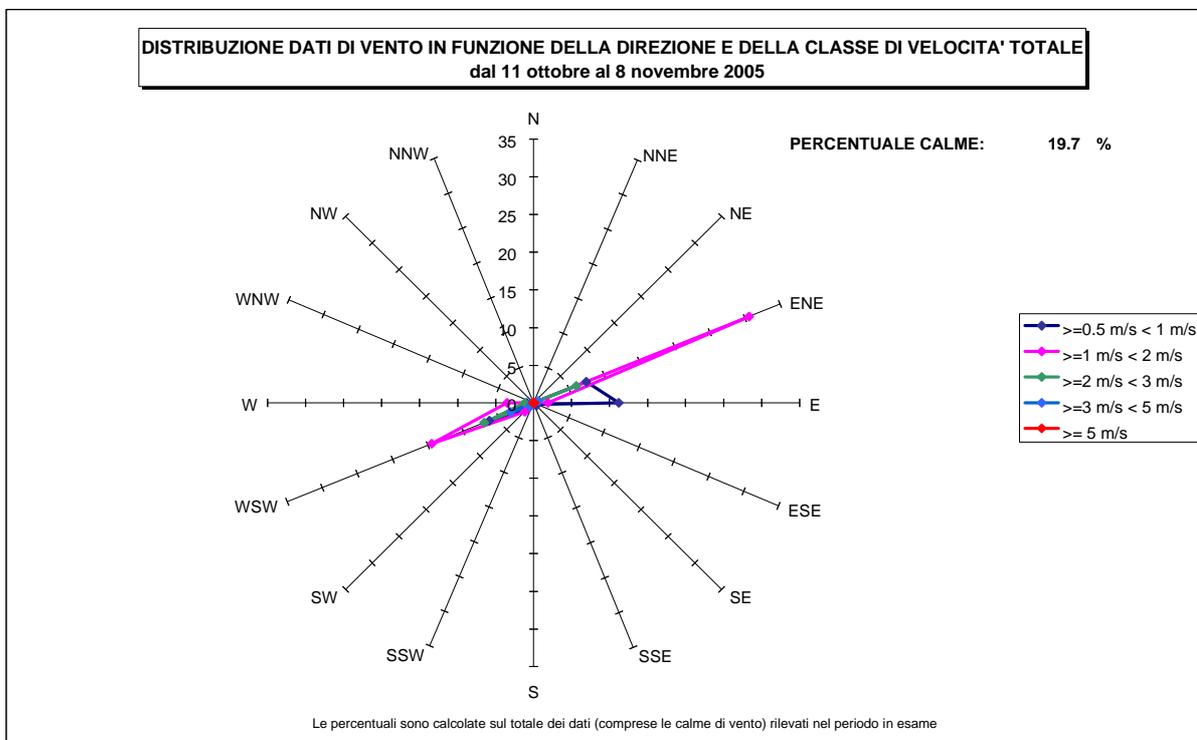


Figura 7: Rosa dei venti diurna con percentuale della classe di velocità II° campagna

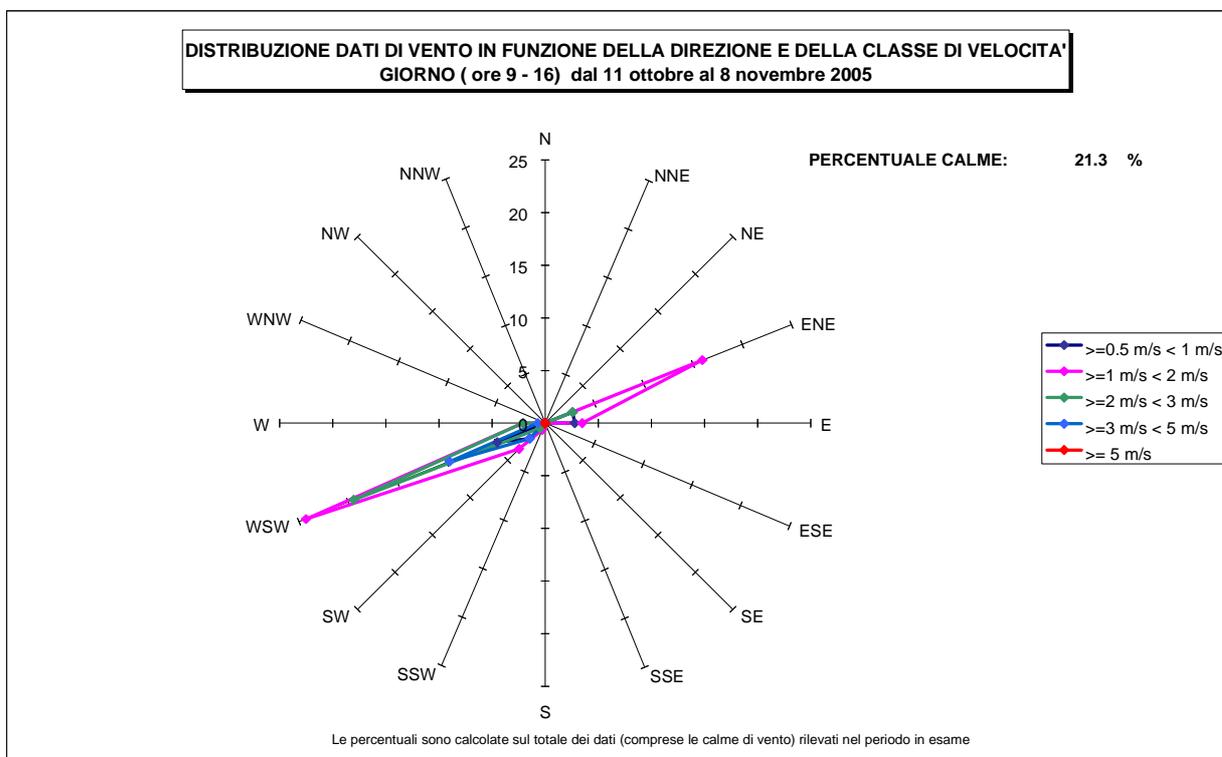


Figura 8: Rosa dei venti notturna con percentuale della classe di velocità II° campagna

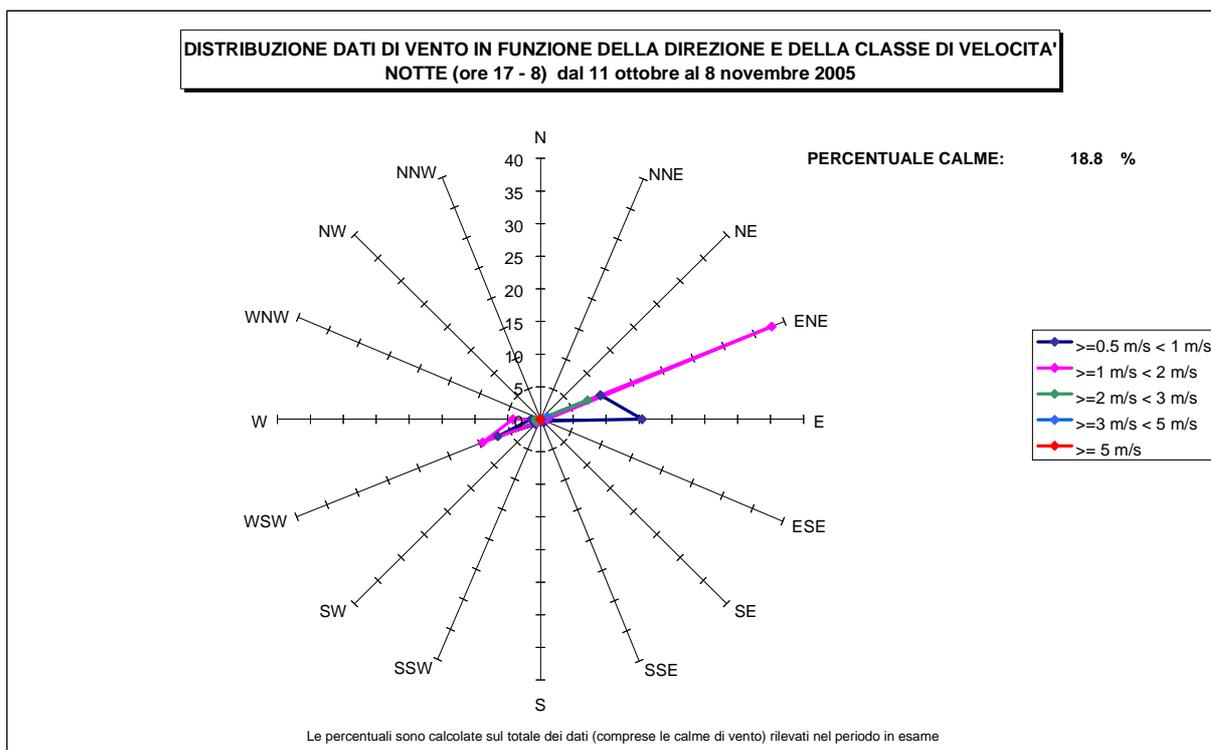


Figura 9: Parametro Velocità Vento

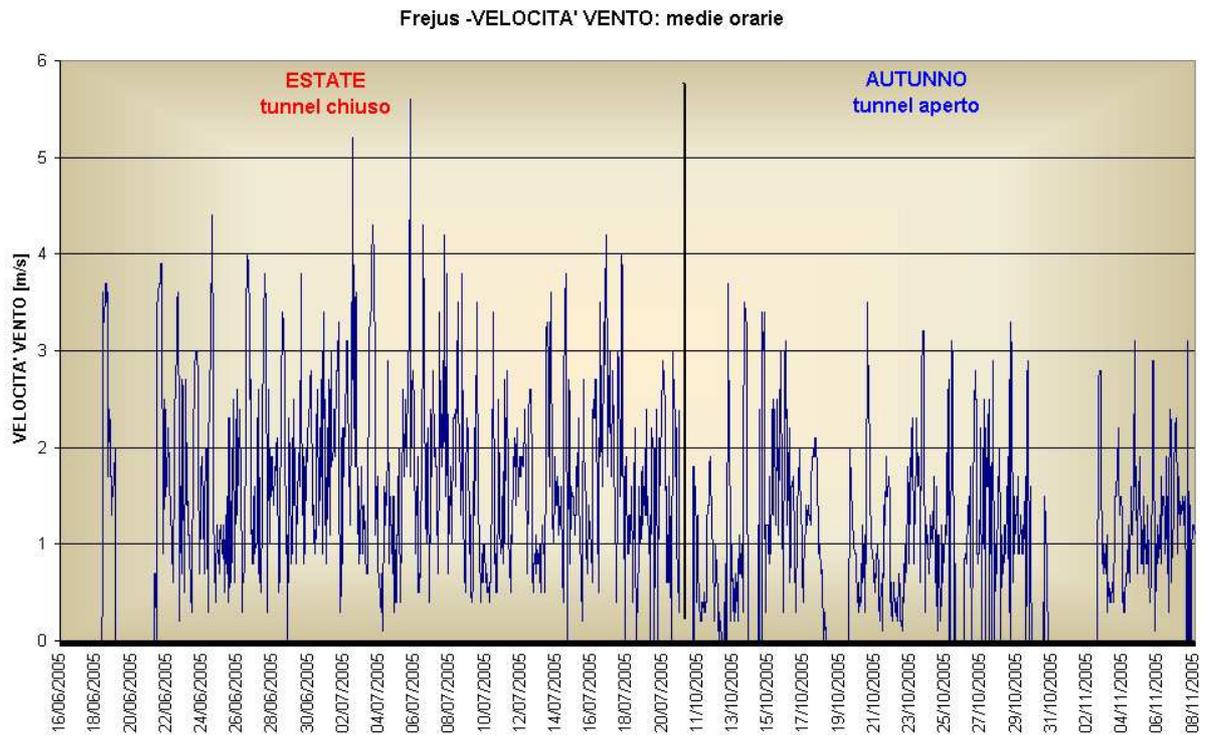


Figura 10: Parametro Direzione Vento

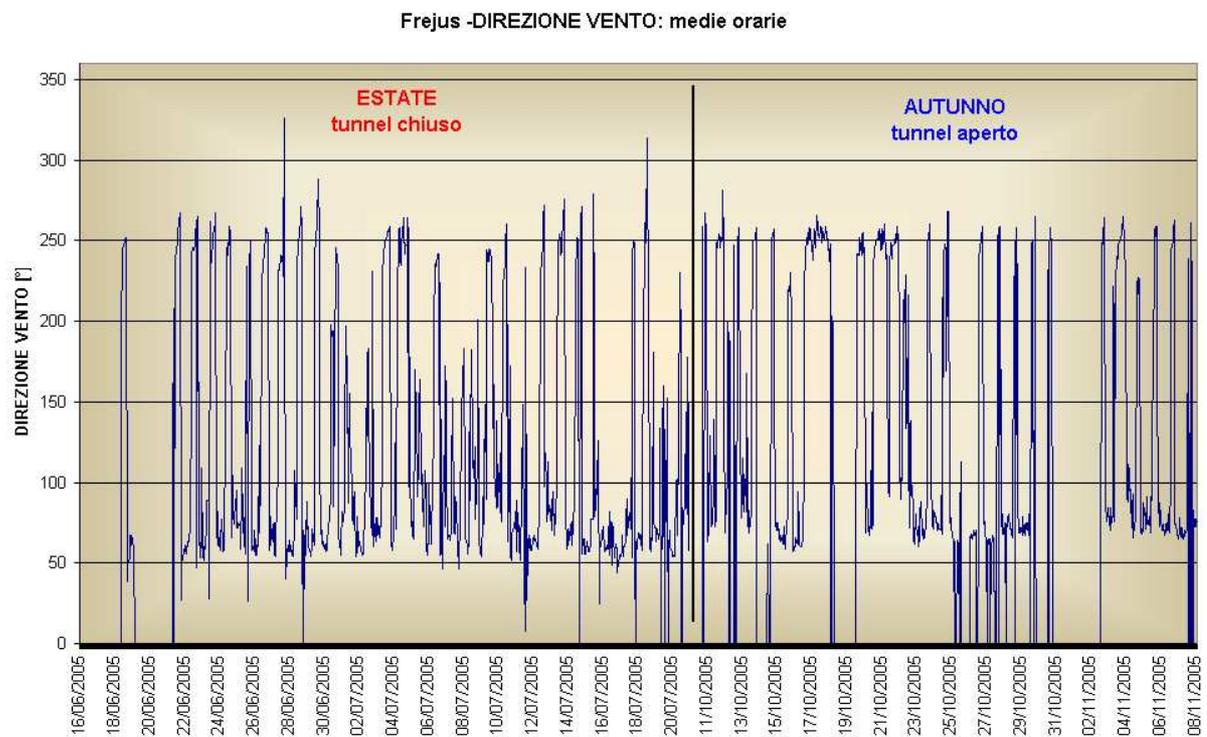


Figura 11: Pressione Atmosferica

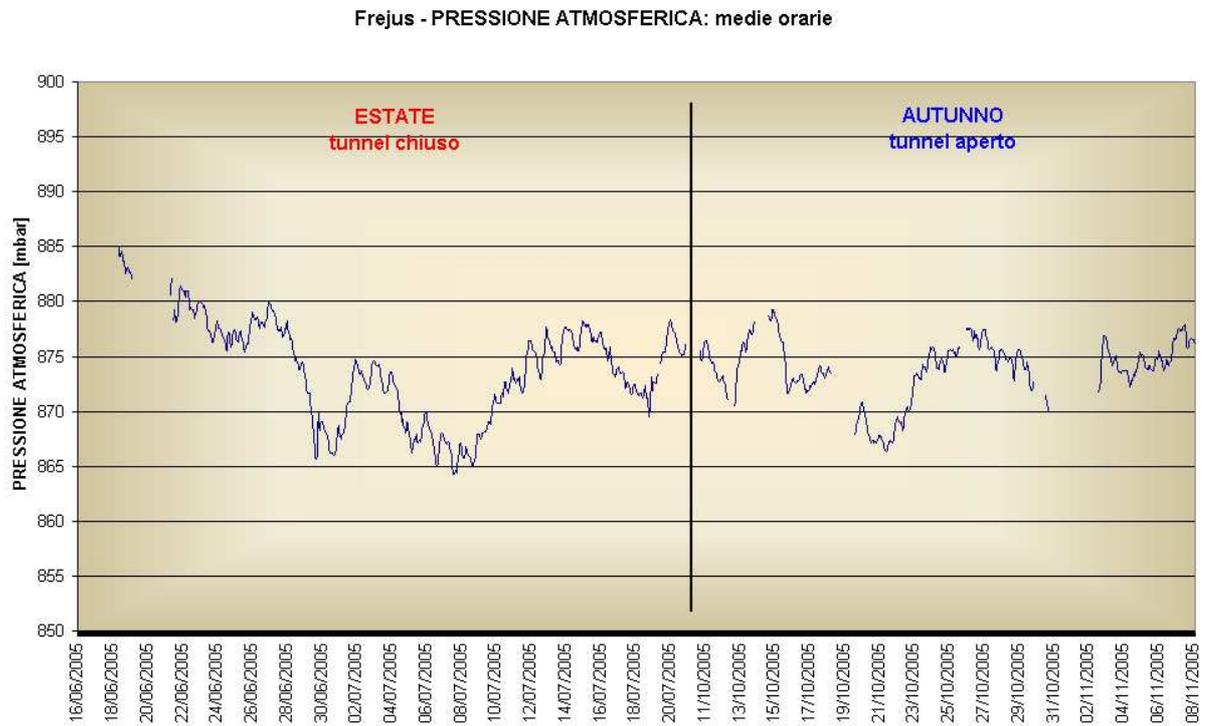


Figura 12: Umidità Relativa

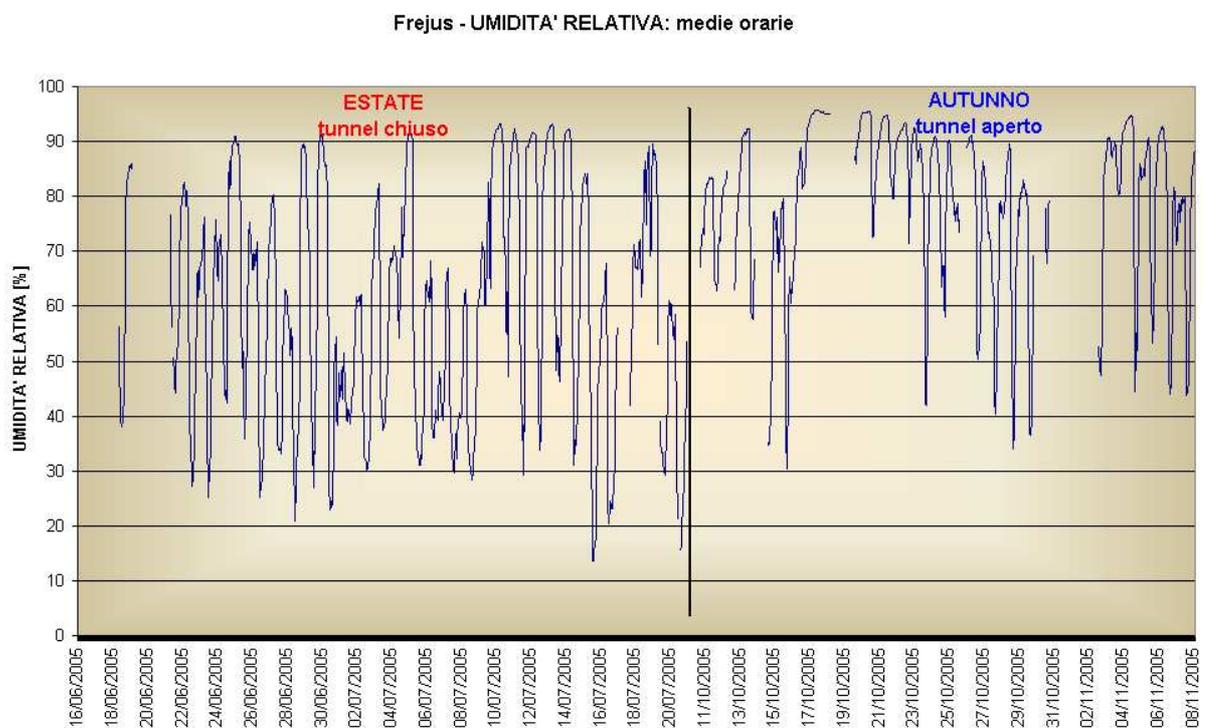


Figura 13: Radiazione Solare Globale

Frejus - RADIAZIONE SOLARE GLOBALE: medie orarie

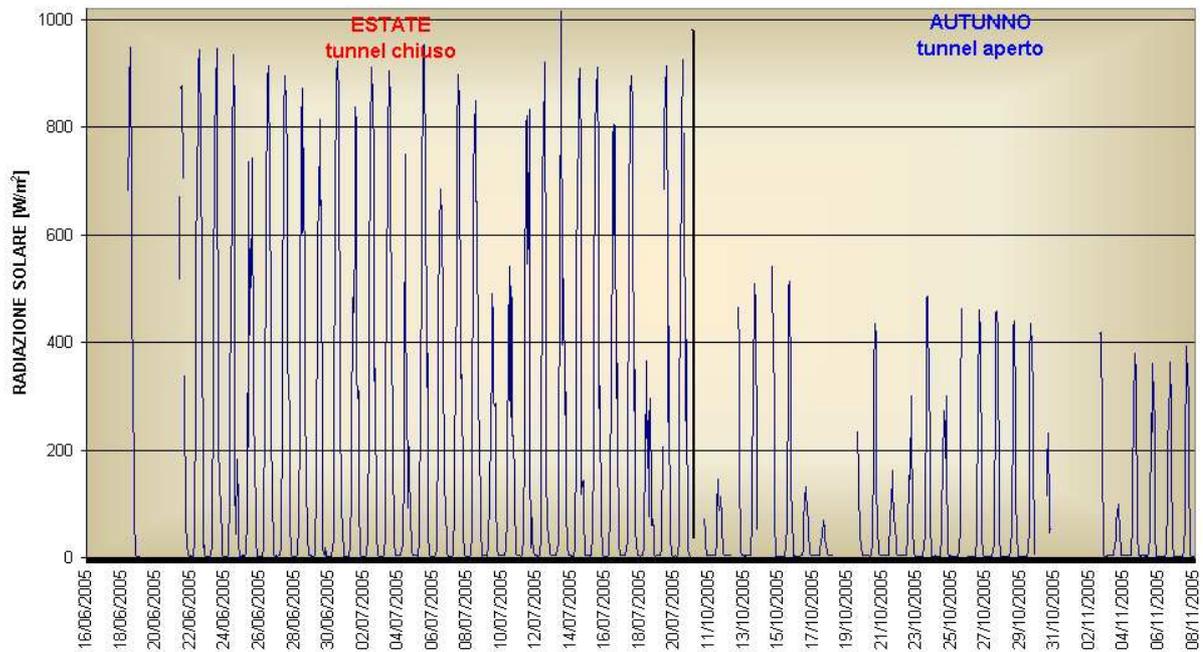


Figura 14: Temperatura aria

Frejus - TEMPERATURA ARIA: medie orarie

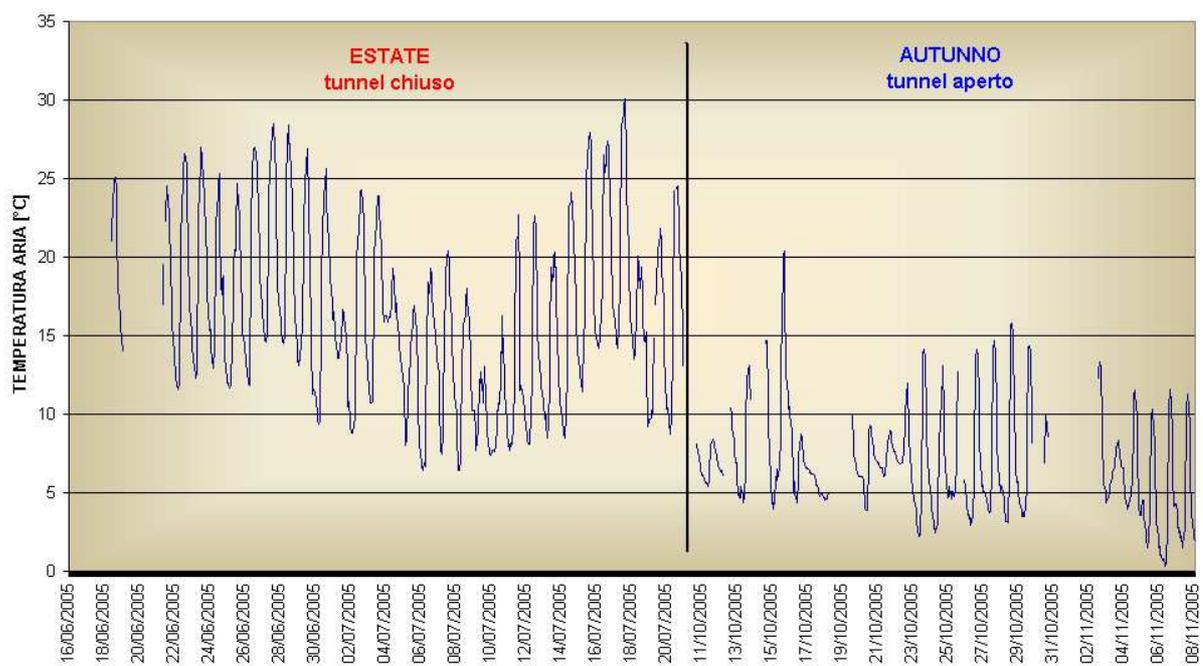
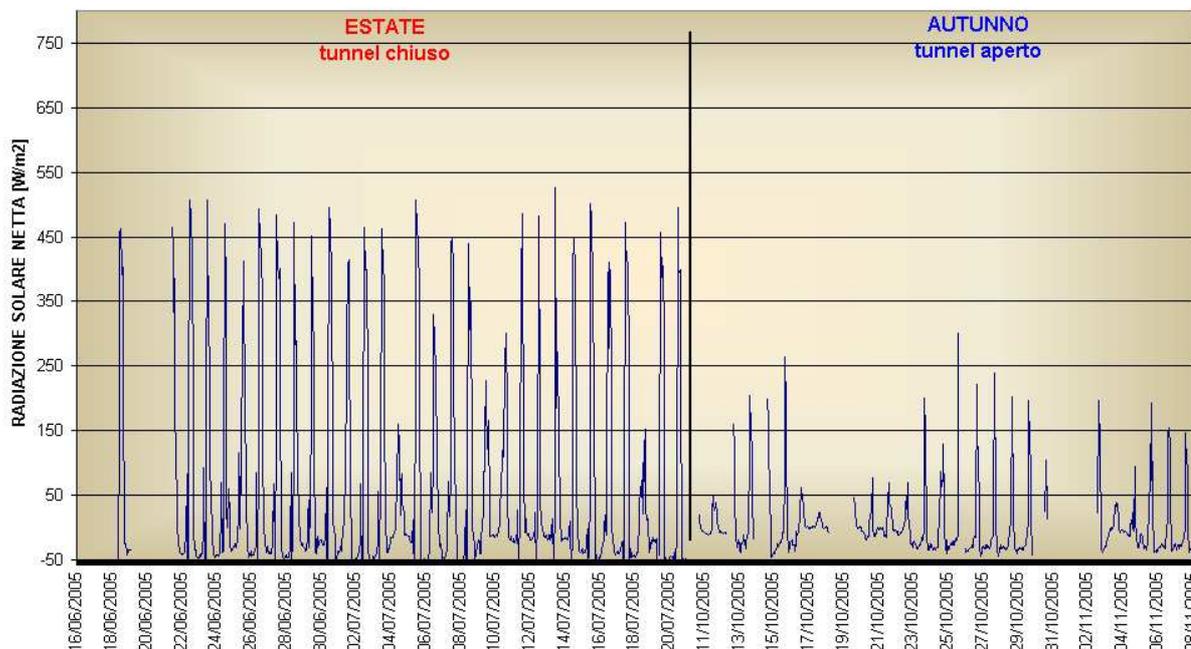


Figura 15: Radiazione Solare Netta

Frejus - RADIAZIONE SOLARE NETTA: medie orarie



3 RISULTATI ANALITICI ED ELABORAZIONE DEI DATI CHIMICI

Nelle pagine seguenti vengono riportate le elaborazioni statistiche dei dati e i superamento dei limiti di legge di inquinamento dell'aria registrati dagli analizzatori nel periodo di campionamento.

Si riportano di seguito le formule chimiche degli inquinanti, utilizzate come abbreviazioni:

Contaminante	simbolo
biossido di zolfo	SO ₂
biossido di azoto	NO ₂
monossido di azoto	NO
ozono	O ₃
monossido di carbonio	CO
benzene	C ₆ H ₆
particolato sospeso PM10	PM10
particolato sospeso pm2.5	PM2,5

Le analisi degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) e dei metalli sono attualmente in corso, pertanto i risultati verranno esposti nella relazione finale. Copia di tutti i dati acquisiti è conservata su supporto informatico presso il Dipartimento di Torino (Qualità dell'Aria) e in rete sul sito "Aria Web" della Regione Piemonte all'indirizzo <http://www.regione.piemonte.it/ambiente/aria/rilev/datiarea2.htm> a disposizione per elaborazioni successive e/o per eventuali richieste di trasmissione da parte degli Enti interessati.

3.1 Dati chimici relativi al sito di Bardonecchia

Periodi: 16/06/2005 ÷ 20/07/2005 (estivo) e 11/10/05 ÷ 08/11/05 (autunnale)

Tabella 11: Parametro Biossido di Zolfo (SO₂) (microgrammi/ metro cubo)

	estivo	autunnale
Minima media giornaliera	2	1
Massima media giornaliera	3	6
Media delle medie giornaliere	2	3
Giorni validi	16	19
Percentuale giorni validi	46%	66%
Media dei valori orari	2	3
Massima media oraria	5	9
Ore valide	387	518
Percentuale ore valide	46%	74%
Numero di superamenti livello orario protezione della salute (350)	0	0
Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (350)	0	0
Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (125)	0	0
Numero di superamenti livello allarme (500)	0	0
Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (500)	0	0

Tabella 12: Parametro Monossido di carbonio (CO) (milligrammi/ metro cubo)

	estivo	autunnale
Minima media giornaliera	0.3	0.3
Massima media giornaliera	0.5	0.8
Media delle medie giornaliere	0.4	0.5
Giorni validi	29	18
Percentuale giorni validi	83%	62%
Massima media oraria	1	1
Ore valide	698	497
Percentuale ore valide	83%	71%
Minimo delle medie 8 ore	0.1	0.1
Media delle medie 8 ore	0.4	0.5
Massimo delle medie 8 ore	0.7	1
Percentuale medie 8 ore valide	83%	68%
Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore(10)	0	0
Numero di giorni con almeno un superamento livello protezione della salute su medie 8 ore(10)	0	0

Tabella 13: Parametro Biossido di azoto (NO₂) (microgrammi/ metro cubo)

	estivo	autunnale
Minima media giornaliera	8	17
Massima media giornaliera	35	64
Media delle medie giornaliere	18	36
Giorni validi	27	19
Percentuale giorni validi	77%	66%
Media dei valori orari	19	37
Massima media oraria	119	198
Ore valide	683	514
Percentuale ore valide	81%	74%
Numero di superamenti livello orario protezione della salute (200)	0	0
Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (200)	0	0
Numero di superamenti livello allarme (400)	0	0
Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (400)	0	0

Tabella 14: Parametro Ozono (O₃) (microgrammi/ metro cubo)

	estivo	autunnale
Minima media giornaliera	53	8
Massima media giornaliera	116	37
Media delle medie giornaliere	83	20
Giorni validi	29	19
Percentuale giorni validi	83%	66%
Massima media oraria	206	56
Ore valide	724	500
Percentuale ore valide	86%	72%
Minimo delle medie 8 ore	32	4
Media delle medie 8 ore	83	19
Massimo delle medie 8 ore	158	46
Percentuale medie 8 ore valide	85%	67%
Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore(120)	51	0
Numero di giorni con almeno un superamento livello protezione della salute su medie 8 ore(120)	10	0
Numero di superamenti livello informazione (180)	2	0
Numero di giorni con almeno un superamento livello informazione (180)	1	0
Numero di superamenti livello allarme (240)	0	0
Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (240)	0	0

Tabella 15: Parametro Polveri PM10 - Basso Vol. (microgrammi/ metro cubo)

	estivo	autunnale
Minima media giornaliera	7	12
Massima media giornaliera	49	78
Media delle medie giornaliere	26	44
Giorni validi	30	25
Percentuale giorni validi	86%	86%
Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	0	10

Tabella 16: Parametro Monossido di azoto (NO) (microgrammi/ metro cubo)

	estivo	autunnale
Minima media giornaliera	1	8
Massima media giornaliera	33	104
Media delle medie giornaliere	13	40
Giorni validi	27	19
Percentuale giorni validi	77%	66%
Media dei valori orari	13	43
Massima media oraria	199	310
Ore valide	681	510
Percentuale ore valide	81%	73%

Tabella 17: Parametro Benzene (microgrammi/ metro cubo)

	estivo	autunnale
Minima media giornaliera	0.7	1.1
Massima media giornaliera	1.3	2.2
Media delle medie giornaliere	0.9	1.6
Giorni validi	27	14
Percentuale giorni validi	75%	48%
Media dei valori orari	0.9	1.6
Massima media oraria	3.5	3.8
Ore valide	690	416
Percentuale ore valide	80%	60%

Tabella 18: Parametro Toluene (microgrammi/metrocubo)

	estivo	autunnale
Minima media giornaliera	2	1
Massima media giornaliera	6	8
Media delle medie giornaliere	3	3
Giorni validi	27	14
Percentuale giorni validi	75%	48%
Media dei valori orari	3	4
Massima media oraria	39	51
Ore valide	687	416
Percentuale ore valide	80%	60%

Tabella 19: Parametro Polveri PM2.5 - Basso volume (microgrammi/ metro cubo)

	estivo	autunnale
Minima media giornaliera	4	
Massima media giornaliera	28	
Media delle medie giornaliere	20	
Giorni validi	15	
Percentuale giorni validi	43%	

3.2 Sito di Salbertrand, piazzale barriera autostrada del Frejus Periodo: 02/07/2005 - 25/07/2005

Tabella 20: Parametro Biossido di zolfo (SO₂) (microgrammi/ metro cubo)

Minima media giornaliera	4
Massima media giornaliera	9
Media delle medie giornaliere	5
Giorni validi	24
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	5
Massima media oraria	53
Ore valide	575
Percentuale ore valide	100%
Numero di superamenti livello orario protezione della salute (350)	0
Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (350)	0
Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (125)	0
Numero di superamenti livello allarme (500)	0
Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (500)	0

Tabella 21: Parametro Monossido di carbonio (CO) (milligrammi/ metro cubo)

Minima media giornaliera	0,3
Massima media giornaliera	0,5
Media delle medie giornaliere	0,3
Giorni validi	24
Percentuale giorni validi	100%
Massima media oraria	0,8
Ore valide	574
Percentuale ore valide	100%
Minimo delle medie 8 ore	0,2
Media delle medie 8 ore	0,3
Massimo delle medie 8 ore	0,6
Percentuale medie 8 ore valide	100%
Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore(10)	0
Numero di giorni con almeno un superamento livello protezione della salute su medie 8 ore(10)	0

Tabella 22: Parametro Biossido di azoto (NO₂) (microgrammi/ metro cubo)

Minima media giornaliera	2
Massima media giornaliera	22
Media delle medie giornaliere	11
Giorni validi	24
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	11
Massima media oraria	63
Ore valide	576
Percentuale ore valide	100%
Numero di superamenti livello orario protezione della salute (200)	0
Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (200)	0
Numero di superamenti livello allarme (400)	0
Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (400)	0

Tabella 23: Parametro Ozono (O₃) (microgrammi/ metro cubo)

Minima media giornaliera	61
Massima media giornaliera	105
Media delle medie giornaliere	86
Giorni validi	21
Percentuale giorni validi	88%
Massima media oraria	167
Ore valide	522
Percentuale ore valide	91%
Minimo delle medie 8 ore	31
Media delle medie 8 ore	86
Massimo delle medie 8 ore	148
Percentuale medie 8 ore valide	90%
Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore(120)	27
Numero di giorni con almeno un superamento livello protezione della salute su medie 8 ore(120)	5
Numero di superamenti livello informazione (180)	0
Numero di giorni con almeno un superamento livello informazione (180)	0
Numero di superamenti livello allarme (240)	0
Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (240)	0

Tabella 24: Parametro Polveri PM10 - Basso Vol. (microgrammi/ metro cubo)

Minima media giornaliera	4
Massima media giornaliera	54
Media delle medie giornaliere	28
Giorni validi	24
Percentuale giorni validi	100%
Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	1

Tabella 25: Parametro Monossido di Azoto (NO) (microgrammi/ metro cubo)

Minima media giornaliera	2
Massima media giornaliera	7
Media delle medie giornaliere	4
Giorni validi	23
Percentuale giorni validi	96%
Media dei valori orari	4
Massima media oraria	61
Ore valide	551
Percentuale ore valide	96%

Tabella 26: Parametro Benzene (microgrammi/ metro cubo)

Minima media giornaliera	0,4
Massima media giornaliera	2
Media delle medie giornaliere	0,9
Giorni validi	24
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	0,9
Massima media oraria	10,6
Ore valide	574
Percentuale ore valide	100%

Tabella 27: Parametro Toluene (microgrammi/ metro cubo)

Minima media giornaliera	0,5
Massima media giornaliera	4,4
Media delle medie giornaliere	1
Giorni validi	24
Percentuale giorni validi	100%
Media dei valori orari	1
Massima media oraria	21,5
Ore valide	569
Percentuale ore valide	99%

3.3 Elaborazioni grafiche

Sono di seguito riportate le elaborazioni grafiche relative ai dati presentati nel capitolo precedente.

Andamento orario e giornaliero - Confronto con i limiti di legge

Per ogni inquinante è stata effettuata una elaborazione grafica che permette di visualizzare, su assi 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 y rende meno chiaro l'andamento orario delle concentrazioni. L'elaborazione oraria dettagliata è comunque disponibile presso lo scrivente servizio, e può essere inviata su richiesta specifica.

Giorno medio

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

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

Figura 16: SO₂ confronto con il livello di protezione della salute (media giornaliera)

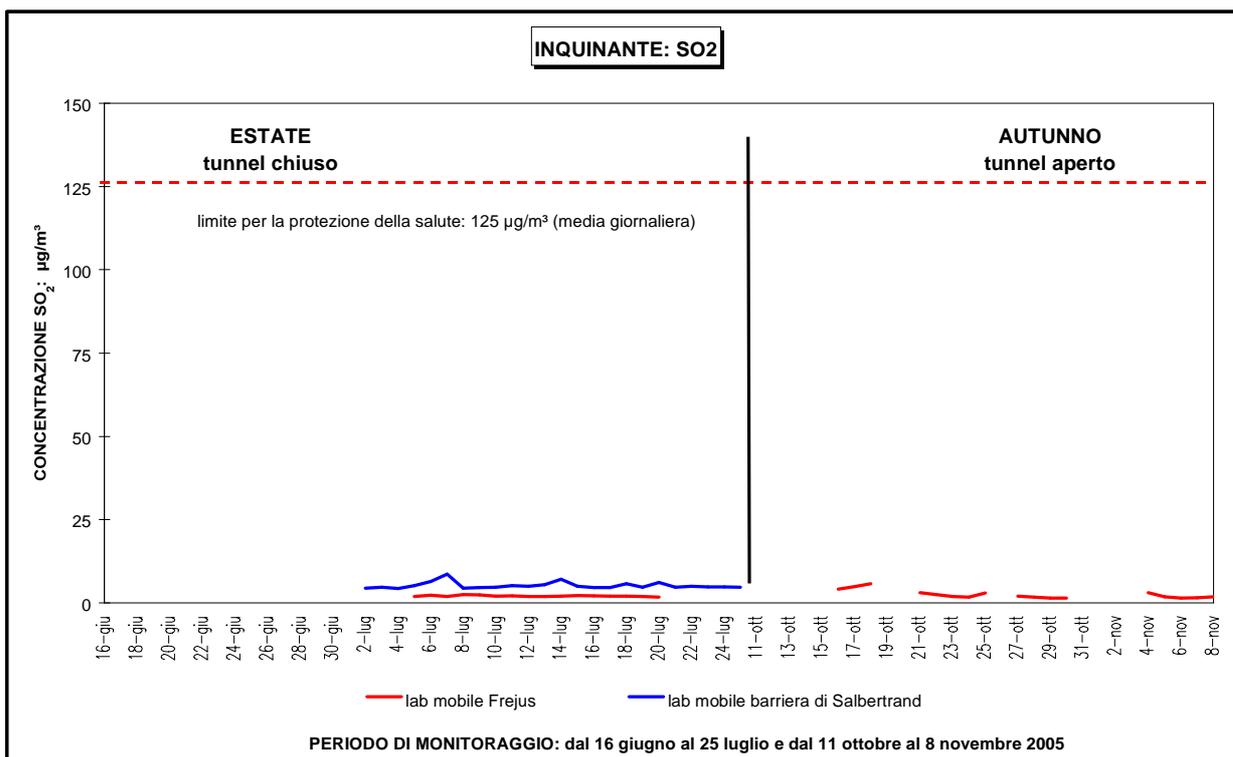


Figura 17: SO₂ andamento medie orarie e confronto con i dati della stazione di Torino in via della Consolata.

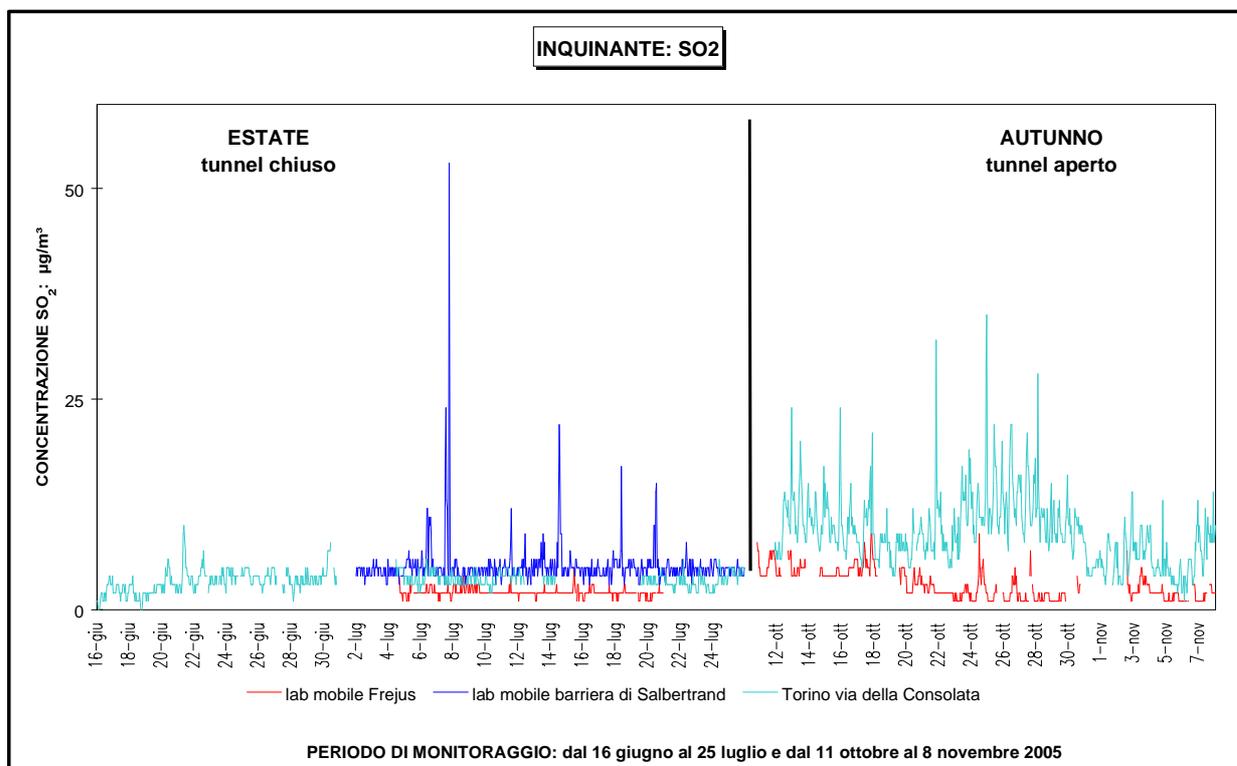


Figura 18: SO₂ andamento giorno medio campagne estiva.

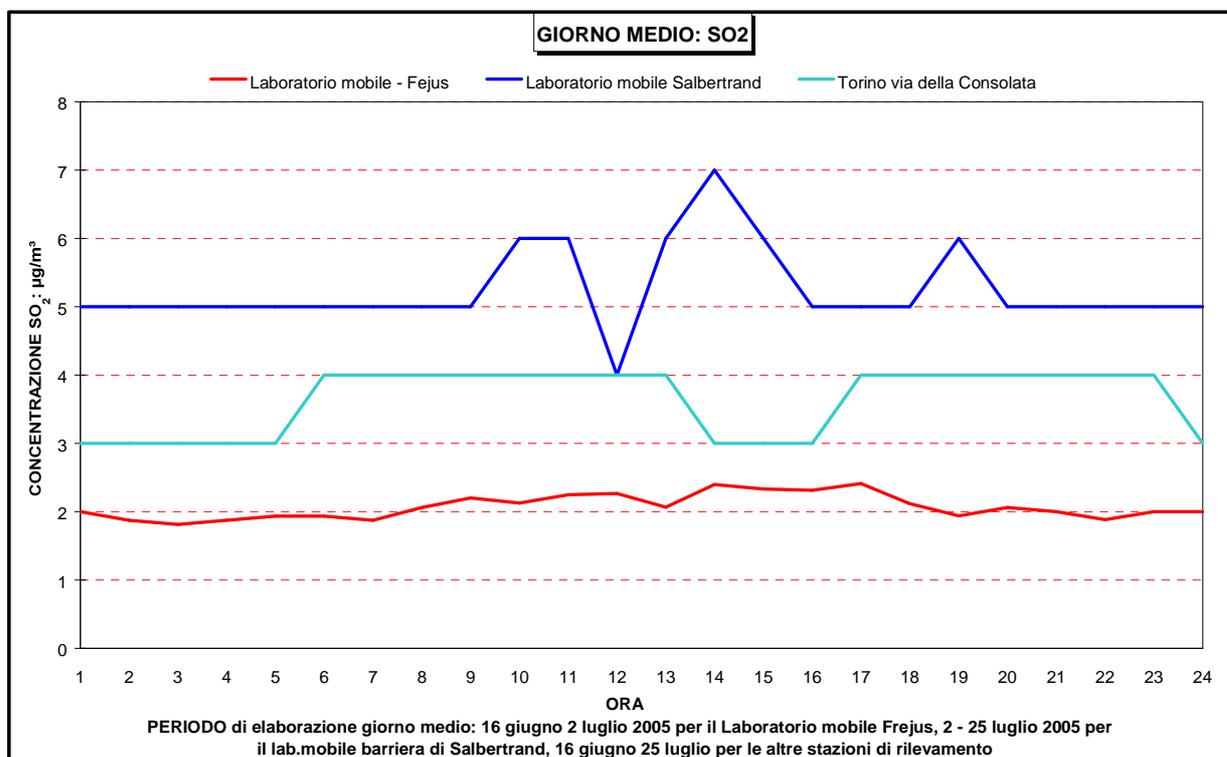


Figura 19: SO₂ andamento giorno medio campagna autunnale

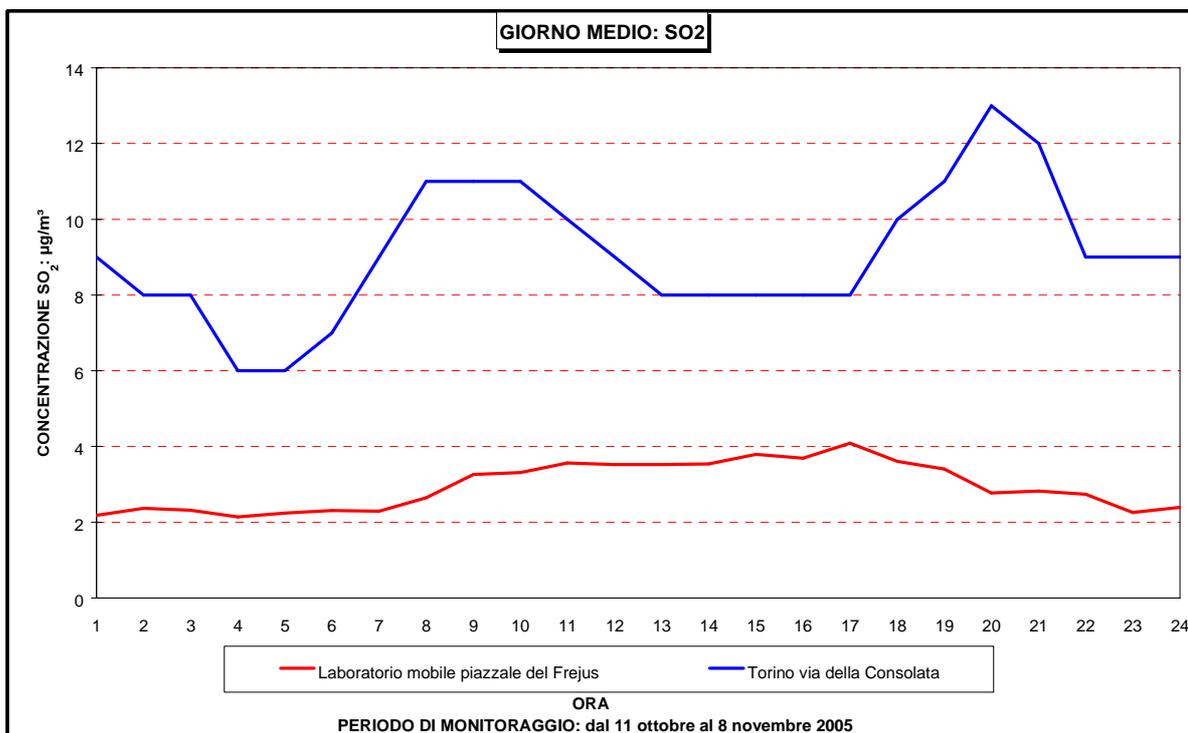


Figura 20: NO₂ andamento orario confronto con i limiti di legge e i dati delle stazioni di Torino - via della Consolata e Druento "La Mandria".

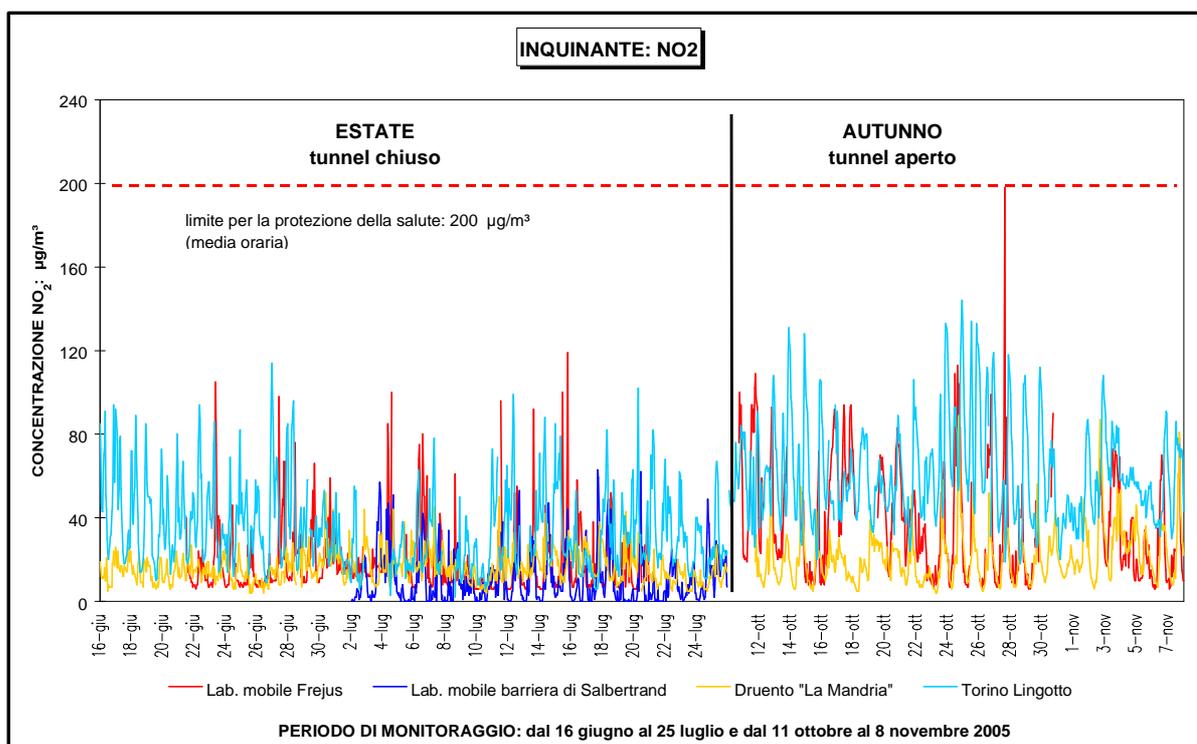


Figura 21: NO₂ andamento giorno medio I° campagna

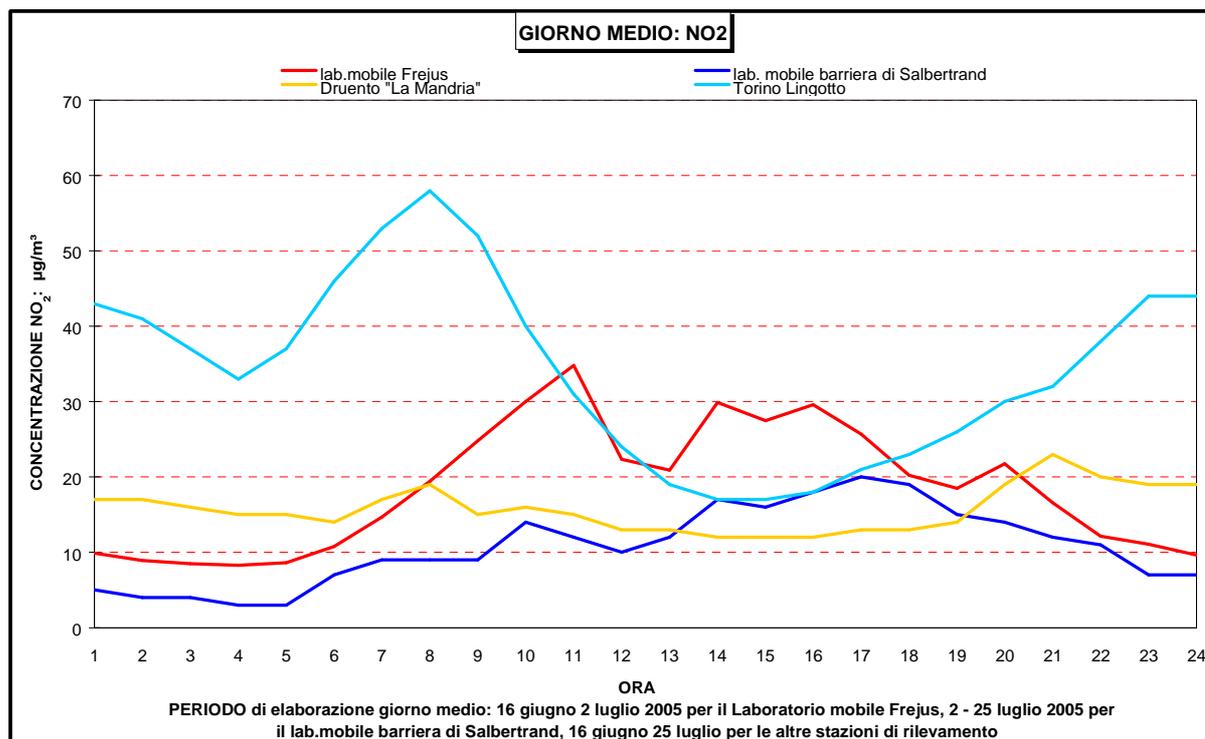


Figura 22: NO₂ andamento giorno medio campagna autunnale

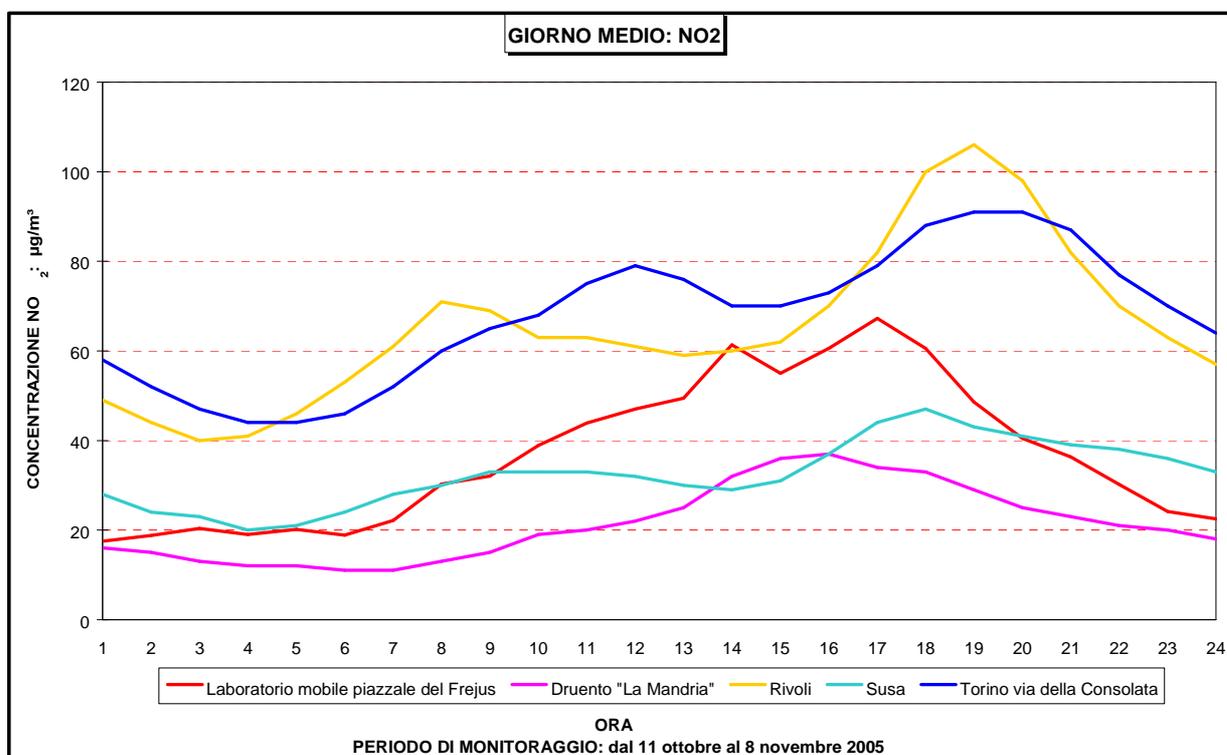


Figura 23: NO andamento orario, confronto con i dati delle centraline di Torino Lingotto e Susa

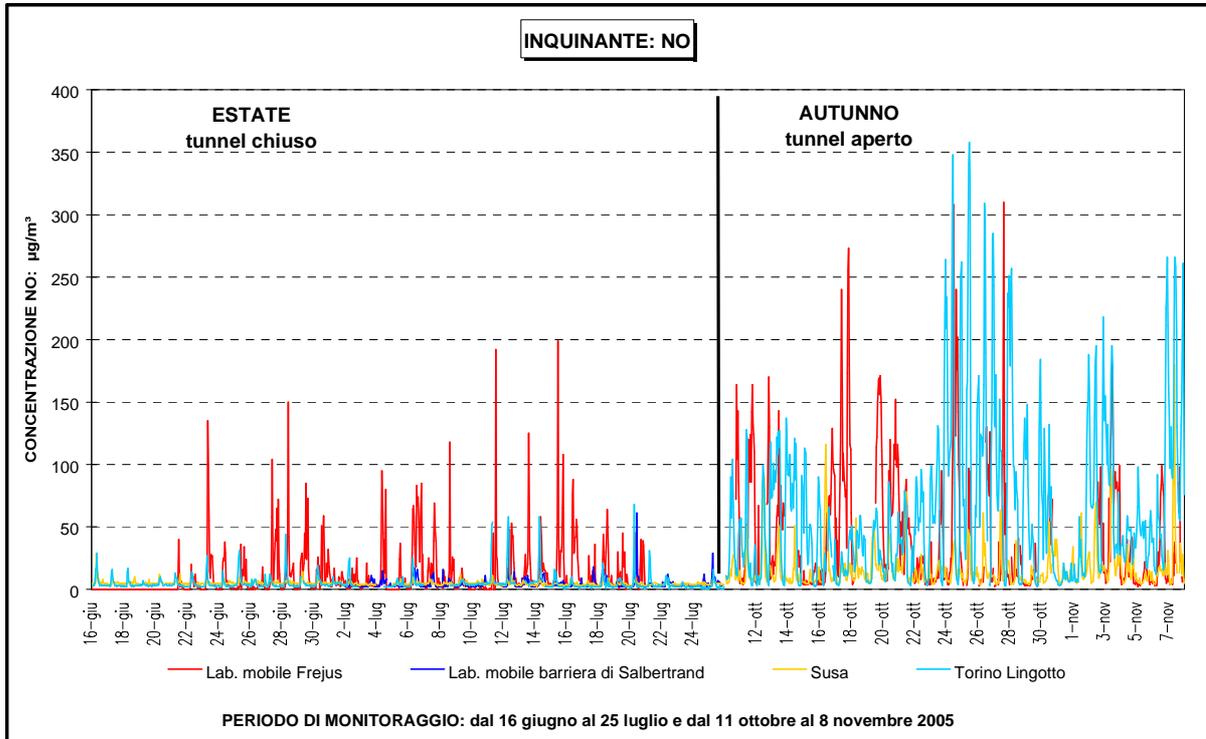


Figura 24: NO andamento giorno medio campagna estiva.

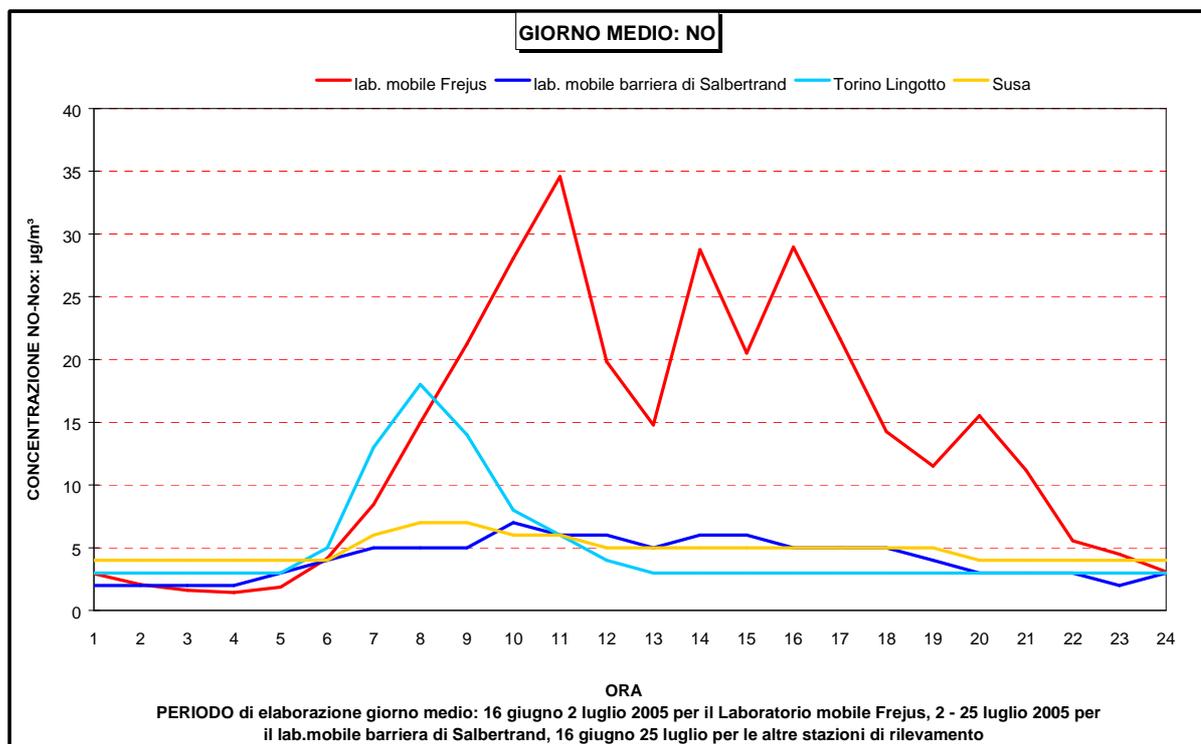


Figura 25: NO andamento giorno medio campagna autunnale, confronto con i dati registrati in alcune centraline di rilevamento della qualità dell'aria in Provincia di Torino.

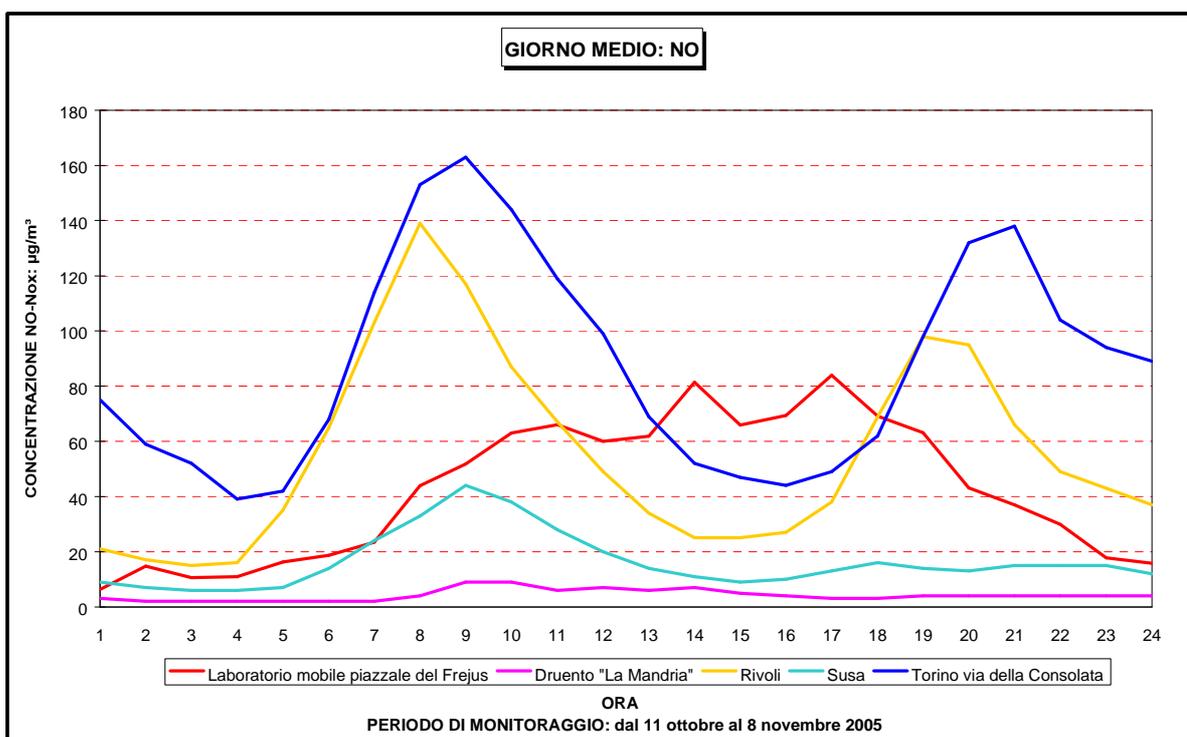


Figura 26: O₃ (medie orarie) confronto con i limiti di legge, livello di informazione, livello di allarme e con i dati delle centraline di Druento "La Mandria" e Torino Lingotto.

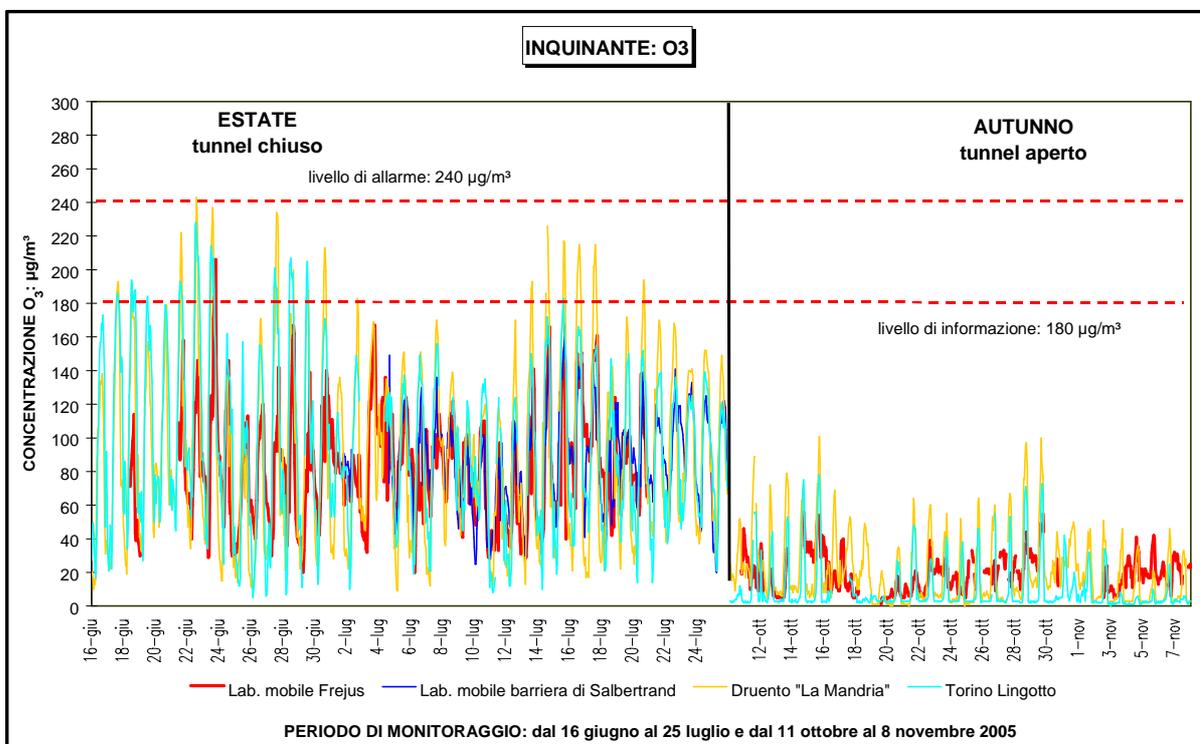


Figura 27: O₃ andamento giorno medio campagna estiva.

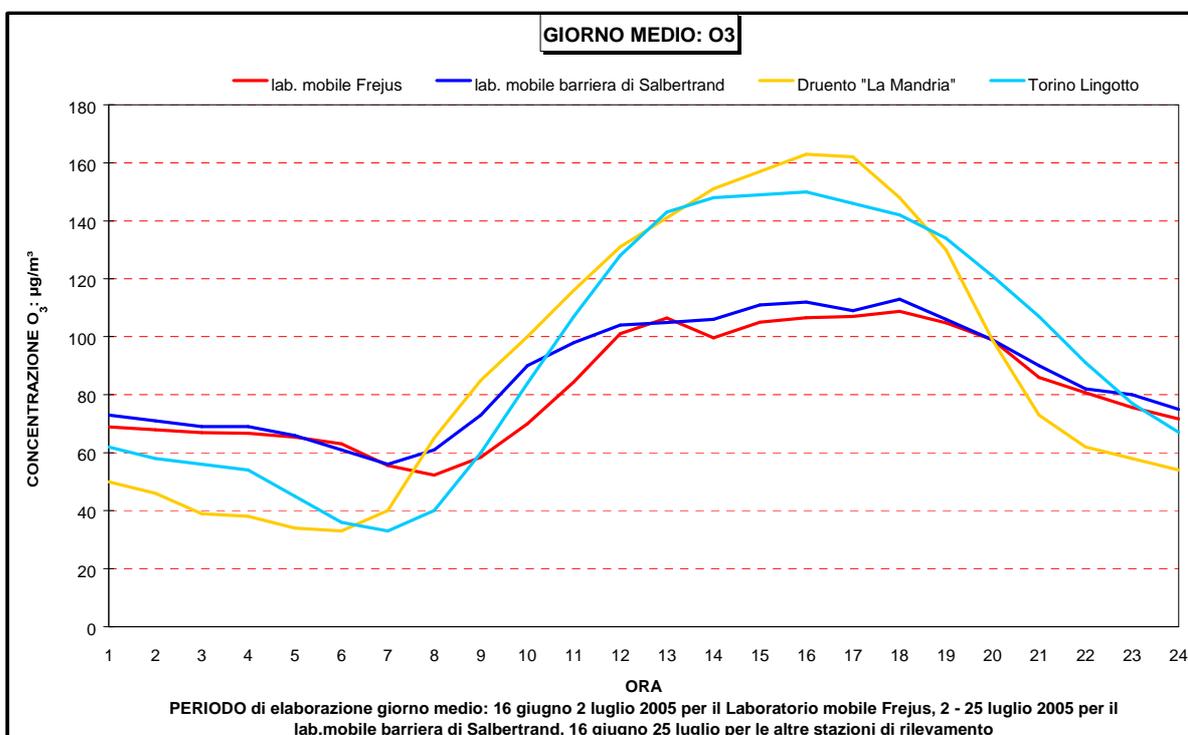


Figura 28: giorno medio NO- O₃ campagna estiva Bardonecchia

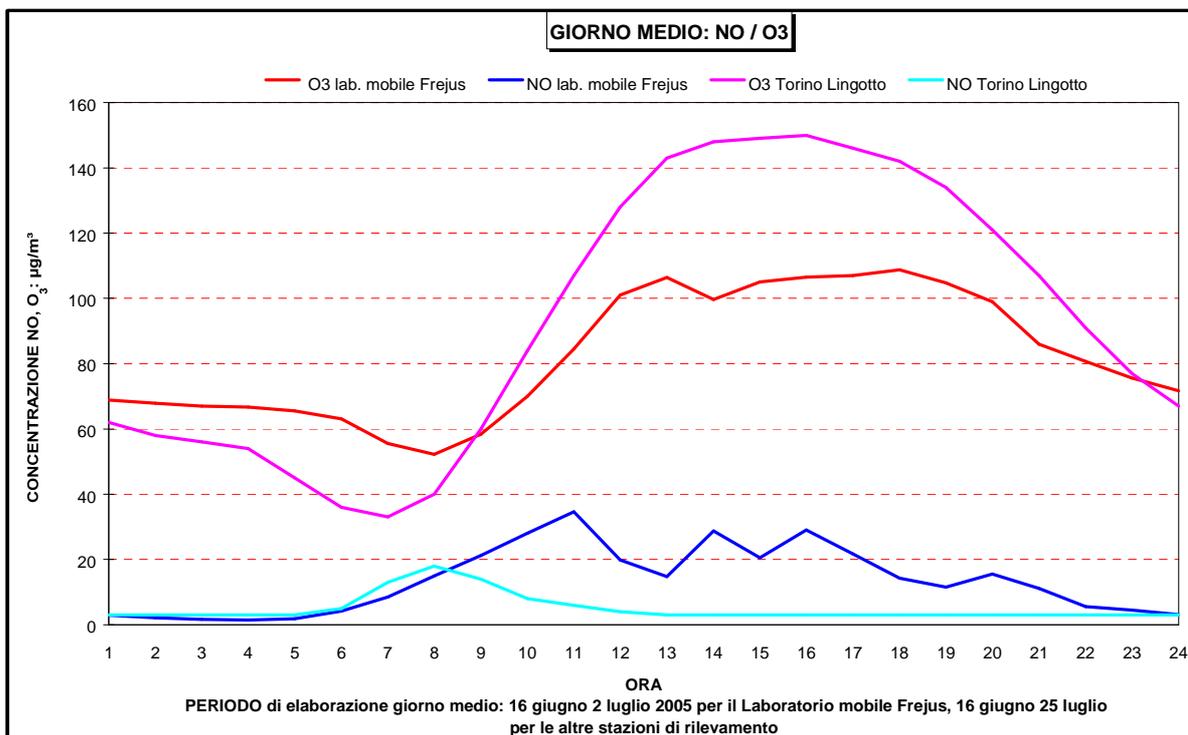


Figura 29: O₃ - NO Andamento giorno medio campagna autunnale.

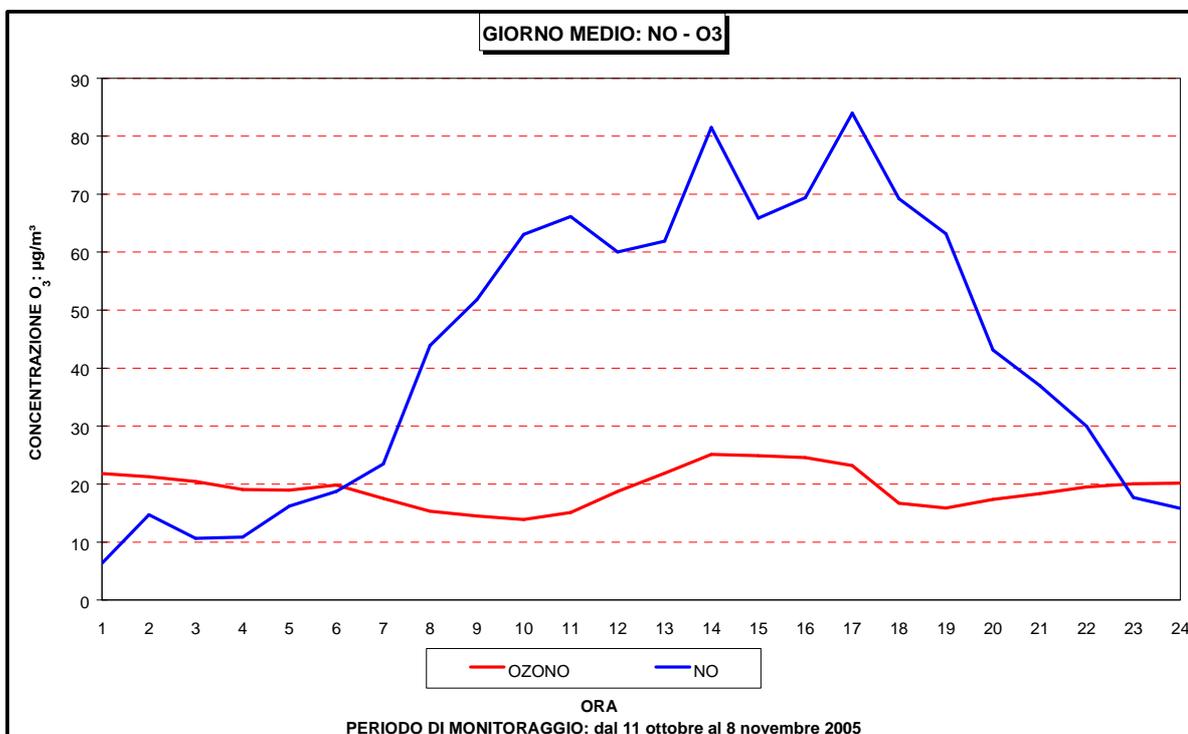


Figura 30: O₃ confronto con il livello di protezione salute umana (media trascinata sulle 8 ore)

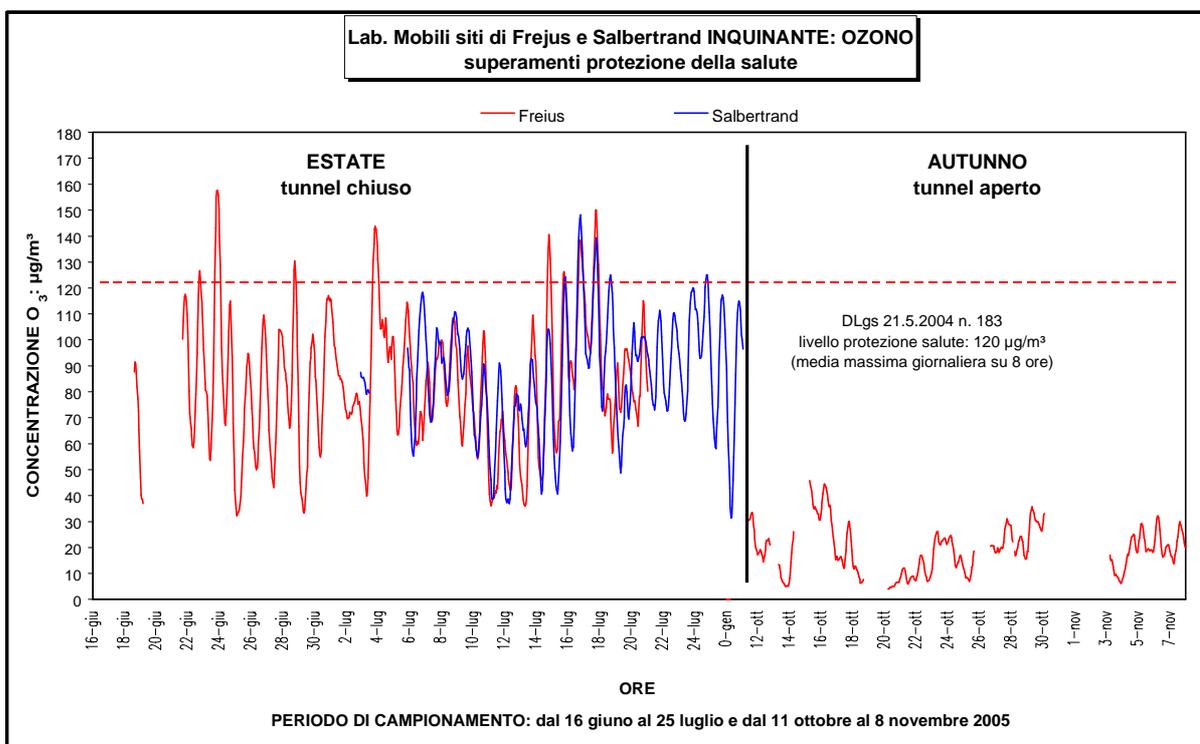


Figura 31: confronto medie orarie NO – O₃ in Bardonecchia e Salbertrand nelle due campagne di monitoraggio

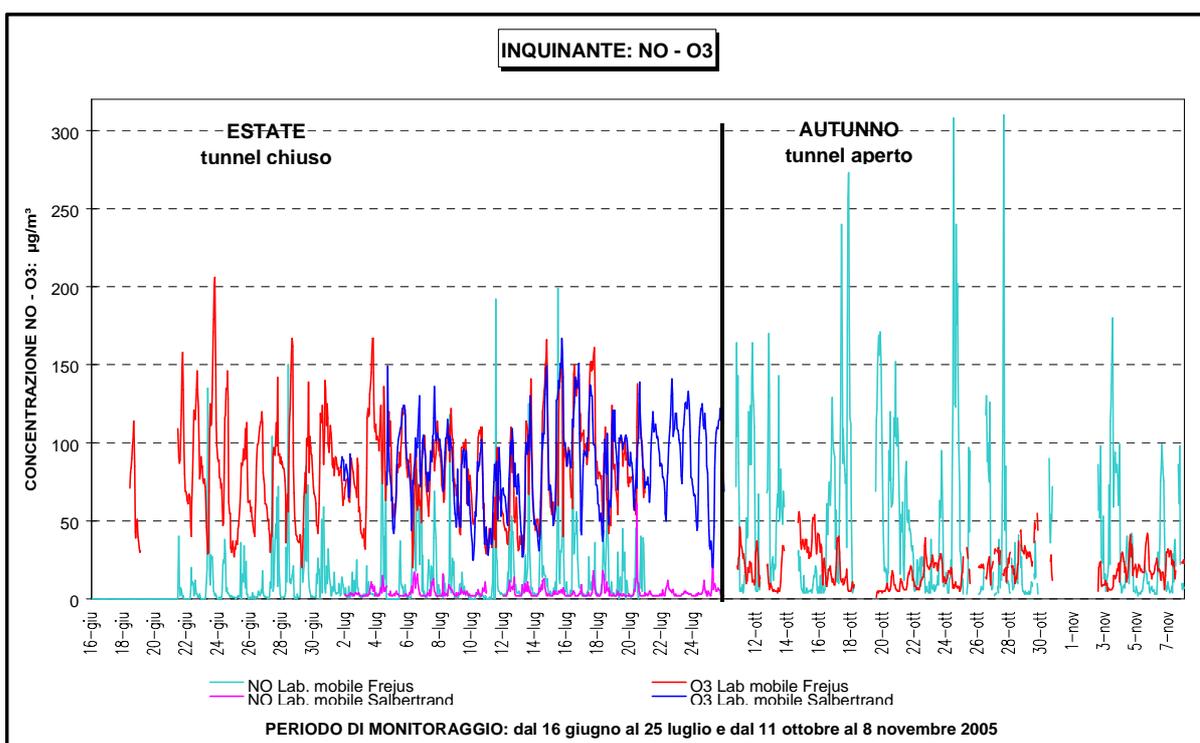


Figura 32: CO Confronto con il limite di legge (media trascinata su 8 ore)

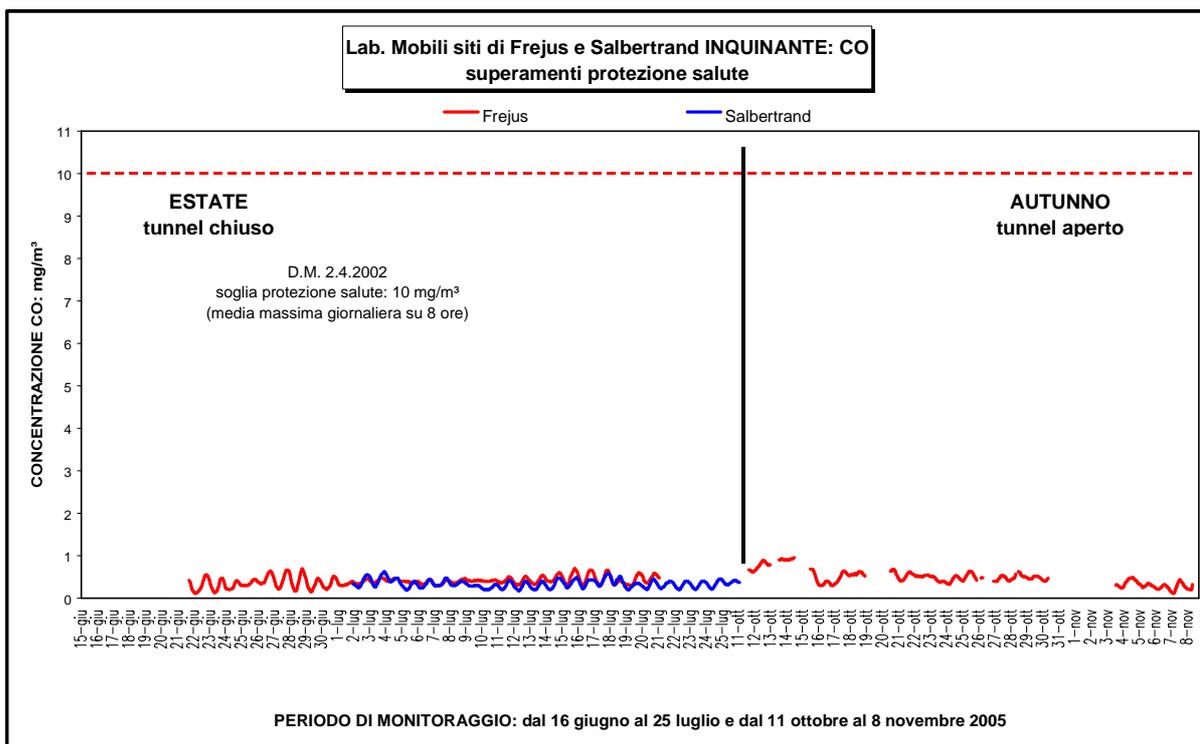


Figura 33: CO andamento orario, confronto con i dati delle stazioni di Torino-Lingotto e Susa.

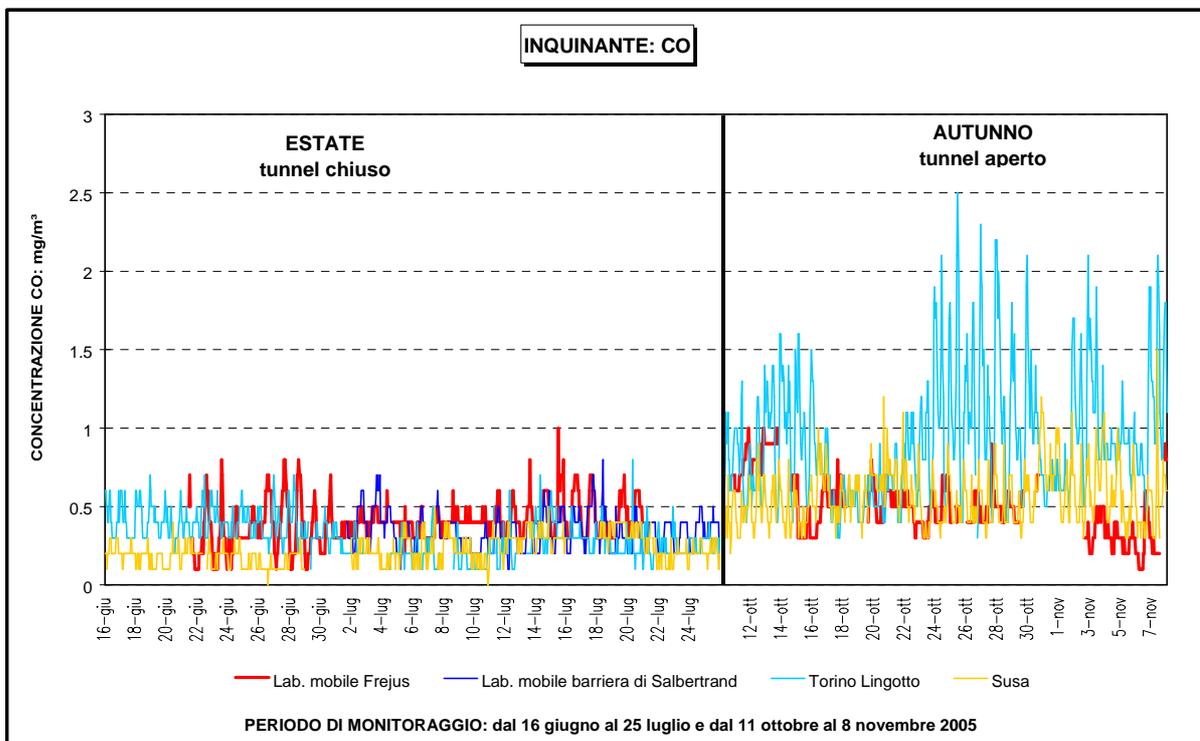


Figura 34: CO andamento giorno medio campagna estiva confronto con le stazioni di Torino Lingotto e Susa

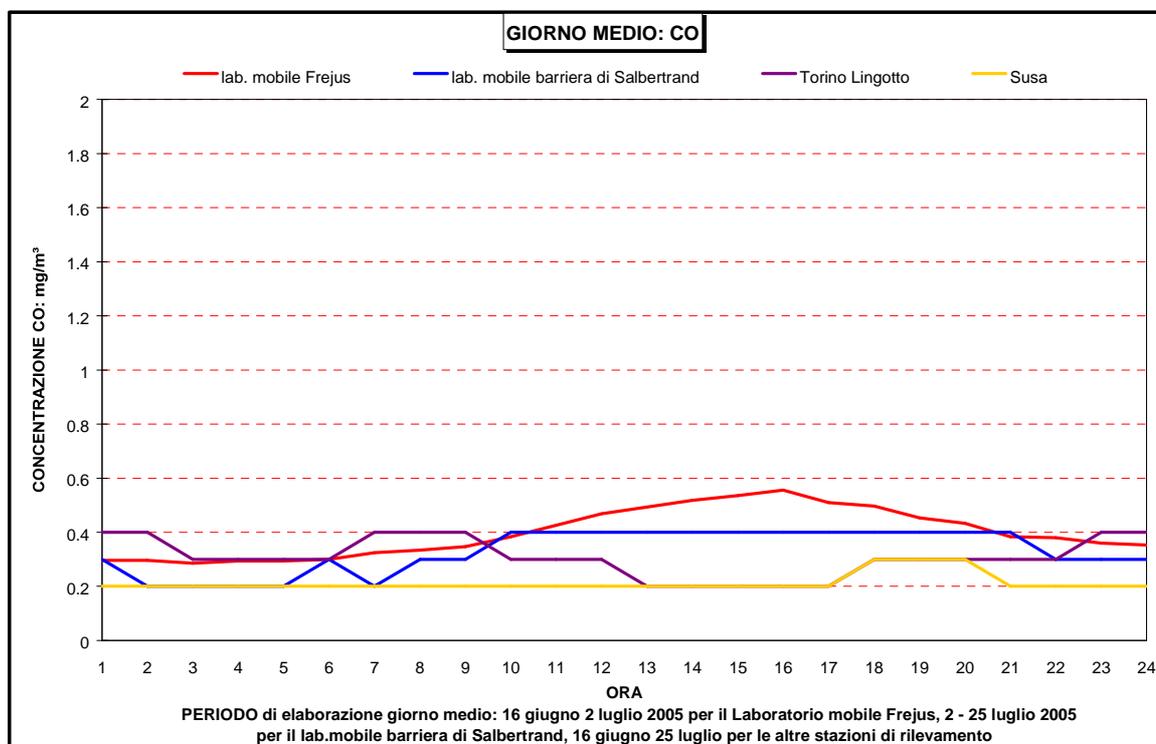


Figura 35: CO andamento giorno medio campagna autunnale confronto con i dati delle stazioni di Torino - via della Consolata, Susa e Rivoli.

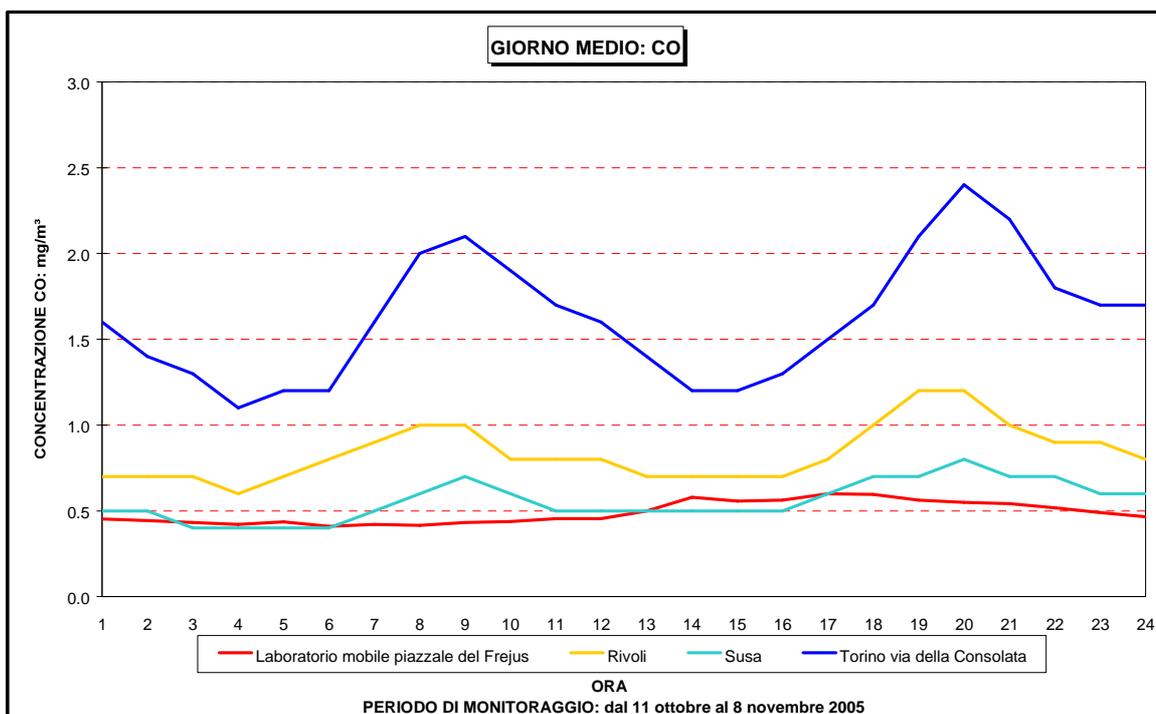


Figura 36: Benzene andamento orario, confronto con i dati delle stazioni di Torino-via della Consolata e Rivoli

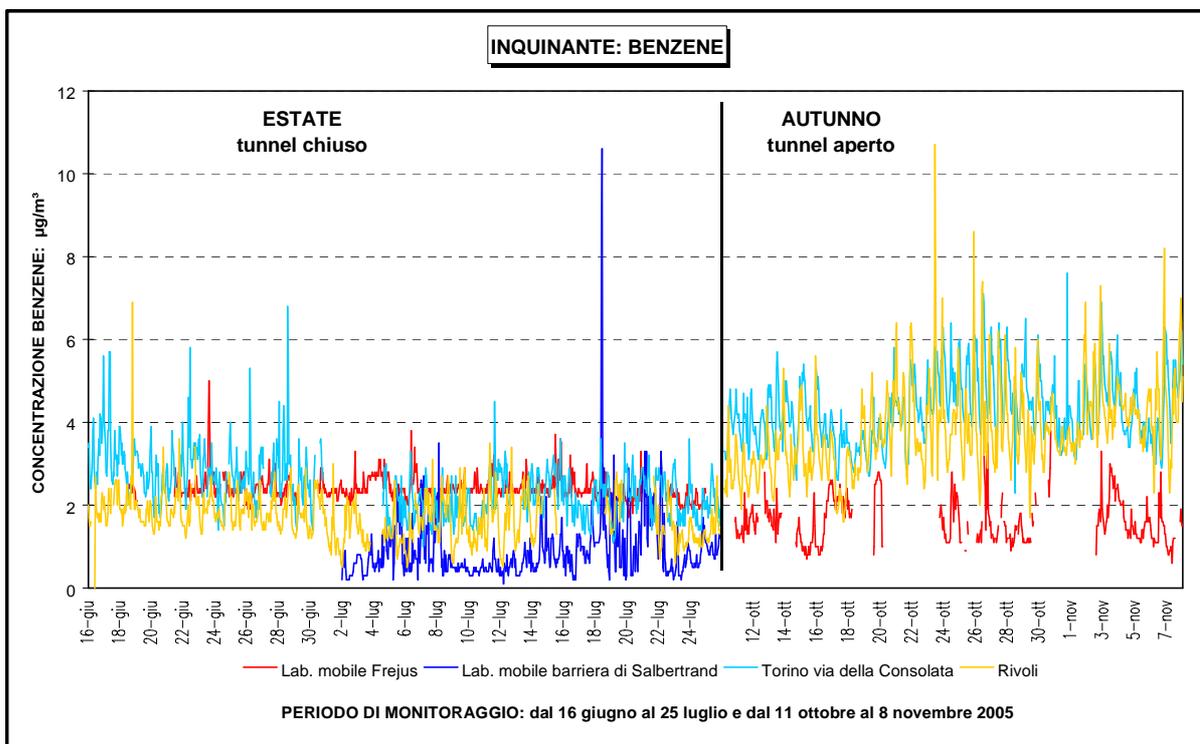


Figura 37: benzene giorno medio campagna estiva

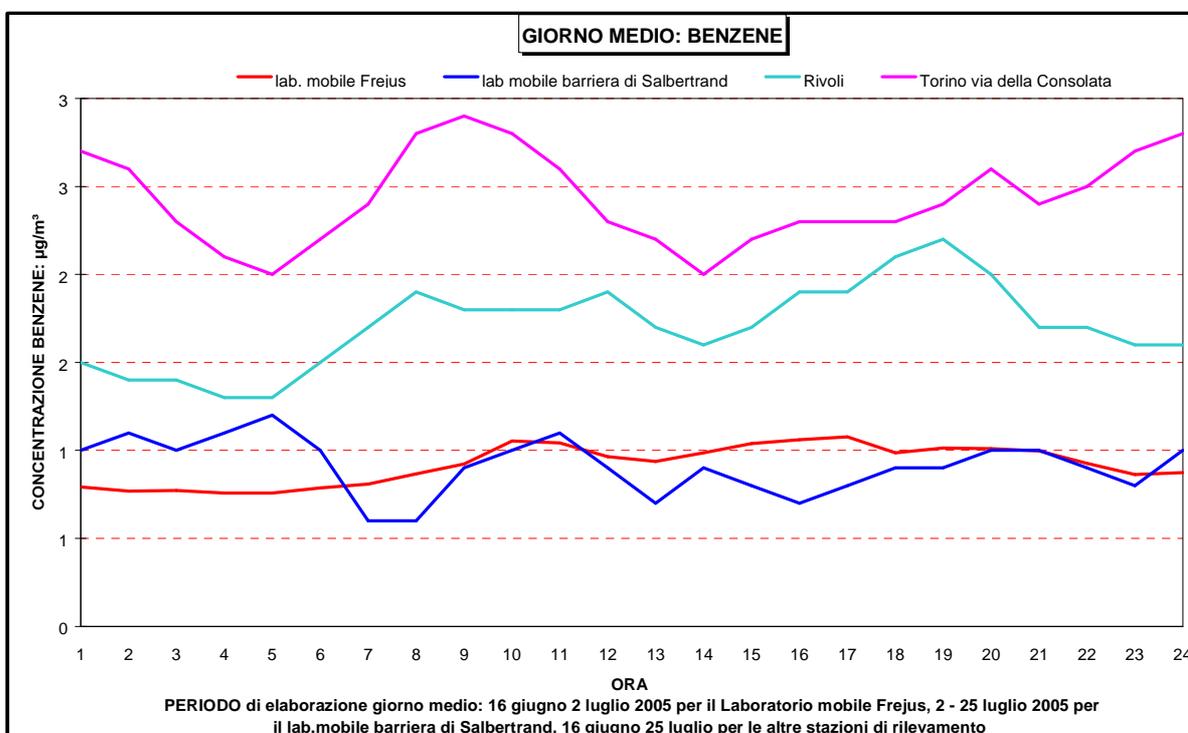


Figura 38: Benzene andamento giorno medio campagna autunnale, confronto con i dati di Torino via della Consolata e Rivoli

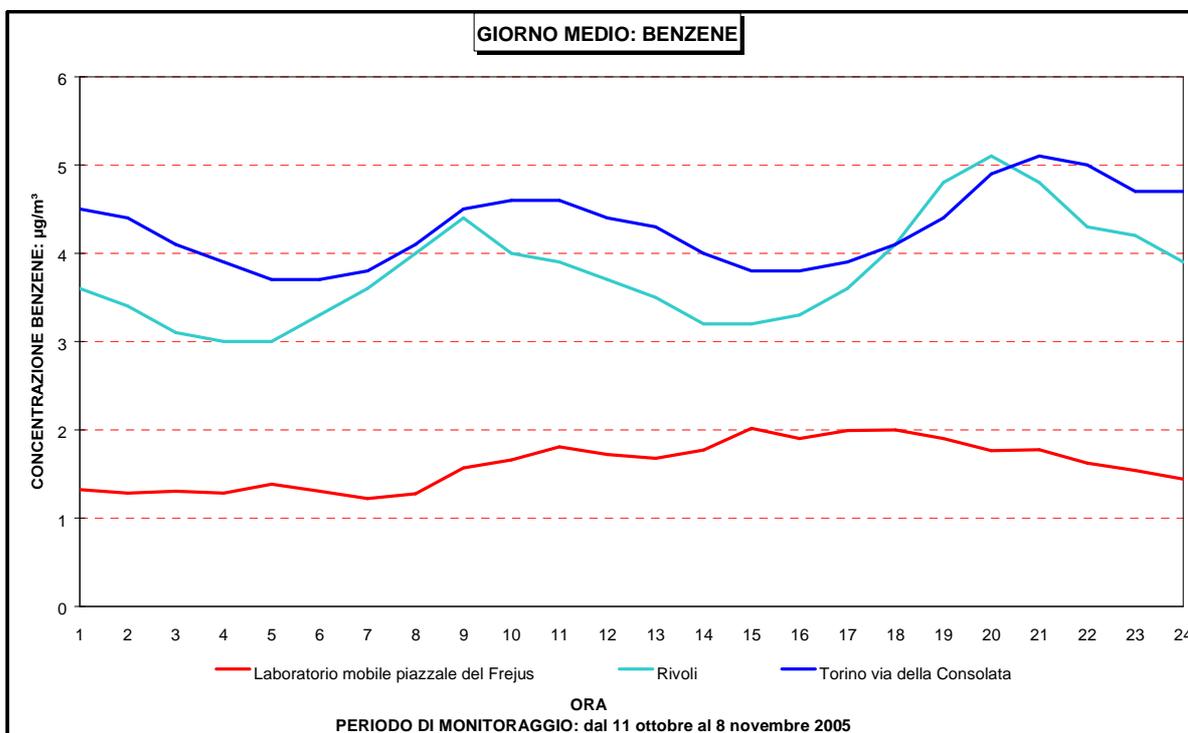


Figura 39: Toluene andamento orario, confronto con i dati delle stazioni di Torino - via della Consolata e Rivoli

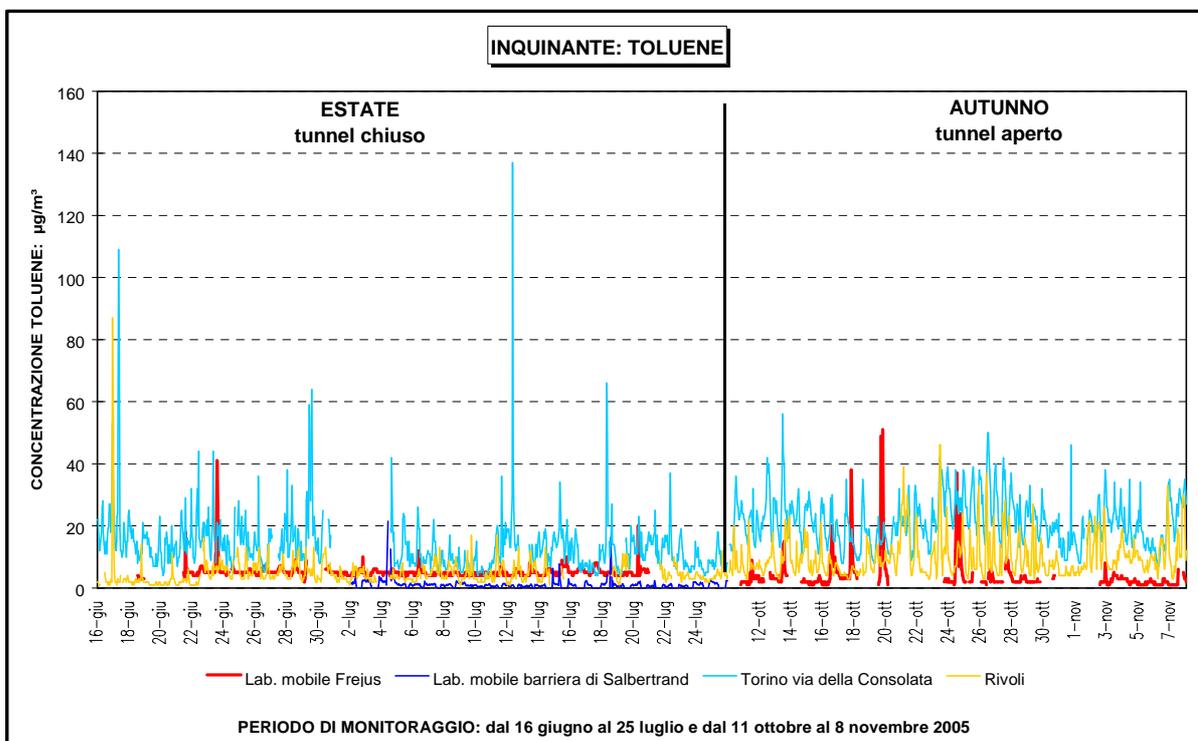


Figura 40: Toluene giorno medio campagna estiva, confronto con i dati della stazioni di Torino via della Consolata e Rivoli

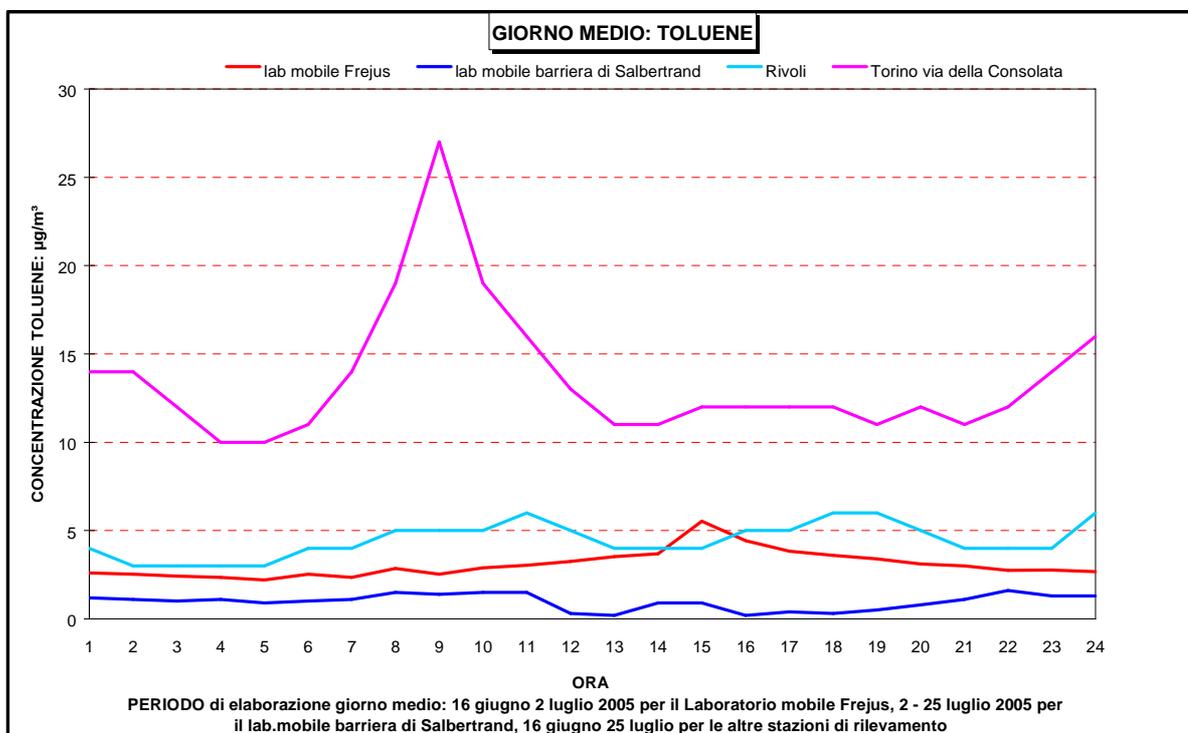


Figura 41: Toluene andamento giorno medio campagna autunnale, confronto con i dati delle stazioni di Torino via della Consolata e Rivoli

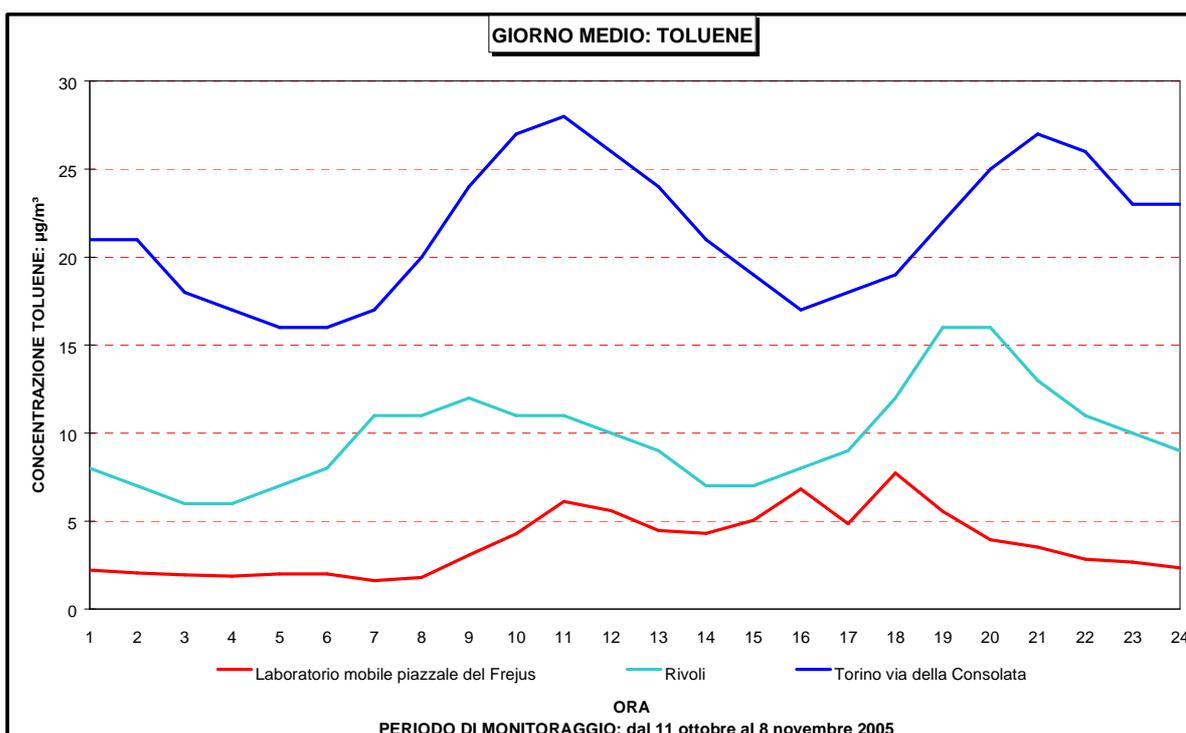


Figura 42: PM10 andamento giornaliero, confronto con limite di legge e con alcune stazioni fisse della rete di monitoraggio

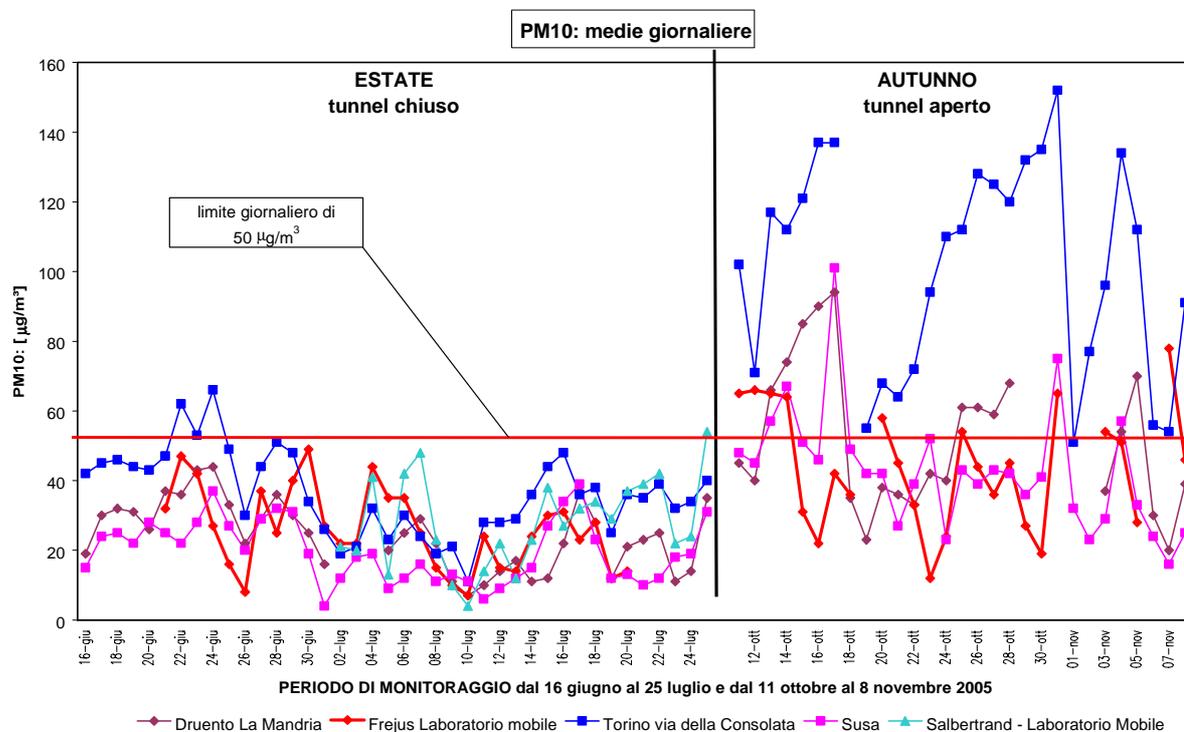
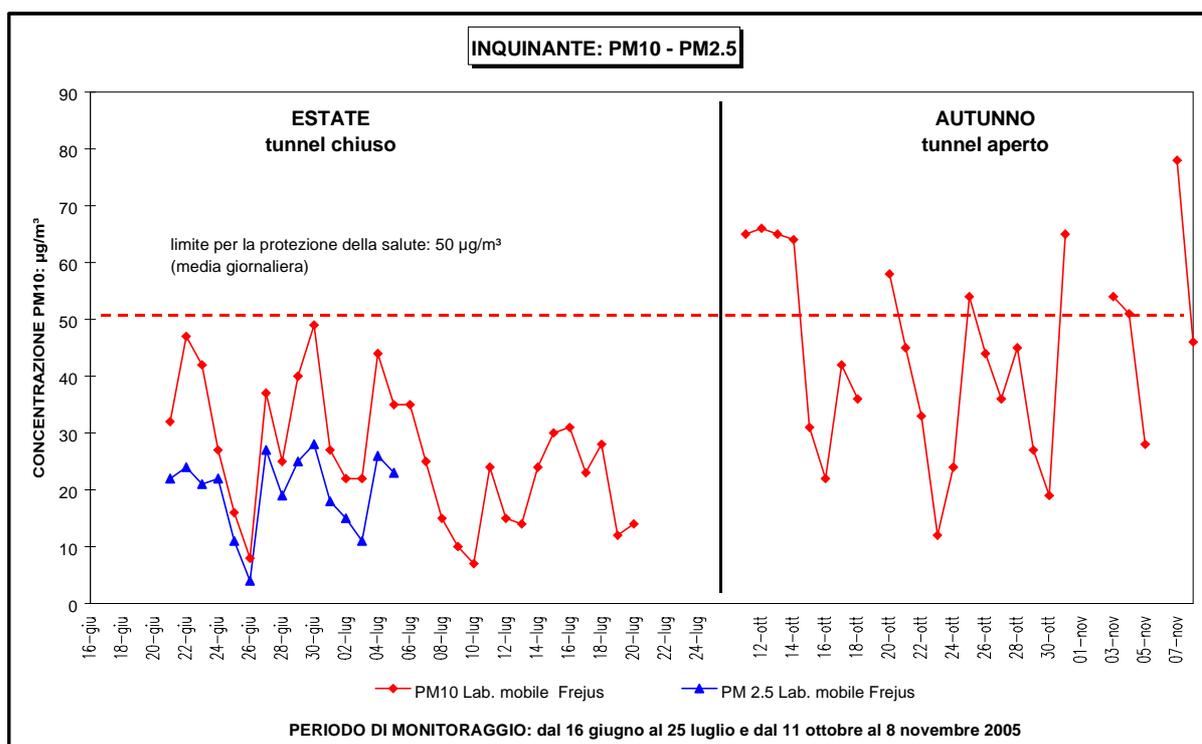


Figura 43: PM10, PM2.5 confronto concentrazioni medie giornaliere sito di Bardonecchia



4 COMMENTO AI RISULTATI OTTENUTI

4.1 Parametri metereologici - Direzione e Velocità del vento

La valle di Susa è caratterizzata, come ogni valle montana, da un regime del vento caratteristico con ciclo giornaliero, il fenomeno dà origine alla brezza di valle e alla brezza di monte.

Brezza di valle: al mattino le pareti dei monti si scaldano per effetto dell'insolazione e l'aria ad essi adiacente si scalda, forma cumuli e sale lungo i pendii e la valle. Questa brezza ascendente di aria calda è fortemente turbolenta con capacità di diluizione effettiva degli inquinanti e ha uno spessore notevole (circa 100 metri).

Brezza di monte: di notte l'aria a contatto con la terra si raffredda e scivola verso la valle lungo il fianco delle montagne.

Questa brezza discendente è una lama d'aria molto sottile (circa 10 metri di spessore) che scende lungo i fianchi delle montagne verso il centro della valle e poi si dirige verso lo sbocco della valle stessa con velocità in funzione della pendenza del fondo valle.

Quando vi è una situazione di vento di valle che trascina in quota gli inquinanti vi è un rimescolamento rapido con le masse d'aria presenti in quota che disperdono gli inquinanti, questa situazione è fondamentale per la pulizia dell'aria della valle.

E' importante osservare che la configurazione e la direzione di tali brezze non sono necessariamente conformi con il vento di quota che sposta le masse su grande scala territoriale.

La situazione sopra descritta è comprovata nelle campagne di monitoraggio di Bardonecchia e Salbertrand con i grafici di velocità ([figura 9](#)) e direzione del vento ([figura 10](#)): in questi due grafici è evidente la ciclicità diurna e notturna dei due parametri.

In particolare la [figura 3](#) (Rosa dei venti totale campagna estiva) e la [figura 6](#) (Rosa dei venti totale campagna autunnale) evidenziano come, per la conformazione orografica del sito in cui è stato posizionato il laboratorio mobile (inizio valle di Rochemolles), il vento abbia solo due direzioni dominanti:

- durante la campagna estiva, il giorno da ovest-sud-ovest ([figura 4](#)) e la notte da est-nord-est ([figura 5](#));
- durante la campagna autunnale il giorno ([figura 7](#)), da ovest-sud-ovest e la notte ([figura 8](#)) da est-nord-est.

I valori di velocità del vento indicano che la massima media oraria registrata nel comune di Bardonecchia durante la campagna estiva è stata di 5,6 m/sec e la media dei valori orari è di 1,7 m/sec. Mentre durante la campagna autunnale la massima media oraria misurata è stata di 3,7 m/sec e la media dei valori orari è di 1,2 m/sec.

4.2 Biossido di zolfo

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

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

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

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

La non problematicità di questo inquinante è confermata dai dati ottenuti durante le campagne di monitoraggio in Bardonecchia e in Salbertrand, infatti i valori sia giornalieri sia orari sono ampiamente al di sotto dei limiti.

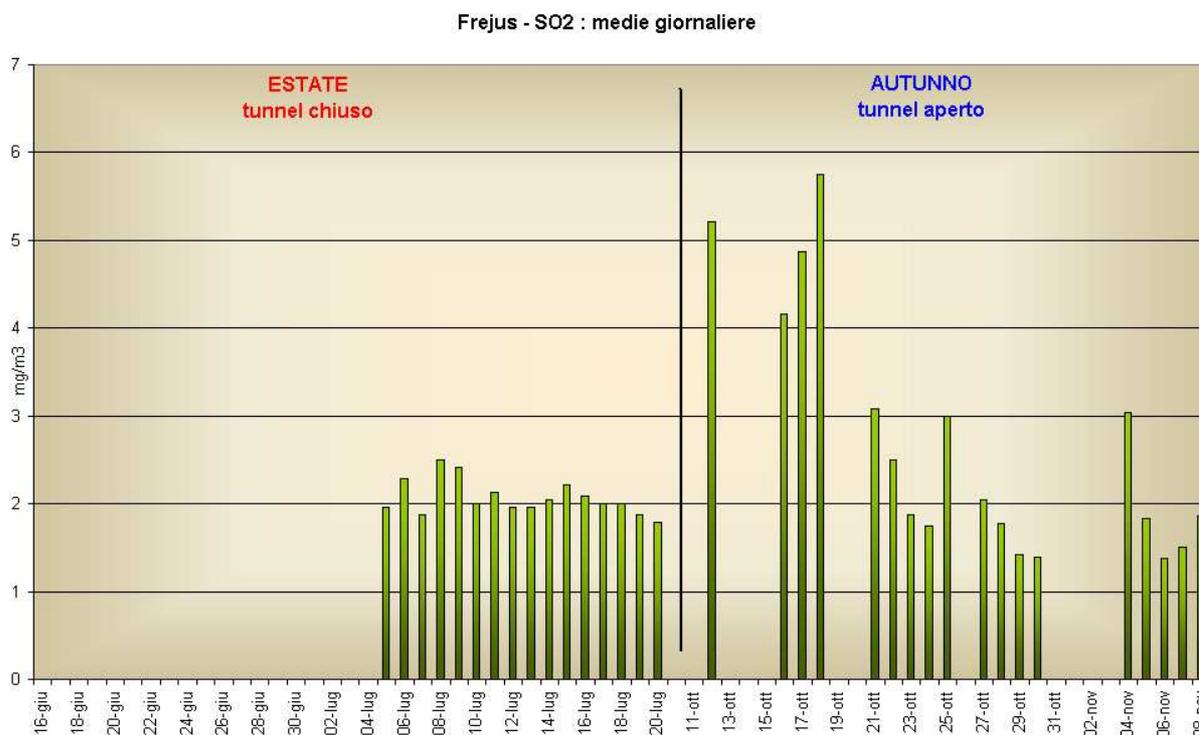
In Bardonecchia la massima concentrazione media giornaliera è stata registrata nel periodo autunnale ed è pari a 6 µg/m³ che corrisponde al 4,8 % circa del limite giornaliero per la protezione della salute (125 µg/m³). Il valore massimo orario si è registrato sempre nel periodo autunnale ed è pari a 9 µg/m³, [figura 17](#) quindi ben al di sotto del livello orario per la protezione della salute.

Il massimo valore giornaliero registrato in Salbertrand ([tabella 20](#)) è pari a 9 µg/m³ (calcolato come media giornaliera sulle 24 ore), che corrisponde al 7,2% del limite di 24 ore per la protezione della salute (125 µg/m³). La massima media oraria è pari a 53 µg/m³, quindi è ampiamente rispettato il livello orario per la protezione della salute fissato dal DM 60/2002 in 350 µg/m³, nella [figura 16](#) è evidente come la concentrazione di SO₂ non desti preoccupazione riguardo ai limiti di legge.

Dai dati riportati nella [figura 44](#) e in [tabella 11](#) si osserva il rispetto dei limiti previsti dalla normativa.

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

Figura 43: Medie giornaliere di SO₂ rilevate nelle due campagne di monitoraggio



4.3 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. Il monossido di carbonio è caratterizzato da un'elevata affinità con l'emoglobina presente nel sangue (circa 220 volte maggiore rispetto all'ossigeno): la presenza di questo gas comporta un peggioramento del normale trasporto di ossigeno nei diversi distretti corporei.

Gli organi più colpiti sono il sistema nervoso centrale e il sistema cardiovascolare. Nei casi peggiori con concentrazioni elevatissime di CO si può arrivare anche alla morte per asfissia.

La carbossiemoglobina, che si può formare in seguito ad inalazione del CO alle concentrazioni abitualmente rilevabili nell'atmosfera delle nostre città, non ha effetti sulla salute di carattere irreversibile e acuto, pur essendo per sua natura, un composto estremamente stabile.

L'unità di misura con la quale si esprimono le concentrazioni è il milligrammo al metro cubo (mg/m³) infatti, si tratta dell'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera. Il traffico veicolare rappresenta la principale sorgente di CO, in particolare dai gas di scarico dei veicoli a benzina. Quando il motore del veicolo funziona al minimo, o si trova in decelerazione si producono le maggiori concentrazioni di CO in emissione, per cui i valori più elevati si raggiungono in zone caratterizzate da intenso traffico rallentato.

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 rispettano ampiamente i limiti normativi.

I dati misurati in Salbertrand (tabella 21) indicano una massima media di otto ore consecutive di $0,6 \text{ mg/m}^3$ durante la campagna estiva. Tale limite non è raggiunto neppure su base oraria (figura 33) visto che il massimo valore orario è pari a $0,8 \text{ mg/m}^3$.

Nel comune di Bardonecchia non si sono osservate criticità per questo parametro, infatti non si sono registrati superamenti del valore di 10 mg/m^3 che, secondo il DM 60 del 2/04/02, è il limite da non superare come media di otto ore consecutive (tabella 12). Tale livello non è stato raggiunto neppure come media oraria, poiché il massimo orario è stato di 1 mg/m^3 misurato in tutti e due i periodi di monitoraggio.

La tabella 12 e la figura 33 indicano che le concentrazioni medie orarie, sia con il tunnel chiuso, sia con il tunnel aperto al traffico autoveicolare sono leggermente più elevate nelle campagne autunnale.

4.4 Ossidi di azoto

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

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

Il **monossido di azoto (NO)** non è tossico, ma viene misurato in quanto partecipa ai fenomeni di inquinamento fotochimico e si trasforma in biossido di azoto in presenza di ossigeno e ozono. Per tale inquinante la normativa non prevede dei limiti di concentrazione nell'aria.

In Bardonecchia nel periodo estivo, la concentrazione media di NO è stata di $13 \text{ } \mu\text{g/m}^3$, superiore alla media dei valori registrati nelle stazioni di rilevamento della rete di rilevamento della qualità dell'aria nella provincia di Torino (vedi tabella 28).

In Salbertrand la concentrazione media di NO è stata nel periodo di campionamento di $4 \text{ } \mu\text{g/m}^3$, simile alla media delle stazioni della provincia di Torino ad esclusione di quelle metropolitane (tabella 29).

Nella figura 23 è rappresentato l'andamento dei valori medi orari di NO, e nella figura 24 l'andamento del giorno medio relativo alla campagna estiva in Bardonecchia e Salbertrand, confrontato con quello delle stazioni ubicate in Torino-Lingotto e Susa.

Dai due grafici è evidente che in Bardonecchia vi è un incremento delle concentrazioni di NO nelle ore lavorative 8 ÷ 12 e 13 ÷ 18 con una lieve risalita alle ore 20.

L'incremento di NO e NO₂ si può attribuire ai lavori di ripristino della galleria del Frejus dopo l'incidente del 4 giugno, poiché le lavorazioni sono durate per tutto il periodo del monitoraggio e, fra le attività lavorative svolte, riveste notevole importanza ai fini dell'inquinamento dell'aria il ripristino del manto autostradale; in Salbertrand invece l'andamento del giorno medio non registra incrementi della concentrazione del monossido e del biossido d'azoto in relazione allo scarso traffico veicolare dovuto alla chiusura del tunnel del Frejus.

Nel periodo inerente la campagna autunnale le concentrazioni di NO si sono ulteriormente incrementate (tabella 28) e (figura 23) in rapporto all'aumentato traffico veicolare dovuto all'apertura del tunnel, infatti nella (figura 25) relativa al giorno medio del periodo autunnale in Bardonecchia si nota come le concentrazioni di NO registrano un incremento dalle ore 7:00 fino alle 21:00, in particolare l'andamento dalle ore 11:00 alle ore 18 non segue come nelle altre stazioni in confronto la tipica curva legata ai flussi di traffico urbano ma indica piuttosto un flusso di traffico ininterrotto.

Tabella 28: concentrazioni medie di NO e NO₂ nella provincia di Torino

	Annuale 2004		Annuale 2005		16/06/05 - 20/07/05		11/10/2005 - 8/11/2005		media periodo campagne	
	NO (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NO (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NO (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NO (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NO (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)
Alpignano	18	39	15	36	1	18	19	43	10	31
Beinasco	39	55	41	49	4	32	55	51	30	42
Borgaro	23	42	20	38	3	23	24	38	14	31
Chieri	42	44	38	42	14	32	43	43	29	38
Ciriè	15	31	14	31	2	14	18	42	10	28
Grugliasco	48	50	43	53	4	32	57	67	31	50
Ivrea	46	48	41	46	7	25	59	47	33	36
Nichelino	92	59	94	65	14	48	98	62	56	55
Orbassano	30	44	27	42	3	26	34	44	19	35
Pinerolo	16	31	14	30	5	21	18	37	12	29
Rivoli	49	61	48	61	8	44	56	65	32	55
Settimo	65	58	69	67	13	50	98	83	56	67
Susa	7	34	10	25	5	16	17	32	11	24
Vinovo	26	38	30	40	3	31	30	41	17	36
media provincia	37	45	36	45	6	29	45	50	25	40
Lab. Mobile Frejus					13	19	40	36	27	28
TO lingotto	38	51	41	53	5	35	63	61	34	48
TO Pza. Rebaudengo	90	84	74	73	19	61	98	95	59	78
TO Pza. Rivoli	91	81	87	84	36	73	122	94	79	84
TO Via Consolata	65	72	63	65	5	53	88	68	47	61
TO Via Gaidano	63	71	59	64	10	46	73	72	42	59
TO Via Madama Cristina	59	75	50	72	6	56			6	56
media città di Torino	68	72	62	69	14	54	89	78	44	64

Tabella 19: Concentrazioni medie di NO NO₂ nella provincia di Torino (periodo campagna estiva in Salbertrand)

	media annuale 2004		media periodo 2 - 25 luglio 2005	
	NO (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NO (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)
Cirie'	15	31	2	13
Susa	7	34	4	16
Alpignano	18	39	1	16
Lab. Mobile Salbertrand			4	11
Pinerolo	16	31	5	21
Borgaro	23	42	3	23
Ivrea	46	48	6	20
Orbassano	30	44	3	24
Media Provincia di Torino	37	45	6	26
Vinovo	26	38	3	25
Beinasco	39	55	2	29
Chieri	42	44	15	28
Grugliasco	48	50	4	31
TO - Lingotto	38	51	5	30
Rivoli	49	61	8	40
TO - Via Gaidano	63	71	12	41
Nichelino	92	59	13	46
Settimo	65	58	13	46
TO - Via Consolata	65	72	4	43
Media città di Torino	68	72	15	50
TO - Via Madama Cristina	59	75	7	52
TO - Piazza Rebaudengo	90	84	19	57
TO - Piazza Rivoli	91	81	43	77

Il **biossido di azoto (NO₂)** è da ritenersi fra gli inquinanti atmosferici maggiormente pericolosi sia perché è per sua natura irritante, sia perché dà inizio, in presenza di forte irraggiamento solare, ad una serie di reazioni fotochimiche secondarie che portano alla formazione di sostanze inquinanti complessivamente indicate con il termine di "smog fotochimico".

La formazione di NO₂ è piuttosto complessa, infatti oltre ad essere originato direttamente dal traffico veicolare (soprattutto quando si raggiungono elevate velocità e la combustione nei motori è più completa), tale inquinante ha un'importante origine secondaria, essendo formato anche attraverso complesse reazioni fotochimiche in cui sono coinvolti molti precursori.

Durante la campagna di monitoraggio estiva, sia a Bardonecchia che a Salbertrand non si sono registrati per il biossido d'azoto superamenti del limite orario di 200 µg/m³ (D.M. 60/2002), il valore massimo orario è pari a 63 µg/m³ in Salbertrand e 119 µg/m³ a Bardonecchia.

Durante il monitoraggio autunnale invece le concentrazioni sono state maggiormente critiche, poiché le condizioni di traffico veicolare sono state più intense e la concentrazione massima oraria è stata di $198 \mu\text{g}/\text{m}^3$, vicina al limite del livello orario per la protezione della salute di $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La soglia di allarme è rimasta uguale al livello di allarme del precedente decreto ($400 \mu\text{g}/\text{m}^3$), considerando però tre ore consecutive anziché i valori orari.

La [figura 20](#) confronta i valori orari di NO_2 con i limiti di legge e con i dati delle stazioni della rete fissa della Provincia di Torino, Torino-Lingotto e Druento “La Mandria”, mentre la [figura 21](#) mostra il confronto del giorno medio con alcune stazioni di rilevamento della rete di rilevamento provinciale durante la campagna estiva e nel periodo autunnale ([figura 22](#)).

Dalle figure e dalla [tabella 28](#) si possono trarre le seguenti considerazioni: le concentrazioni di NO_2 nel periodo autunnale sono più elevate di quelle estive in tutte le stazioni in confronto, il giorno medio della campagna estiva in Bardonecchia rivela un aumento delle concentrazioni di NO_2 lungo tutto l’arco della giornata dalle 7:00 alle 22:00, ma ha una flessione dalle 12:00 alle 13:00 che non viene registrato nelle altre stazioni in confronto.

Il fenomeno è spiegato con l’apporto d’inquinanti legato ai lavori di rifacimento del tunnel dopo l’incidente del 4 giugno 2005; il giorno medio nel periodo autunnale mostra per il sito di Bardonecchia concentrazioni di NO_2 inferiori a siti urbani con elevati flussi di traffico come Rivoli e Torino - Via della Consolata e valori medi della stessa entità delle concentrazioni medie delle centraline ubicate nella provincia ad esclusione di quelle urbane.

La [figura 45](#) mostra per i siti di Bardonecchia e Salbertrand l’andamento del giorno medio per l’ NO_2 , l’ NO e l’ O_3 durante la campagna estiva. Si hanno per NO_2 in Bardonecchia dei massimi di concentrazione nelle ore mattutine dalle 9 alle 11 e nelle ore pomeridiane, dalle 14 alle 16 e poi, durante le ore tardo serali e notturne, un decremento graduale e non così deciso come avviene nel caso del monossido di azoto, il quale proviene da fonti dirette.

L’evento può essere spiegato dalla tendenza del monossido d’azoto a trasformarsi in biossido in presenza d’ossigeno e ozono; durante le ore serali il biossido tende ad accumularsi poiché non viene più attivata, dalla radiazione solare, la reazione di decomposizione $2\text{NO}_2 \rightarrow 2\text{NO} + \text{O}_2$.

Il D.M. 60/2002 prevede anche un valore limite annuale per la protezione della salute umana per il biossido d’azoto di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Visto che la durata della campagna non è paragonabile all’arco temporale di riferimento del limite normativo, non è possibile un confronto con le misure dirette. Nel periodo di monitoraggio, la media delle medie giornaliere delle due campagne di Bardonecchia è pari a $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e in Salbertrand è di $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Entrambi sono valori inferiori a quelli registrati nello stesso periodo nella provincia di Torino ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) durante la campagna di Bardonecchia e nel periodo di monitoraggio in Salbertrand ($26 \mu\text{g}/\text{m}^3$), come si vede nelle [tabelle 28 e 29](#).

Figura 45 : Giorno medio campagna estiva per NO – NO₂ – O₃, cfr. Frejus – Salbertrand

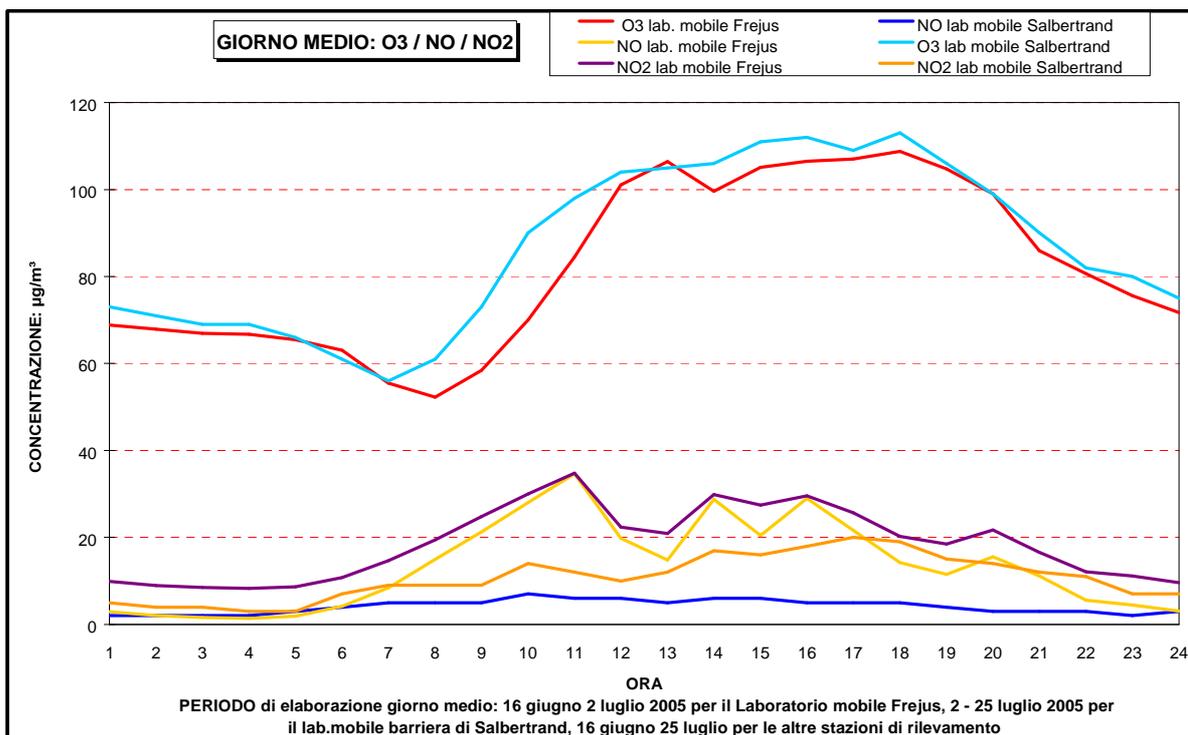
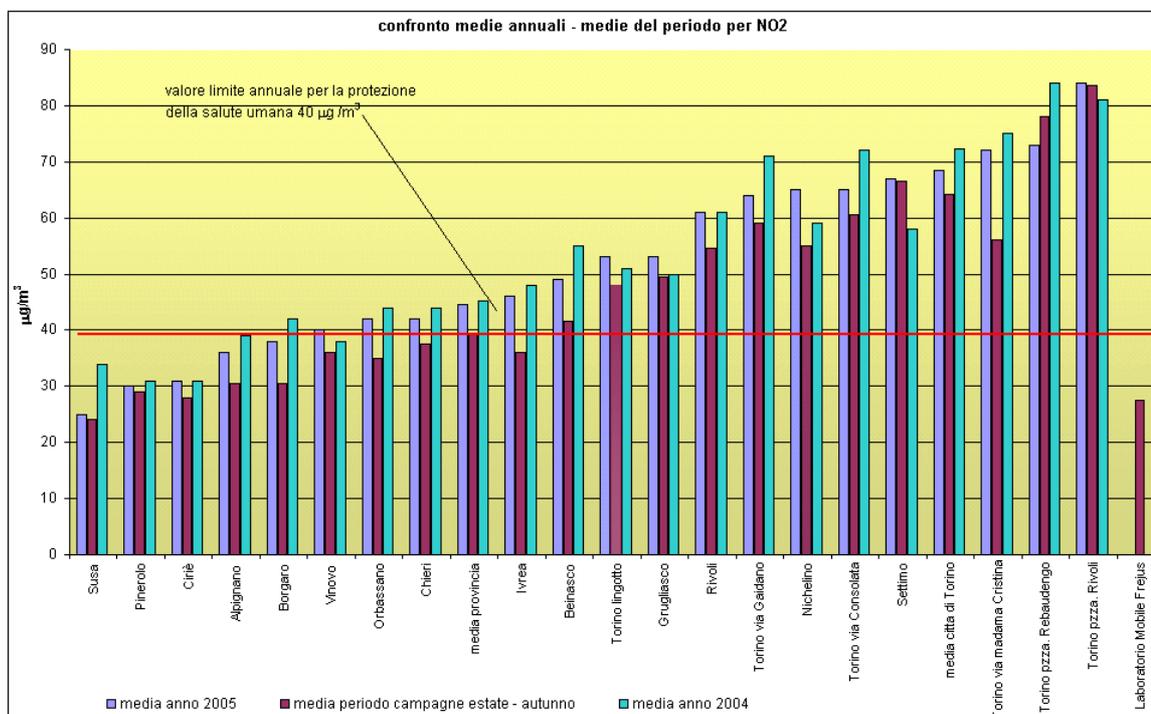


Figura 44: confronto medie di NO₂ centraline della qualità dell'aria in provincia di Torino



4.5 Idrocarburi aromatici: benzene e toluene

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

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

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

L'unità di misura con la quale vengono misurate le concentrazioni di benzene è il microgrammo al metro cubo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) e l'obiettivo di qualità, su base annua secondo il DM 25/11/94 n.159, è di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Il benzene è una sostanza classificata:

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

Studi di mutagenesi evidenziano inoltre che il benzene agisce sul bagaglio genetico delle cellule.

Con esposizione a concentrazioni elevate, superiori a milioni di ppb, si osservano danni acuti al midollo osseo.

Una esposizione cronica può provocare la leucemia (casi di questo genere sono stati riscontrati in lavoratori dell'industria manifatturiera, dell'industria della gomma e dell'industria petrolifera). Stime dell'Organizzazione Mondiale della Sanità indicano che, a fronte di un'esposizione a $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di benzene per l'intera vita, quattro persone ogni milione sono sottoposte al rischio di contrarre la leucemia.

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

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

La normativa vigente (D.M.60 del 2/4/2002) prevede per il benzene un valore limite annuale di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da raggiungere entro il 31/12/2005. Anche se la normativa prevede il calcolo su un monitoraggio annuale, si può affermare che tale limite, nel

comune di Bardonecchia sia rispettato, infatti, la concentrazione media rilevata durante le due campagne (64 giorni) è stata di $1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Il valore medio del periodo autunnale, che risulta più critico (in relazione anche all'apertura del tunnel) per questo parametro, è pari a $1,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tabella 17).

Per il toluene i valori risultano ben al di sotto del valore guida consigliato dall'OMS con una massima media giornaliera di $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nel periodo estivo e di $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durante la campagna autunnale (tabella 18).

In Salbertrand la media delle medie giornaliere del benzene nel periodo estivo risulta essere di $0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ valore decisamente lontano dal limite annuale (tabella 26).

Per il toluene, visto che la massima media giornaliera è risultata essere di $4,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (tabella 27), ne deriva che si è ben al di sotto del valore guida consigliato dall'OMS.

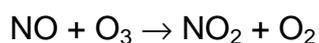
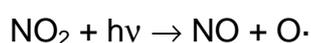
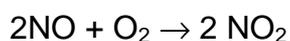
Nelle [figure 36 e 39](#) sono illustrati gli andamenti orari per il benzene e il toluene; nelle [figure 37 e 38](#) i grafici del giorno medio del benzene, nelle [figure 40 e 41](#) i grafici del giorno medio per il toluene

4.6 OZONO

L'ozono è un gas con elevato potere ossidante, di odore pungente che ad alte concentrazioni ha una colorazione blu.

La presenza di questo gas nella stratosfera (tra 30 e 50 chilometri dal suolo) costituisce uno strato protettivo per la troposfera dalle radiazioni ultraviolette emesse dal sole, mentre al livello del suolo risulta nocivo, in quanto provoca irritazioni alle vie respiratorie, bruciore agli occhi e danni alla vegetazione.

L'ozono presente nella troposfera, lo strato più basso dell'atmosfera, è un inquinante non direttamente emesso da una fonte antropica, 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 (NOx) e i composti organici volatili (V.O.C.). 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).

E' un inquinante tipico del periodo estivo, e nel periodo di campionamento della campagna estiva si sono registrati in Bardonecchia 51 superamenti del livello di protezione della salute ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ calcolata come media trascinata sulle 8 ore), che si sono verificati in 10 giorni diversi, e 2 superamenti del livello d'informazione pari a $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (tabella 14).

A Salbertrand si sono riscontrati. 27 superamenti del livello di protezione della salute in 5 giorni diversi, caratterizzati da temperature più elevate (figura 30 e tabella 23)

Nell'area monitorata i massimi livelli di concentrazione si sono verificati nelle ore pomeridiane dalle 12 alle 20 (figura 27) preceduti da massimi di concentrazione di NO, uno dei suoi precursori, emesso dal traffico veicolare delle prime ore del mattino (ore 11) e dopo le 16. I valori di ozono decrescono gradualmente fino a toccare i minimi proprio in corrispondenza delle massime concentrazioni di monossido di azoto, che riduce l'ozono ad ossigeno ($\text{NO} + \text{O}_3 \rightarrow \text{NO}_2 + \text{O}_2$).

Nella figura 31 che illustra gli andamenti orari dell'ozono e del monossido d'azoto in Bardonecchia e Salbertrand si vede chiaramente che le medie orarie più basse d'ozono dell'intero periodo di monitoraggio si sono avute in corrispondenza dei valori orari più elevati di monossido d'azoto.

In figura 47 sono riportati gli andamenti orari dell'ozono rispetto alla radiazione solare totale e in figura 48 rispetto alla temperatura: da un'osservazione attenta emerge come il parametro fondamentale sia la temperatura, infatti ai massimi di questo parametro corrispondono sempre concentrazioni massime di ozono, mentre vi sono dei giorni con irraggiamento solare particolarmente intenso, a cui non corrispondono i picchi di ozono.

Figura 47: Ozono medie orarie confronto con R.S.T.

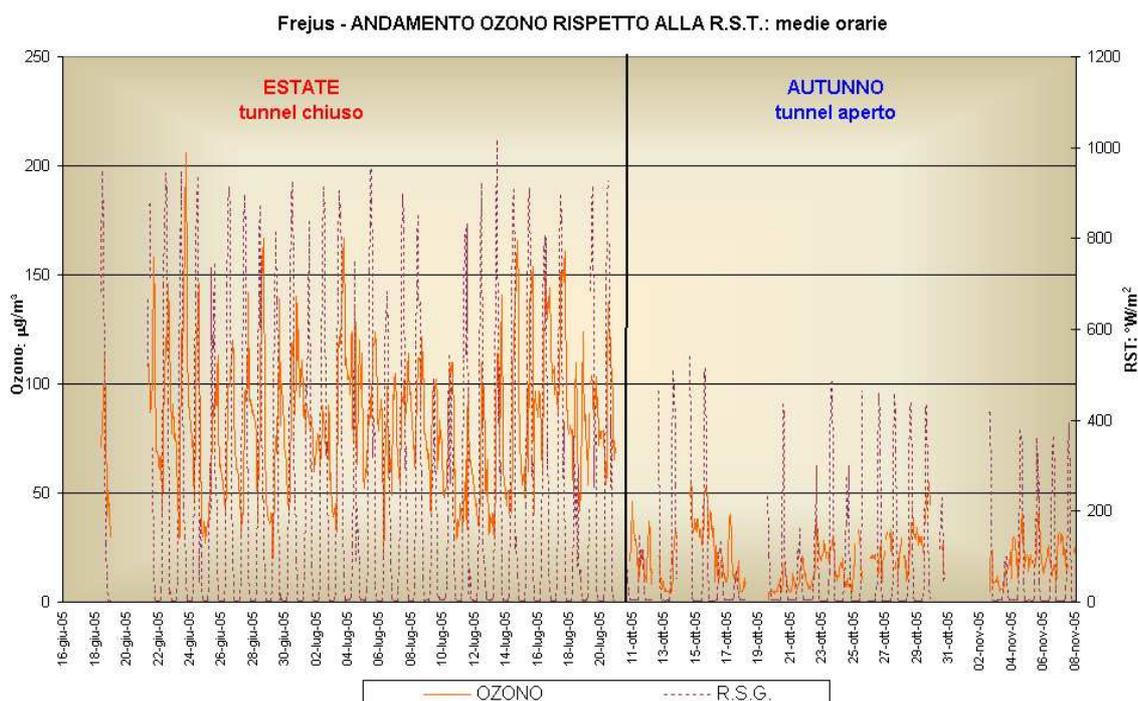
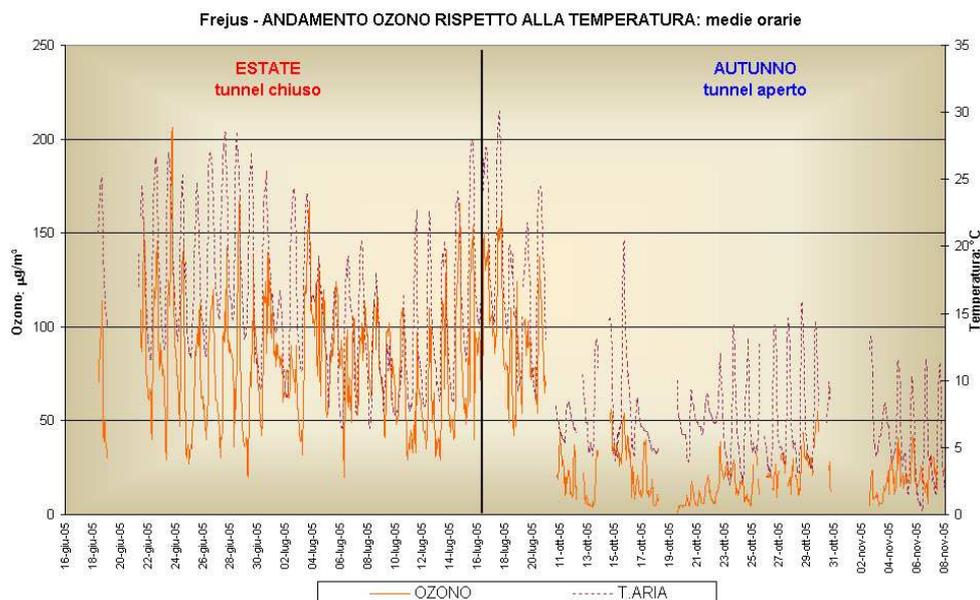


Figura 48: Ozono medie orarie confronto con temperatura aria



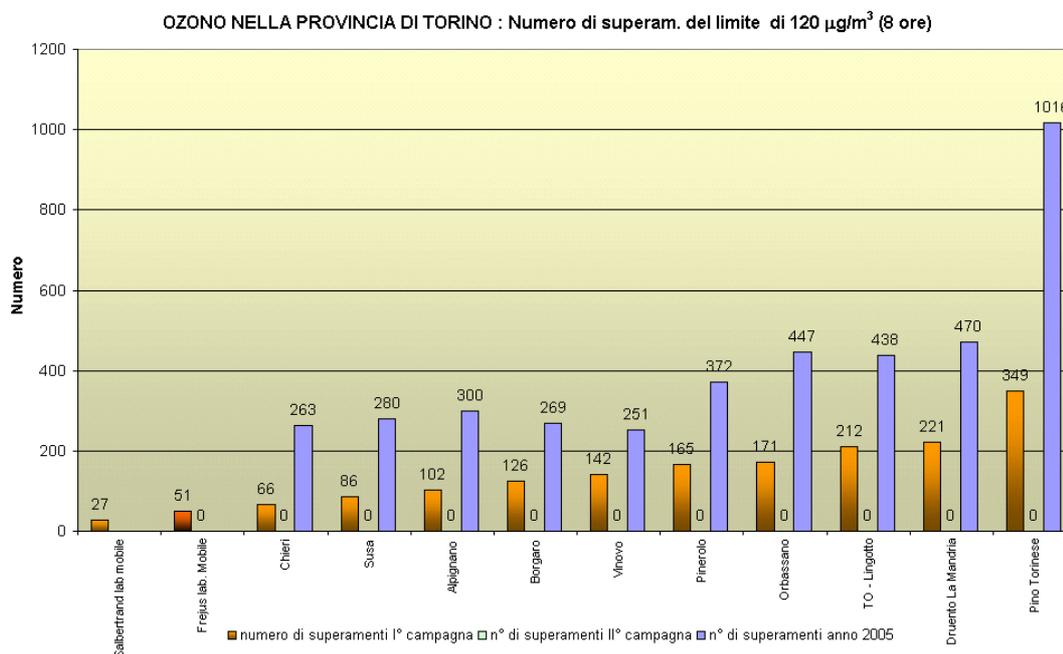
La normativa attualmente in vigore (D.Lgs 21 maggio 2004 n. 183) prevede che entro il 2010 il valore di 120 µg/m³ non venga superato per più di 25 giorni per anno civile come media su tre anni, dalla [figura 49](#) e [tabella 30](#) si evince che si tratta di una criticità estesa a tutto il territorio provinciale e che le stazioni più periferiche quali, Druento, Chieri, Alpignano e Susa sono caratterizzate da concentrazioni e superamenti ancora maggiori.

Infatti, nei siti più periferici e remoti, sono più probabili fenomeni di accumulo sia dell'ozono sia dei precursori emessi nelle metropoli vicine; nella stazione di Pino Torinese, oltre ai fenomeni sopra descritti, concorre alla percentuale di superamenti del limite preso in considerazione anche l'altitudine della stazione di rilevamento.

Tabella 30: Ozono numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore

stazione	Numero superamenti di 120 microgr/mc (media su 8 ore)	Numero di superamenti livello informazione (180) media oraria	media periodo I° campagna	Numero superamenti di 120 microgr/mc (media su 8 ore) II° campagna	Numero di superamenti livello informazione (180) media oraria II° campagna	media periodo II° campagna	media anno 2005	Numero superamenti di 120 microgr/mc (media su 8 ore) anno 2005	Numero di superamenti livello informazione (180) media oraria anno 2005
Salbertrand lab. mobile	27	0	86						
Frejus lab. Mobile	51	2	83	0	0	20			
Chieri	66	0	78	0	0	15	45	263	4
Susa	86	7	85	0	0	24	55	280	14
Alpignano	102	12	83	0	0	18	46	300	21
Borgaro	126	9	86	0	0	13	44	269	12
Vinovo	142	16	82	0	0	12	40	251	16
Pinerolo	165	8	96	0	0	19	59	372	11
Orbassano	171	10	90	0	0	15	49	447	18
TO - Lingotto	212	44	95	0	0	10	42	438	56
Druento La Mandria	221	57	91	0	0	20	55	470	72
Pino Torinese	349	9	117	0	0	50	77	1016	16

Figura 49: Ozono, numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore



4.7 Particolato Sospeso (PTS – PM10 - PM2.5)

Il particolato sospeso è costituito dall'insieme di tutto il materiale non gassoso in sospensione nell'aria. La natura delle particelle aerodisperse è molto varia: ne fanno parte le polveri sospese, il materiale organico disperso dai vegetali, il materiale inorganico prodotto da agenti naturali ecc..

Nelle aree urbane il materiale può avere origine da lavorazioni industriali, dall'usura dell'asfalto, dei pneumatici, dei freni e dalle emissioni di scarico degli autoveicoli, in particolare quelli con motore diesel.

Il rischio sanitario legato a questo tipo di inquinamento dipende, oltre che dalla concentrazione, anche dalle dimensioni delle particelle stesse; infatti le particelle con dimensioni inferiori costituiscono un pericolo maggiore per la salute umana in quanto possono penetrare in profondità nell'apparato respiratorio.

Diversi studi epidemiologici hanno mostrato una correlazione tra la concentrazioni di polveri nell'aria e la manifestazioni di malattie croniche alle vie respiratorie, a causa degli inquinanti che queste particelle veicolano e che possono essere rilasciate negli alveoli polmonari.

La legislazione italiana, recependo quella europea, non ha più posto limiti per il particolato sospeso totale (PTS), ma con il DM 60/2002 ha previsto dei limiti esclusivamente per il particolato PM10, cioè la frazione con diametro aerodinamico inferiore a $10 \mu\text{m}$, più pericolosa in quanto può raggiungere facilmente trachea e bronchi ed inoltre gli inquinanti adsorbiti sulla polvere possono venire a contatto con gli alveoli polmonari.

Per i rischi sanitari sopra esposti, la comunità europea consiglia gli stati membri una maggiore attenzione nel controllo del PM2.5, anche se ancora non vi sono limiti né linee guida inerenti la concentrazione di tali polveri fini.

Dalla figura 43 si osserva che il PM2.5 in Bardonecchia segue l'andamento delle polveri PM10 e il rapporto PM2.5/PM10 ha un valore medio di 0.63 che è in linea con quanto riportato dalla letteratura scientifica.

Il periodo estivo non è il più avverso per il parametro PM10: infatti i dati relativi al PM10 in Bardonecchia nella campagna estiva sono tutti al di sotto del valore limite per i 30 giorni di campionamento validi mentre la campagna autunnale ha registrato 10 superamenti su 25 giorni validi del limite per la protezione della salute di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (tabella 15), mentre a Salbertrand si registra un superamento del valore limite giornaliero di protezione della salute, pari a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, su 24 giorni validi (tabella 24).

La frazione più fine del particolato atmosferico mostra un comportamento assimilabile a quella di un gas, quindi la diffusione può avvenire in zone anche molto lontane rispetto alle fonti, e in condizioni meteo-climatiche sfavorevoli si osservano fenomeni di accumulo

Dalla tabella 31 e dalla figura 50 si nota come durante la campagna autunnale vi siano stati superamenti del livello di protezione della salute in tutte le stazioni della rete provinciale, compresi siti non caratterizzati direttamente da fonti primarie di emissione, come ad esempio la centralina di Druento che è posizionata all'interno del parco "La Mandria" e stazioni anche piuttosto distanti hanno andamenti e concentrazioni di PM10 molto simili (in figura 42 è evidente l'andamento equivalente tra le stazioni di Bardonecchia, Susa, e Druento).

- Date le concentrazioni

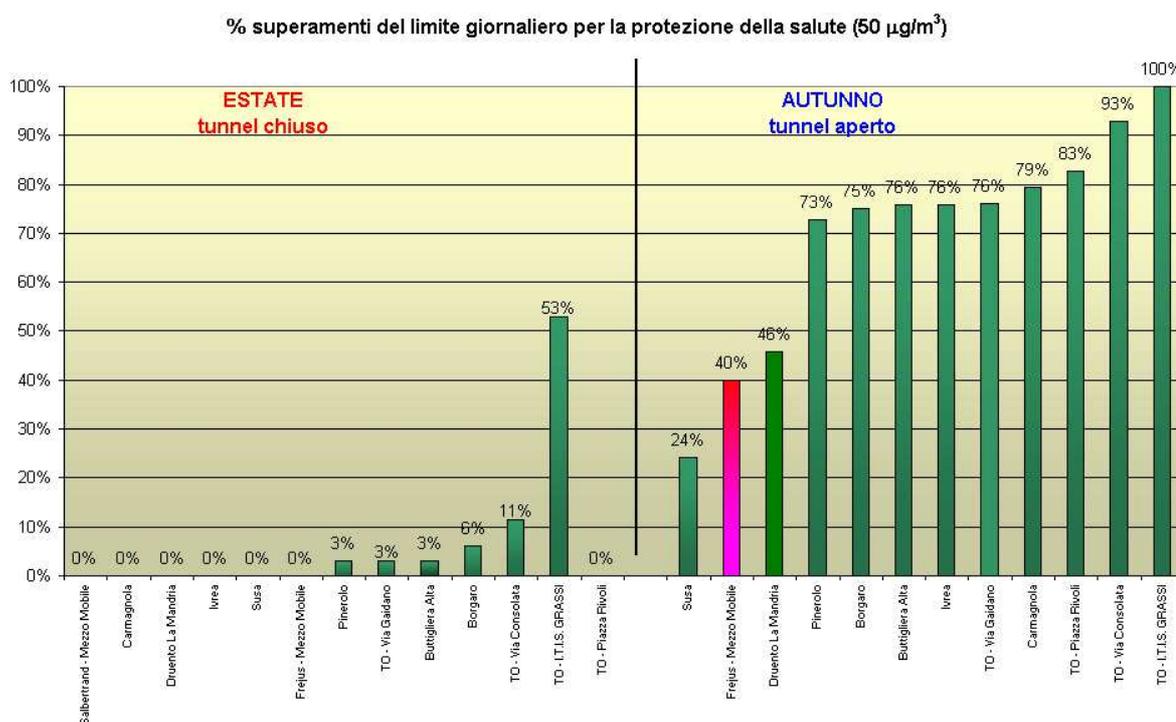
I risultati ottenuti e il numero di superamenti rilevati su tutto il territorio provinciale evidenziano quindi la globalità della problematica a livello provinciale e la necessità di interventi strutturali per la riduzione delle fonti primarie di polveri al fine di raggiungere gli obiettivi imposti dal DM 60/2002:

- entro il 2005 un numero massimo di superamenti per tutto l'anno pari a 35, e valore limite annuale di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- entro il 2010 un numero massimo di superamenti per tutto l'anno pari a 7, e valore limite annuale di $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$;

Tabella 31: PM10 concentrazioni annuali e media periodo I°e II° campagna con relativi n° di superamenti

	periodo I° campagna (tunnel chiuso)		periodo II° campagna (tunnel aperto)		media I°e II° campagna		anno 2004		anno 2005	
	media periodo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	media periodo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	media periodo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	media annuale 2004 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	media annuale 2005 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$)
Salbertrand - Mezzo Mobile	26	0			26	0				
Susa	20	0	43	7	31	7	30	42	29	41
Frejus - Mezzo Mobile	26	0	44	10	35	10				
Druento La Mandria	24	0	52	11	38	11	31	47	34	71
Pinerolo	26	1	68	16	47	17	37	77	40	91
Ivrea	25	0	73	22	49	22	43	88	45	103
Buttigliera Alta	30	1	70	22	50	23	43	105	44	115
TO - Via Gaidano	24	1	78	19	51	20	50	118	50	118
Borgaro	31	2	73	18	52	20	46	130	48	121
Carmagnola	21	0	87	23	54	23	47	107	42	103
TO - Via Consolata	37	4	101	26	69	30	58	174	65	199
TO - I.T.I.S. GRASSI	49	18	105	24	77	42	69	213	65	170

Figura 50: Percentuali di superamento del limite giornaliero per la protezione della salute nella provincia di Torino (periodi: campagne estiva e autunnale)



5 CONCLUSIONI

A Bardonecchia, presso il piazzale di accesso al traforo del Frejus, durante il periodo di sospensione del traffico autoveicolare, l'apporto d'inquinanti è da imputarsi esclusivamente ai lavori di ripristino del tunnel: i valori medi di NO registrati sono stati comunque superiori a quelli misurati presso altre stazioni di monitoraggio provinciali.

Per l'ozono, che è un inquinante tipico del periodo estivo, si sono registrati in Bardonecchia 51 superamenti del livello di protezione della salute ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ calcolata come media trascinata sulle 8 ore) che si sono verificati in 10 giorni diversi e 2 superamenti del livello d'informazione, pari a $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre a Salbertrand se ne sono registrati circa la metà: 27 superamenti del livello di protezione della salute in 5 giorni diversi caratterizzati dalle temperature medie più elevate.

Nel periodo della campagna autunnale, a Bardonecchia si sono registrati per il parametro PM10 10 superamenti del valore limite giornaliero per la protezione della salute, pari a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Per tutti gli altri inquinanti non vi sono stati superamenti dei limiti, ma con il tunnel del Frejus in esercizio commerciale e in virtù delle mutate condizioni meteorologiche si sono registrati aumenti delle concentrazioni di tutti gli inquinanti da traffico veicolare.

L'apporto di inquinanti legato alla riapertura del tunnel al traffico veicolare è stato però mitigato dalla conformazione orografica del sito in cui è situata l'imboccatura del tunnel stesso (inizio valle di Rochemolles), dove vi è un regime dei venti con ciclicità giornaliera che contribuisce alla "pulizia" della valle.

A Salbertrand nel periodo estivo tutti gli inquinanti provenienti in prevalenza da traffico veicolare non hanno registrato superamenti dei limiti di legge, ad esclusione del parametro PM10 che ha registrato un solo superamento del valore limite giornaliero per la protezione della salute, pari a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. In considerazione della chiusura del tunnel del Frejus, è ipotizzabile che la diminuzione del traffico veicolare sull'autostrada si sia ripercosso positivamente sugli inquinanti monitorati, ma tale considerazione potrà essere confermata solo a seguito delle ulteriori campagne di monitoraggio previste.

Torino, 23 gennaio 2006

I tecnici della Qualità dell'Aria

G. Castrogiovanni

dott.ssa M. Maringo

ing. M. Sacco

Il dirigente responsabile
Struttura semplice Attività istituzionali di Produzione
dr Carlo Bussi

APPENDICE - SPECIFICHE TECNICHE DEGLI ANALIZZATORI

- **Biossido di zolfo**

DASIBI 4108

Analizzatore a fluorescenza classificato da EPA (U.S. Environmental Protection Agency) per la misura della concentrazione di SO₂ nell'aria ambiente.

- ✓ Campo di misura: 0 ÷ 2000 ppb;
- ✓ Limite inferiore di rivelabilità < 1 ppb.

- **Ossidi di azoto**

MONITOR EUROPE ML 9841B

Analizzatore reazione di chemiluminescenza classificato da EPA quale metodo di riferimento per la misura della concentrazione di NO/NO_x.

- ✓ Campo di misura: 0 ÷ 20000 ppb;
- ✓ Limite inferiore di rivelabilità : 0.5 ppb.

- **Ozono**

MONITOR EUROPE ML 9810B

Analizzatore ad assorbimento ultravioletto classificato da EPA per la misura delle concentrazioni di O₃ nell'aria ambiente.

- ✓ Campo di misura: 0 ÷ 20 ppm;
- ✓ Limite inferiore di rivelabilità: 0.001 ppm.

- **Monossido di carbonio**

DASIBI 3008

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 totale sospeso**

KIMOTO 186

Analizzatore ad assorbimento raggi β con sorgente a minima intensità di radiazione (100 μCi); campionamento delle particelle sospese totali in aria ambiente, con sonda di prelievo protetta dal vento.

- ✓ Campo di misura: 0 ÷ 5000 μg/m³;
- ✓ Limite inferiore di rivelabilità < 10 μg/m³.

- **Particolato sospeso PM10**

TECORA CHARLIE AIR GUARD PM

Campionatore di particolato sospeso PM10; campionamento delle particelle sospese con diametro aerodinamico inferiore a 10 μm in aria ambiente, con testa di prelievo EPA. Analisi gravimetrica su filtri in fibra di vetro EDEROL di diametro 47 mm.

- **Stazione meteorologica**

LASTEM

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

- **Benzene, Toluene, Xileni
600**

SINTECH SPECTRAS CG 855 serie

Gasromatografo con doppia colonna, sistema di rilevazione PID (fotoionizzazione)

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